



Università degli Studi
di Napoli Parthenope

MICRO PLASTICHE

«L'umanità ha sostituito il mito di una passata età
dell'oro con quello di una futura età della plastica»

Nicolas Gomez Davila



A hand is shown holding a magnifying glass over the palm of another hand. The palm is covered with numerous small, colorful, irregular fragments of plastic, representing microplastics. The background is a blurred, pebbly surface. A light blue rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing text. A red pushpin is pinned to the top of this box. The box has a torn-edge effect on its corners.

DI COSA PARLEREMO?

- Cos'è la plastica
- Cosa sono le microplastiche
- Tipologie, composizioni e dimensioni
- Campionamento
- Tecniche analitiche
- Casi studio
- Effetti ambientali
- Effetti sulla salute
- Possibili soluzioni



LA PLASTICA

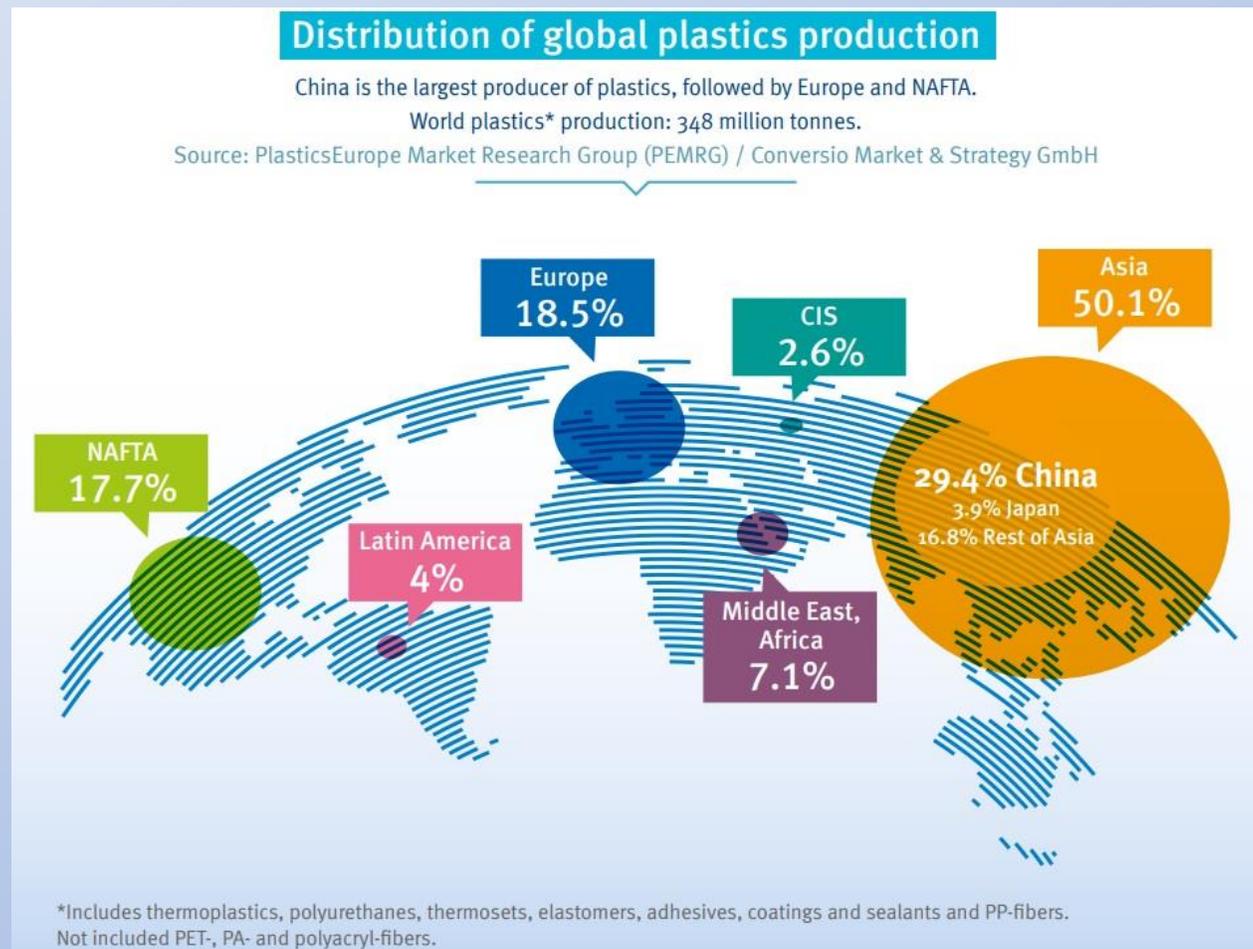
Il termine **plastica** deriva dalla parola greca *plastikòs*, che significa “adatto ad essere modellato”, ed indica un’ampia classe di polimeri artificiali, ottenibili sia dal petrolio greggio (una percentuale del 4-6% del totale del petrolio estratto nel mondo è deputato all’industria dei polimeri), sia da altri tipi di materie prime fossili quali carbone e gas naturale, e infine da materie di origine rinnovabile, come la cellulosa e l’amido.

QUANTA PLASTICA SI CONSUMA?

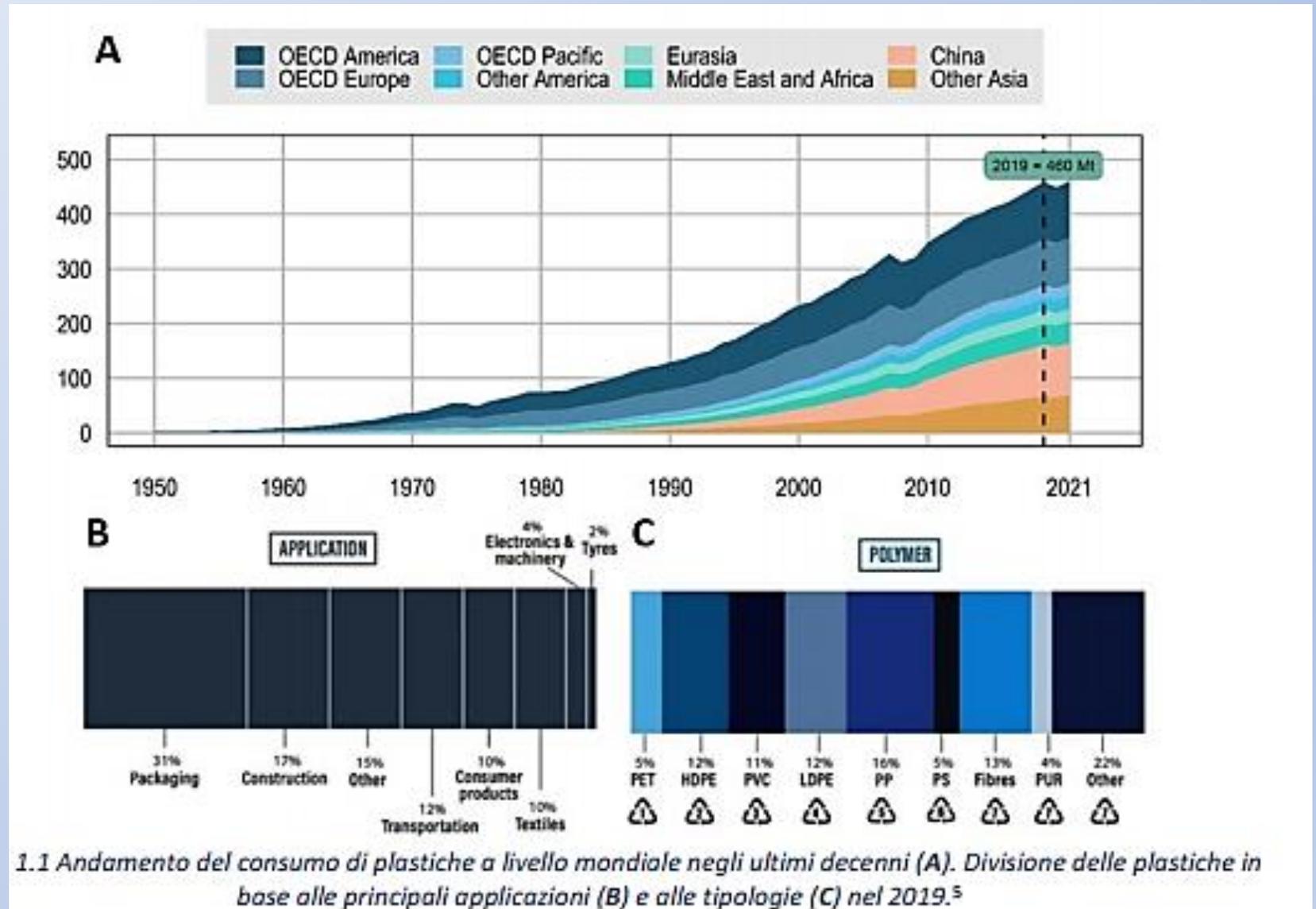
La maggior parte delle tipologie di plastiche comunemente utilizzate al giorno d'oggi sono state sviluppate negli anni '30 e da allora la produzione globale è cresciuta esponenzialmente fino a raggiungere 460 milioni di tonnellate nel 2019 (Figura 1.1A).

A livello globale il maggior produttore è la Cina, seguita dall'Europa e dai Paesi del Nafta (Canada, USA e Messico).

Secondo le stime dell'UNEP (il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente) si prevede che, se le tendenze attuali di produzione e consumo proseguissero con lo stesso trend, nel 2050 si produrrebbero ben 33 miliardi di tonnellate di plastica.



QUANTA PLASTICA SI CONSUMA?



I PRODUTTORI DI POLIMERI

A livello europeo, l'industria dei polimeri conta circa 60000 aziende, gran parte di queste all'interno del mercato comune, e un numero di lavoratori maggiore di 1,5 milioni; il fatturato, nel 2016, si aggira intorno ai 350 miliardi di euro.

Le proprietà uniche dei polimeri, quali la facilità di lavorazione, la versatilità, l'economicità, l'isolamento acustico, termico, elettrico e meccanico, la resistenza alla corrosione e l'inerzia chimica, l'idrorepellenza e l'inattaccabilità da parte di muffe, funghi e batteri, rendono questi materiali fondamentali per un'ampia gamma di utilizzi.

L'applicazione principale è il packaging, che in Europa rappresenta da solo il 39,9% della produzione di materie plastiche, seguito dall'edilizia (19,7%) e dal settore automobilistico (10%). Ma i polimeri sono quotidianamente utilizzati anche in elettronica, aeronautica ed agricoltura, fino a trovare applicazioni in ambito medico e sportivo.

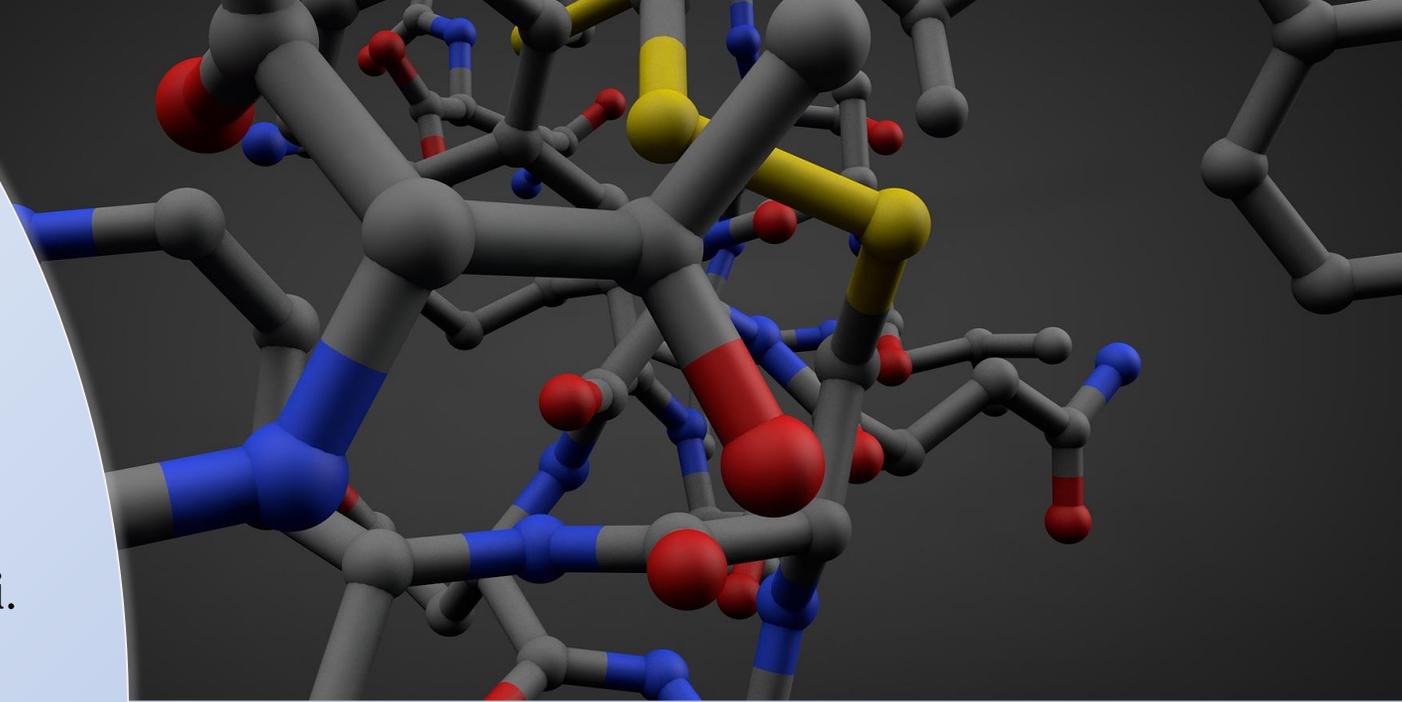


COSA SONO I POLIMERI?

I polimeri sono macromolecole ad elevato peso molecolare costituite da una concatenazione di unità ripetenti, a loro volta derivate dalla reazione tra due o più monomeri.

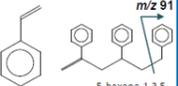
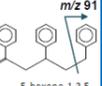
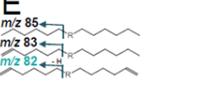
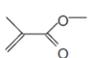
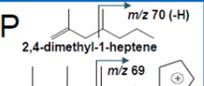
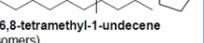
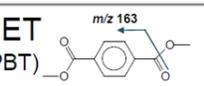
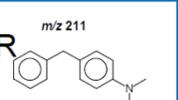
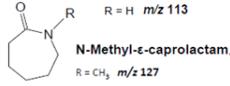
A seconda del comportamento possono essere classificati come **termoplastici** o **termoindurenti**.

- **TERMOPLASTICI:** possono essere fusi per riscaldamento, fino a raggiungere la condizione di fluidi viscosi, a cui può essere assegnata la forma desiderata, che poi si consolida attraverso il raffreddamento; è quindi possibile fonderli nuovamente al termine della fase d'uso e riottenere un nuovo manufatto.
- **TERMOINDURENTI:** se sottoposti a riscaldamento una volta terminata la polimerizzazione, non raggiungono la condizione di fluido viscoso, ma tendono a degradare.

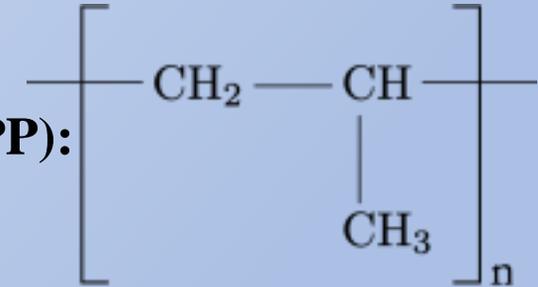


I POLIMERI

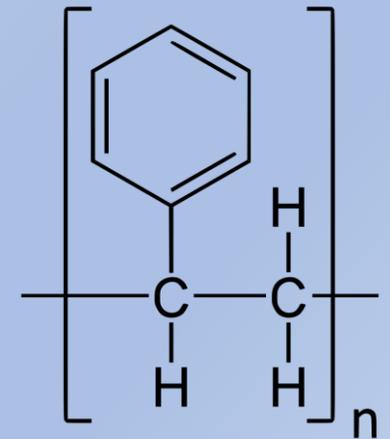
I principali per quanto riguarda le microplastiche inquinanti sono:

PS m/z 104  styrene m/z 91  5-hexene-1,3,5-triisobutylbenzene	PE m/z 85 m/z 83 m/z 82  n-C _{16,26} alkanes, alkenes, alkadienes	PMMA m/z 100  methyl methacrylate
PP m/z 70 (-H) m/z 69  2,4-dimethyl-1-heptene  2,4,6,8-tetramethyl-1-undecene (3 isomers)	PET (PBT) m/z 163  dimethyl terephthalate	PC m/z 241  2,2-bis(4'-methoxyphenyl)propane
MDI-PUR m/z 211  benzyl-N,N-dimethylaniline	PVC m/z 78  benzene	PA ϵ -caprolactam, R = H m/z 113 N-Methyl- ϵ -caprolactam, R = CH ₃ m/z 127 

- **II POLIPROPILENE (PP):** polimero termoplastico, molto flessibile;



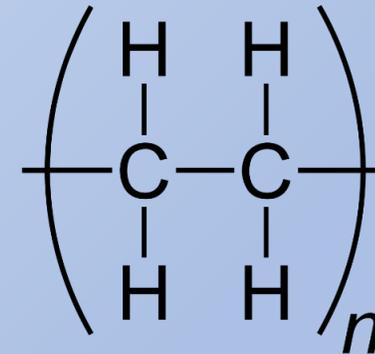
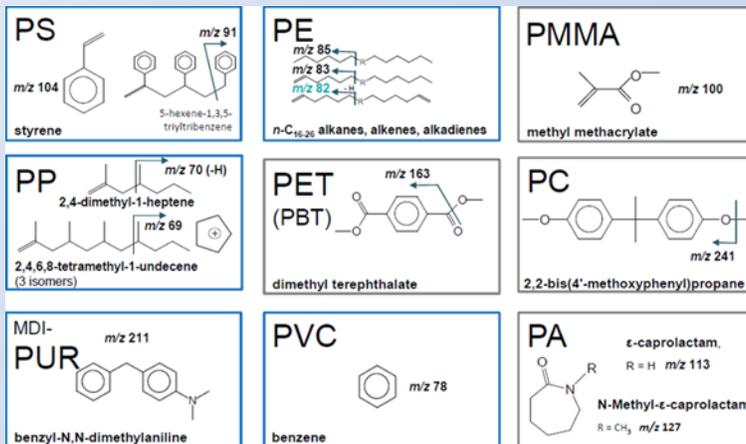
- **II POLISTIRENE (PS):** il comune polistirolo anch'esso termoplastico;



I POLIMERI

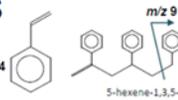
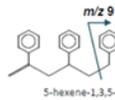
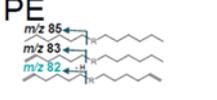
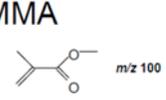
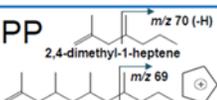
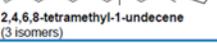
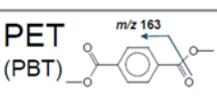
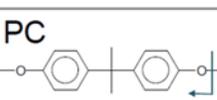
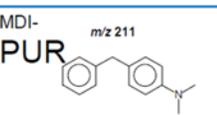
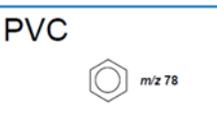
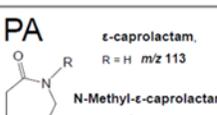
I principali per quanto riguarda le microplastiche inquinanti sono:

- **II POLIETILENE (PE):** termoplastico, il più comune dei prodotti plastici-sintetici, in particolare polietilene ad alta densità, a bassa densità e polietilene lineare a bassa densità;

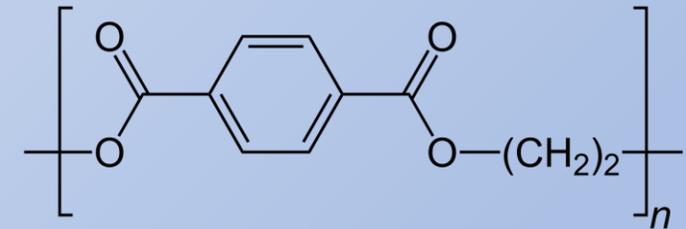


I POLIMERI

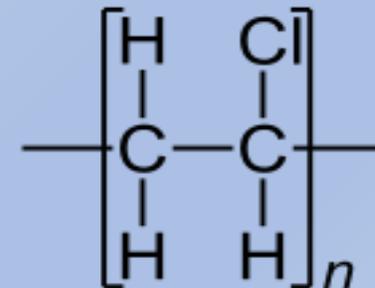
I principali per quanto riguarda le microplastiche inquinanti sono:

PS m/z 104  styrene m/z 91  5-hexene-1,3,5-triyltribenzene	PE m/z 85 m/z 83 m/z 82  n-C _{16:26} alkanes, alkenes, alkadienes	PMMA  methyl methacrylate m/z 100
PP m/z 70 (-H)  2,4-dimethyl-1-heptene m/z 69  2,4,6,8-tetramethyl-1-undecene (3 isomers)	PET (PBT) m/z 163  dimethyl terephthalate	PC  2,2-bis(4'-methoxyphenyl)propane m/z 241
MDI-PUR m/z 211  benzyl-N,N-dimethylaniline	PVC  benzene m/z 78	PA ϵ -caprolactam, R = H m/z 113  N-Methyl- ϵ -caprolactam, R = CH ₃ m/z 127

- **IL POLIETILENE TEREF TALATO (PET):** resina termoplastica;

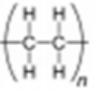
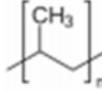
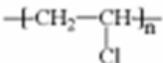
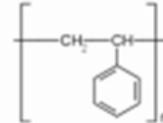
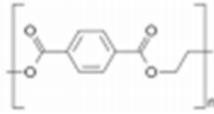


- **IL POLIVINILCLORURO (PVC):** termoplastico, materiale durevole e può resistere a fattori ambientali aggressivi.



I POLIMERI

Principali polimeri, formule, caratteristiche e utilizzi:

Polimero	Formula	Densità/[kg/m ³]	Produzione (%)	Principali prodotti
LDPE		0,91	21	Borse di plastica, bottiglie, reti
HDPE		0,94	17	Contenitori per liquidi, tappi
PP		0,85	24	Tappi, corde, reti
PVC		1,38	19	Film, tubi
PS		1,05	6	Contenitori per cibo
PET		1,37	7	Bottiglie, fili

A close-up photograph of numerous small, white and blue plastic particles (microplastics) suspended in clear water. The particles are of various shapes and sizes, some appearing as small spheres and others as irregular fragments. The background is a soft, out-of-focus blue, suggesting a natural aquatic environment.

MICROPLASTICA

Negli ultimi anni la comunità scientifica e le agenzie governative hanno posto maggiormente la loro attenzione verso i cosiddetti **contaminanti emergenti**, di cui fanno parte le microplastiche che a causa della loro ubiquità e della capacità di interagire con organismi viventi, hanno un maggiore impatto ambientale e non solo.

TIPOLOGIE DI MICRO PLASTICHE

- A seconda della fonte di **inquinamento**
- A seconda della **misura**
- A seconda delle **forme** e dei **colori**



TIPOLOGIE A SECONDA DELLA FONTE DI INQUINAMENTO:

MICROPLASTICHE PRIMARIE

Prodotte come **risultato diretto dell'uso umano della plastica.**

Si suddividono ulteriormente in base al loro uso:

- Uso indiretto ovvero come materia prima in applicazioni industriali;
- Come uso diretto ovvero in medicina come vettori per farmaci e nell'industria cosmetica

MICROPLASTICHE SECONDARIE

Prodotte come **risultato di frammentazione di rifiuti plastici** di grandi dimensioni.



TIPOLOGIE A SECONDA DELLA MISURA:

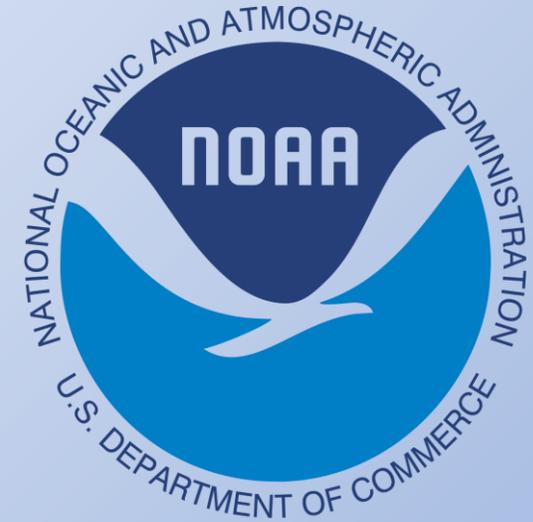
- MACROPLASTICHE (≥ 25 mm)
- MESOPLASTICHE (<25mm – 5mm)
- MICROPLASTICHE (<5mm – 1mm)
- MINI-MICROPLASTICHE (<1 mm – $1\mu\text{m}$)
- NANOPLASTICHE (< $1\mu\text{m}$)



Questa classificazione risulta efficace nel caso di particelle regolari o lineari, in caso contrario la loro misura dipenderà dal metodo di misurazione, tra i più ricorrenti abbiamo l'ispezione visiva e la setacciatura.

TIPOLOGIE A SECONDA DELLA MISURA:

È stato necessario creare uno standard scientifico universale per avere un limite massimo in cui una microplastica può essere definita tale, questo lavoro è stato ospitato dal **NOAA** nel 2008.

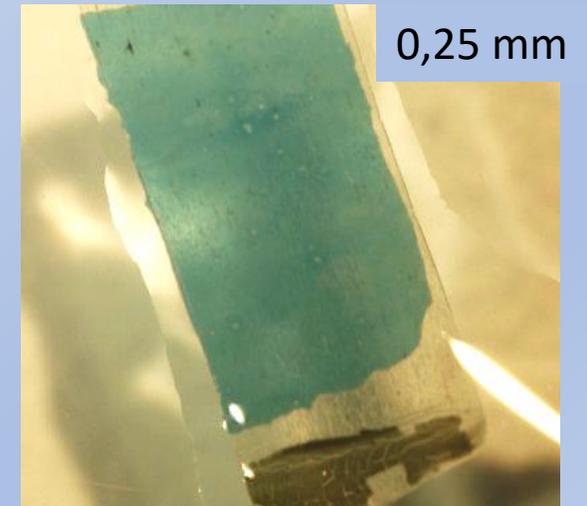
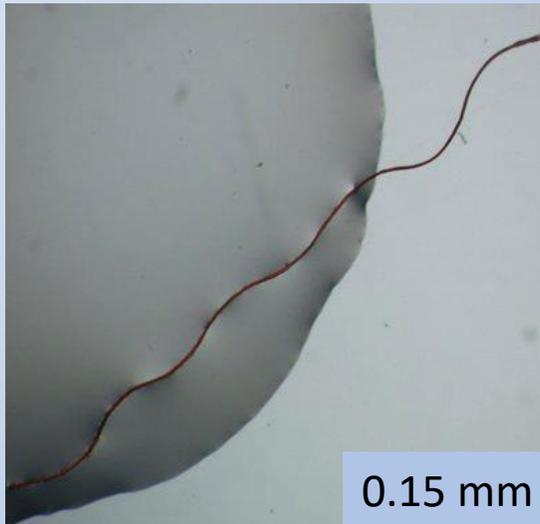


Il valore di 5 mm proposto, come estremo superiore, è ad oggi condiviso dalla maggior parte degli autori. Al contrario, l'estremo inferiore non è ancora definito.

Ciò dipende dal fatto che la dimensione minima delle plastiche campionate è fortemente legata al metodo di campionamento, e quindi alla matrice ambientale in esame.

TIPOLOGIE A SECONDA DELLA FORMA:

- FRAMMENTO
- FOGLIO
- FILAMENTO
- FOAM
- GRANULO
- PELLET



TIPOLOGIE A SECONDA DEL COLORE:

Bianco, nero, rosso, blu, verde e
altro colore.

Per ogni colore, inoltre, è stato
specificato se trasparente o opaco.



LA CONCENTRAZIONE DI MICROPLASTICHE

Viene espressa come **numero di oggetti per metro al quadrato d'acqua di mare campionato**. Queste sono le percentuali dal 2019 al 2022:

Forma	2019 (%)	2020 (%)	2021 (%)	2022 (%)
frammento	46	50	64	71
foglio	28	23	22	19
granulo	12	13	1	1
filamento	6	7	3	6
foam	6	4	7	2
pellet	1	3	4	1

Colore	2019 (%)	2020 (%)	2021 (%)	2022 (%)
bianche	49	62	70	68
verdi	10	12	9	7
blu	8	8	11	15
nere	8	4	5	4
rosse	4	1	1	2
altro colore	22	12	4	5

SCHEMA GENERALE DEGLI STEP DI LAVORO



METODOLOGIE DI CAMPIONAMENTO DELLE MICROPLASTICHE

Ad oggi non esistono procedure standardizzate per il campionamento delle microplastiche e delle fibre nell'ambiente: la scelta di un metodo, piuttosto che di un altro, dipende unicamente dallo scopo dello studio e dalla semplicità operativa. Inoltre, è importante che la procedura di campionamento sia facilmente riproducibile e accessibile sul piano economico, pur garantendo precisione, accuratezza e contaminazione minima durante l'esecuzione.



CAMPIONAMENTO SELETTIVO → consiste nell'estrazione di elementi visibili ad occhio nudo. Pertanto, questo metodo è adeguato al campionamento di microplastiche più grandi di 1 mm.

CAMPIONAMENTO IN BLOCCO → prevede la raccolta di un campione d'acqua, suolo o sedimento senza ridurre il suo volume mediante l'utilizzo di filtri, maglie o reti.

CAMPIONAMENTO A VOLUME RIDOTTO → consiste nella successiva riduzione del volume d'acqua o di sedimento campionato, affinché resti soltanto il materiale di interesse per l'analisi.





La scelta dell'area di campionamento e della profondità influisce sul risultato dell'analisi.

La maggior parte degli studi riporta la raccolta dei sedimenti entro 5 cm di profondità, come suggerito dalle *“Linee Guida per il Monitoraggio del marine litter nei mari europei”* del 2013, nell’ambito della Direttiva per la Strategia Marina.

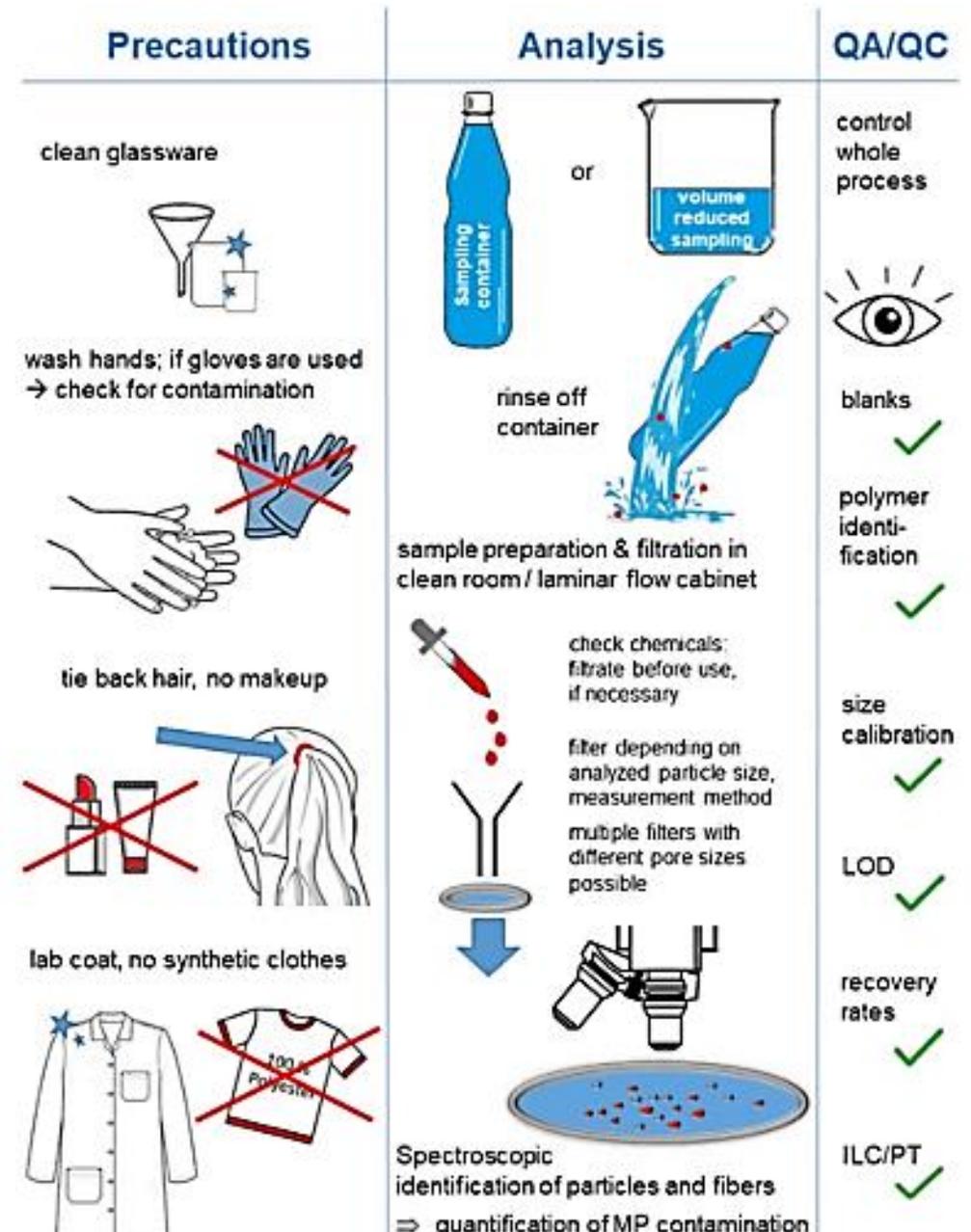
Tuttavia, è sovente documentata una profondità di campionamento che può arrivare fino a 30 cm.

La strategia scelta per il campionamento, in ogni caso, dipende dallo scopo ultimo dello studio che può essere di tipo:

- Qualitativo
- Quantitativo

MISURE PER EVITARE LA CONTAMINAZIONE DEL CAMPIONE

- Pulire tutte le apparecchiature prima del campionamento;
- Coprire i campioni e attrezzature per l'uso
- Indossare indumenti privi di polimeri o tute e guanti di cotone;
- Gli acidi di contaminazione possono essere adeguatamente quantificati utilizzando filtri ambientali protettivi o spazi vuoti procedurali.



TECNICHE DI ANALISI DELLE MICROPLASTICHE NEI CAMPIONI AMBIENTALI

PRETRATTAMENTI SUL CAMPIONE →

applicazione di protocolli volti a rimuovere tutte le impurità presenti che possono interferire con l'analisi (si tratta di particolato).

La scelta del tipo di trattamento dipende della matrice in esame, della modalità di campionamento e della tecnica analitica di identificazione.

Le procedure di pretrattamento più comunemente utilizzate sono
la **setacciatura**
e la **digestione**.

LA SETACCIATURA

La setacciatura è utilizzata nelle indagini condotte sia su campioni di acqua che di sedimento.

Nel caso di indagini condotte sui campioni di acqua, il setaccio consente il passaggio dell'acqua, ma trattiene le fibre e le microplastiche. È evidente che la dimensione del setaccio deve essere scelta in funzione delle particelle che si vogliono separare e non deve essere superiore a 5 mm.



Sui campioni di sedimento, invece, la setacciatura ha lo scopo di effettuare una classificazione granulometrica. Ai fini dell'analisi i setacci sono disposti su una setacciatrice meccanica.

LA DIGESTIONE

La digestione serve a rimuovere il materiale organico adeso alle microplastiche, oppure presente come tale all'interno del campione. Tale procedura avviene con l'impiego di agenti chimici.

AGENTI CHIMICI

MAGGIORMENTE UTILIZZATI:

- Acidi forti, come l'acido nitrico (HNO_3) o l'acido cloridrico (HCl);
- Agenti alcalini, come l'idrossido di sodio (NaOH) o di potassio (KOH);
- Soluzioni di perossido di idrogeno (H_2O_2).





TECNICHE DI SEPARAZIONE
DELLE MICROPLASTICHE
DALLA MATRICE
AMBIENTALE

FLOTTAZIONE PER DENSITÀ

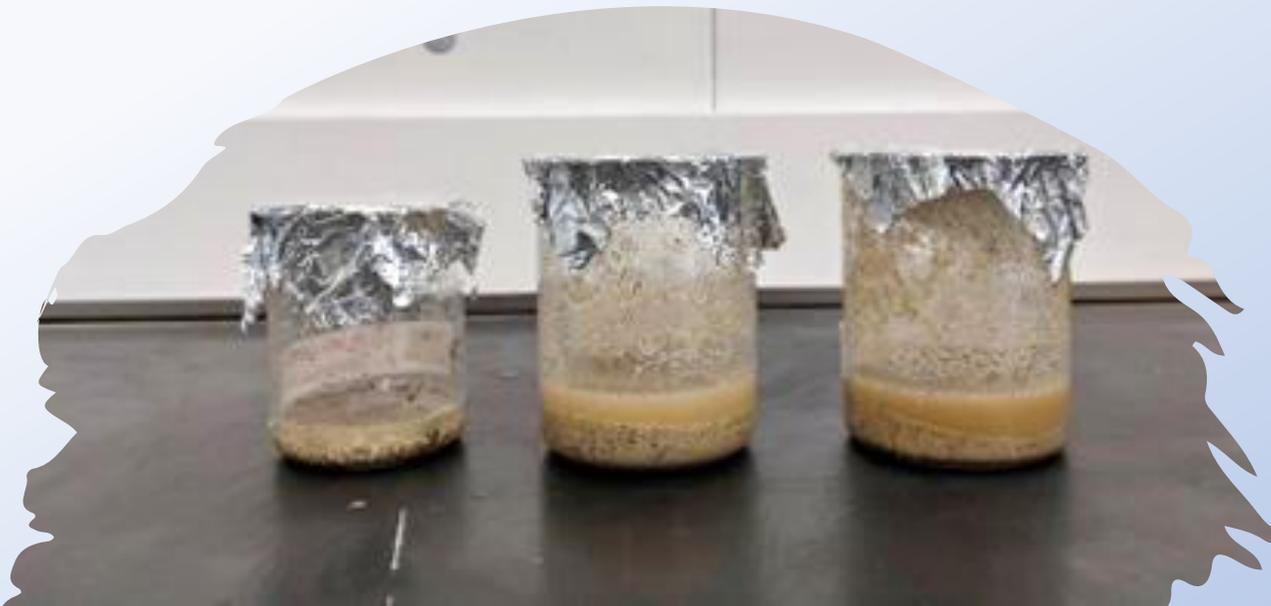
È eseguita sul campione dopo il processo digestivo, consiste nel mettere il campione in soluzione ipersalina con alogenuri di sodio e di zinco o formiato di potassio.

Nel caso di un campione di sedimenti, si verifica che le microplastiche caratterizzate da una densità inferiore a quella della soluzione tendono ad affiorare in superficie (flottazione), mentre quelle più pesanti, insieme ai sedimenti stessi, si depositano sul fondo.

La scelta del sale dipende dalla sua capacità separativa, ma anche dal costo e dalla reperibilità.

Tipo di sale	Densità della soluzione satura	Vantaggi applicativi	Svantaggi applicativi
NaCl	1,2 g/cm ³	<ul style="list-style-type: none">• Poco costoso• Facilmente reperibile• Non dannoso per l'ambiente	<ul style="list-style-type: none">• Ridotta capacità separativa rispetto agli alogenuri di zinco e a NaI
ZnBr ₂ ZnCl ₂	1,7 g/cm ³	<ul style="list-style-type: none">• Maggiore capacità separativa rispetto agli altri Sali	<ul style="list-style-type: none">• Costosi• Dannosi per l'ambiente
NaI	1,7 g/cm ³	<ul style="list-style-type: none">• Capacità separativa paragonabile a quella di ZnBr₂• Non dannoso per l'ambiente	<ul style="list-style-type: none">• Reagisce con i filtri di cellulosa scurendoli e complicando l'identificazione visiva delle microplastiche
SPT	1,5 g/cm ³	<ul style="list-style-type: none">• Densità della soluzione più alta di quella con NaCl• Meno dannoso per l'ambiente rispetto agli alogenuri di zinco	<ul style="list-style-type: none">• Elevato costo• Mai utilizzato per le acque interne• Pochi studi al riguardo
HCOOK	1,5 g/cm ³	<ul style="list-style-type: none">• Densità della soluzione più alta di quella con NaCl• Non dannoso per l'ambiente	<ul style="list-style-type: none">• Pochi studi al riguardo

Separazione gravimetrica di un campione di sedimenti sabbiosi per mezzo di soluzione salina con NaCl.



Tre sottocampioni, sotto cappa, in fase di reazione con il perossido di idrogeno (15%).



APPARATO DI
FILTRAZIONE A VUOTO
UTILIZZATO IN
LABORATORIO PER LA
FILTRAZIONE



FILTRAZIONE

Consiste nella separazione fisica di particelle solide da una matrice liquida, tramite un mezzo (il filtro) attraverso cui può passare soltanto il liquido (filtrato): pertanto, la dimensione dei pori del filtro determina le dimensioni del materiale solido trattenuto. La tipologia di filtro è scelta in funzione della praticità, della disponibilità e della tecnica analitica scelta per la successiva identificazione.

A close-up, slightly blurred photograph of a microscope's objective lens and surrounding mechanical parts. The lens is dark and has some markings on it, including the number '90' and '25'. The background is a soft, out-of-focus grey.

TECNICHE DI
IDENTIFICAZIONE E
CARATTERIZZAZIONE DELLE
MICROPLASTICHE

Tecnica	Caratteristiche
Microscopica	
Ottica	<ul style="list-style-type: none"> • Permette la conta e la classificazione per forma delle microplastiche nel campione ma non la loro identificazione chimica • Metodo generalmente complesso e dispendioso nei tempi • Richiede un pretrattamento del campione spesso elaborato • L'analisi può essere facilitata con l'utilizzo di un colorante e di un microscopio a fluorescenza
Elettronica a scansione	<ul style="list-style-type: none"> • Permette di valutare le caratteristiche superficiali delle microplastiche nel campione • Tecnica efficace per la conta delle particelle più piccole (anche dell'ordine dei nanometri) • Utile se associata ad altre tecniche non distruttive • Spesso accoppiata alla spettroscopia a dispersione di energia
Cromatografica	
Pyr-GC/MS	<ul style="list-style-type: none"> • Permette di identificare chimicamente le particelle ma non di quantificarle o classificarle in base alla forma • Permette di identificare anche gli additivi e i contaminanti correlati • L'analisi è distruttiva non permette di riutilizzare il campione • Preparazione del campione minima
Spettroscopica	
Infrarossa	<ul style="list-style-type: none"> • Permette di identificare chimicamente le particelle e gli interferenti della matrice come le sostanze inorganiche • Quando associata alla microscopia permette di valutarne forma e numero • Permette di identificare particelle fino a 7 μm con il $\mu\text{-FT-IR}$ e 300 μm con lo FTIR classico • Richiede spesso un pretrattamento del campione elaborato
Raman	<ul style="list-style-type: none"> • Permette di identificare chimicamente le particelle e gli interferenti della matrice come le sostanze inorganiche • Quando associata alla microscopia permette di valutarne forma e numero • Permette di lavorare con particelle fino ad 1 μm tramite $\mu\text{-Raman}$ • Restituisce buoni risultati anche con una preparazione del campione minima



TECNICHE OTTICHE



Le tecniche microscopiche (microscopia ottica e microscopia elettronica a scansione) permettono la quantificazione numerica delle particelle di microplastica in un campione, l'individuazione di forma e dimensioni. Si basa sull'identificazione visiva, che spesso produce risultati equivocabili. Quindi, solo combinando queste tecniche con analisi spettroscopiche è possibile individuare la presenza e l'identità delle particelle sospette.



TEST DELL'AGO CALDO

Il test consiste nell'uso di una punta dell'ago riscaldata su ogni particella di plastica per accertare se le particelle sospette si sciolgono quando sono soggette a calore.



Veloce ed economico per
confermare la natura plastica
delle particelle



Non consente
l'identificazione del tipo
di polimero in questione



MICROSCOPIA ELETTRONICA



La microscopia elettronica a scansione (SEM) permette di ottenere immagini tridimensionali ad alta risoluzione mediante scansione di un fascio di elettroni. Gli effetti che si generano nel punto di impatto del fascio sono catturati da appositi rilevatori che producono un contrasto, generando l'immagine su cui è possibile osservare le caratteristiche fisiche della particella e le sue dimensioni, distinguendo se si tratta o meno di plastica.



VANTAGGI

Possibilità di individuare particelle di microplastiche molto piccole (fino ad 1 micrometri), a differenza delle altre tecniche che hanno un limite di 10 micrometri;



SVANTAGGI

Costoso, richiede fasi laboriose di preparazione del campione, richiede molto tempo limitando il numero di particelle che possono essere identificate;





Review

Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review



Ana B. Silva ^{a,*,1}, Ana S. Bastos ^{a,1}, Celine I.L. Justino ^{b,1}, João P. da Costa ^b,
Armando C. Duarte ^b, Teresa A.P. Rocha-Santos ^b

^a Department of Chemistry, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

^b Centre for Environmental and Marine Studies (CESAM) & Department of Chemistry, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

H I G H L I G H T S

- Microplastics have been identified as environmental pollutants.
- The sampling, sample handling, identification and quantification of microplastics were discussed.
- The validation of analytical methods and use of reference materials for the microplastics quantification were highlighted.
- The current challenges in these issues are identified.

A B S T R A C T

Microplastics can be present in the environment as manufactured microplastics (known as primary microplastics) or resulting from the continuous weathering of plastic litter, which yields progressively smaller plastic fragments (known as secondary microplastics). Herein, we discuss the numerous issues associated with the analysis of microplastics, and to a less extent of nanoplastics, in environmental samples (water, sediments, and biological tissues), from their sampling and sample handling to their identification and quantification. The analytical quality control and quality assurance associated with the validation of analytical methods and use of reference materials for the quantification of microplastics are also discussed, as well as the current challenges within this field of research and possible routes to overcome such limitations.



Recentemente, SEM-EDS in combinazione con la microscopia ottica, è stato utilizzato per l'analisi delle microplastiche recuperate dai pescherecci e dalle budella dei pesci per la determinazione delle dimensioni, della morfologia e della composizione chimica.

Le immagini ottiche hanno mostrato che le particelle di plastica variano da 70 a 600nm e da SEM-EDS i risultati hanno indicato che le materie plastiche clorurate come il pvc potevano essere facilmente identificate.

Dall'altra parte la morfologie delle particelle ha suggerito che le particelle ingerite dai pesci contenevano sia frammenti di degradazione di plastiche più grandi che microplastiche di fabbricazione.



A Procedure for Measuring Microplastics using Pressurized Fluid Extraction

Stephen Fuller* and Anil Gautam

Environmental Forensics, Office of Environment and Heritage, Lidcombe, New South Wales 2141, Australia

S Supporting Information

ABSTRACT: A method based on pressurized fluid extraction (PFE) was developed for measuring microplastics in environmental samples. This method can address some limitations of the current microplastic methods and provide laboratories with a simple analytical method for quantifying common microplastics in a range of environmental samples. The method was initially developed by recovering 101% to 111% of spiked plastics on glass beads and was then applied to a composted municipal waste sample with spike recoveries ranging from 85% to 94%. The results from municipal waste samples and soil samples collected from an industrial area demonstrated that the method is a promising alternative for determining the concentration and identity of microplastics in environmental samples.



Waste material



Plastic residue

ESTRAZIONE ACCELERATA CON SOLVENTE/ ESTRAZIONE PRESSURIZZATA

Tecnica di estrazione solido-liquido in cui si utilizza un solvente sotto pressione e ad alta temperatura per estrarre gli analiti dalla matrice solida.

Aumento di pressione → Aumento di temperatura oltre il punto di ebollizione del solvente aumentando l'efficienza di estrazione.

Temperatura più elevata → Riduzione di solubilità e della viscosità del solvente → Aumento della capacità del solvente di assorbire una percentuale maggiore di componenti.

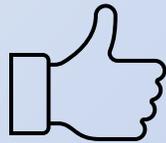


- 1) **ESTRAZIONE INIZIALE:** il metanolo a 100°C viene utilizzato per rimuovere i composti organici semi-volatili;
- 2) **ESTRAZIONE SUCCESSIVA:** il diclorometano viene utilizzata per recuperare la frazione microplastica;

Gli estratti verranno evaporati sotto un flusso di azoto e misurati gravimetricamente \rightarrow i residui sono tipicamente trovati come materiali amorfi e omogenei in grado di scomporsi in fiocchi.

VANTAGGI \rightarrow

- Semplicità;
- Costo;
- Velocità;
- Uniformità nella segnalazione della concentrazione;
- Riduzione dei requisiti di abilità degli operatori con conseguente riduzione degli errori associati.



OPEN

A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red

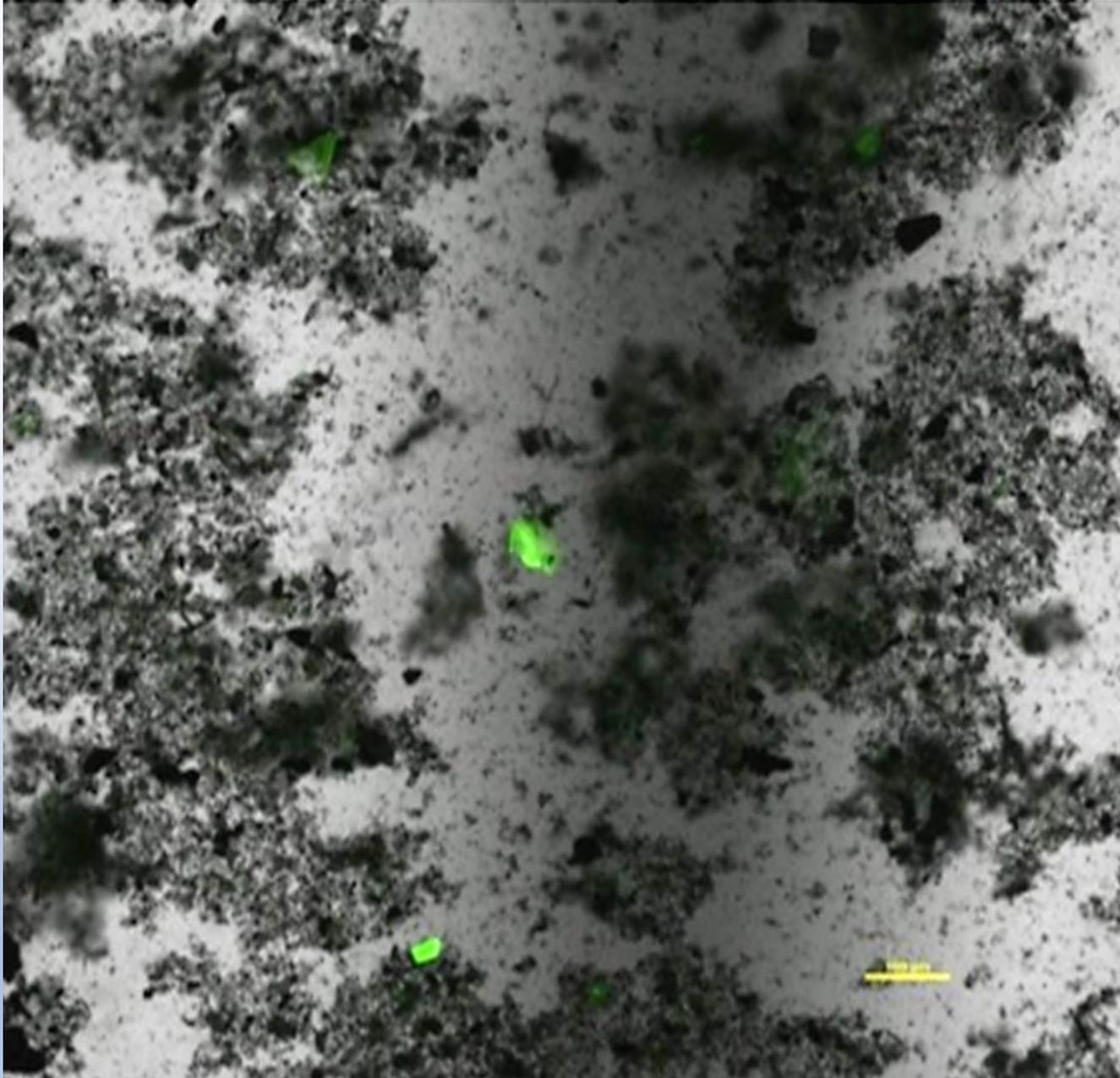
Received: 08 November 2016

Accepted: 07 February 2017

Published: 16 March 2017

Thomas Maes¹, Rebecca Jessop^{2,†}, Nikolaus Wellner³, Karsten Haupt⁴ & Andrew G. Mayes²

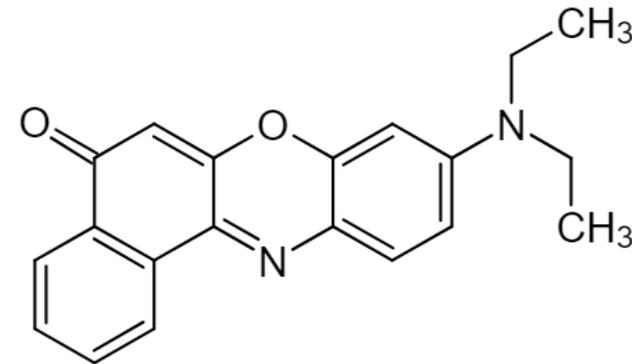
A new approach is presented for analysis of microplastics in environmental samples, based on selective fluorescent staining using Nile Red (NR), followed by density-based extraction and filtration. The dye adsorbs onto plastic surfaces and renders them fluorescent when irradiated with blue light. Fluorescence emission is detected using simple photography through an orange filter. Image-analysis allows fluorescent particles to be identified and counted. Magnified images can be recorded and tiled to cover the whole filter area, allowing particles down to a few micrometres to be detected. The solvatochromic nature of Nile Red also offers the possibility of plastic categorisation based on surface polarity characteristics of identified particles. This article details the development of this staining method and its initial cross-validation by comparison with infrared (IR) microscopy. Microplastics of different sizes could be detected and counted in marine sediment samples. The fluorescence staining identified the same particles as those found by scanning a filter area with IR-microscopy.



Il Nile Red assorbe su superfici di plastica e le rende fluorescenti quando irradiato con luce blu. L'analisi dell'immagine consente l'identificazione e il conteggio delle particelle di plastica fluorescenti.

Attraverso questo metodo, è possibile la categorizzazione delle particelle in esame sulla base delle caratteristiche di polarità a causa della natura solvatocromica del Nile Red (capacità di cambiare colore come conseguenza del cambiamento di polarità del solvente).

- Verificare che il colorante Nile Red non identificasse anche prodotti simili alle microplastiche, per questo il team di studiosi ha deciso di lavare delle particelle analizzate con acido nitrico, una sostanza efficace nella “digestione”;
- Prelievo di campioni di sabbia e di acqua e il confronto tra i rilevamenti ottenuti con metodi tradizionali e quelli dati dalla nuova colorazione fluorescente.





TECNICHE SPETTROSCOPICHE

Le tecniche spettroscopiche sono delle tecniche analitiche più impiegate per la caratterizzazione chimica delle particelle di microplastica nei campioni ambientali. Esse permettono la quantificazione e l'individuazione della forma delle particelle.

Maggiormente utilizzate sono la:

- **Spettroscopia infrarossa**
- **Spettroscopia Raman**



COS'E' LA SPETTROSCOPIA?

La spettroscopia è un ramo della chimica che studia gli spettri degli atomi e delle molecole, cioè la distribuzione in funzione della frequenza , della lunghezza d'onda o dal numero d'onda , dell'energia elettromagnetica emessa o assorbita da essi.

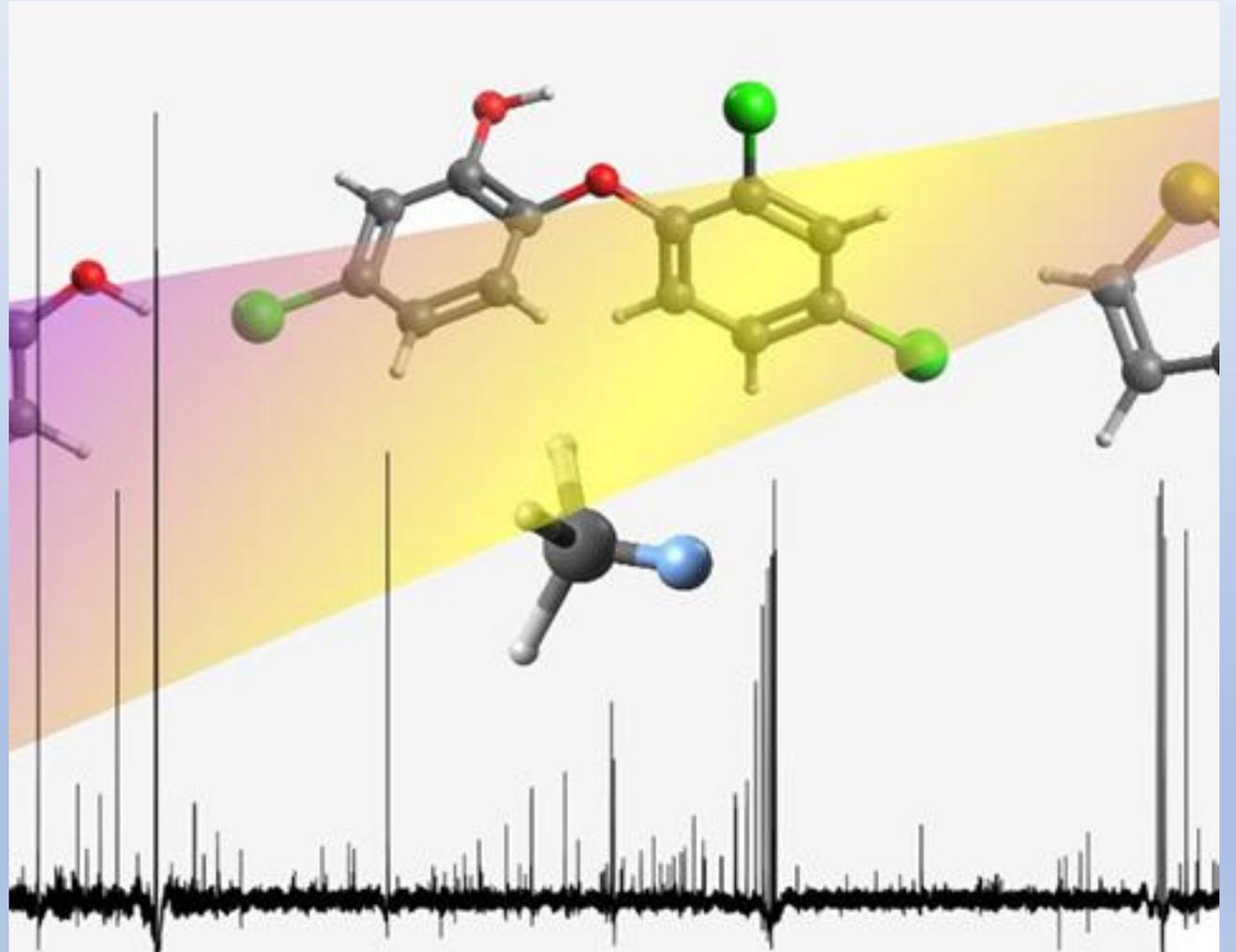
I dati ottenuti dalla spettroscopia sono chiamati **spettro**: è un grafico dell'intensità dell'energia rilevata rispetto alla lunghezza d'onda (o massa o quantità di moto o frequenza, ecc.)

QUALI INFORMAZIONI POSSIAMO OTTENERE

Uno spettro può essere utilizzato per ottenere informazioni sui livelli di energia atomica e molecolare, geometrie molecolari, legami chimici, interazioni di molecole e processi correlati.

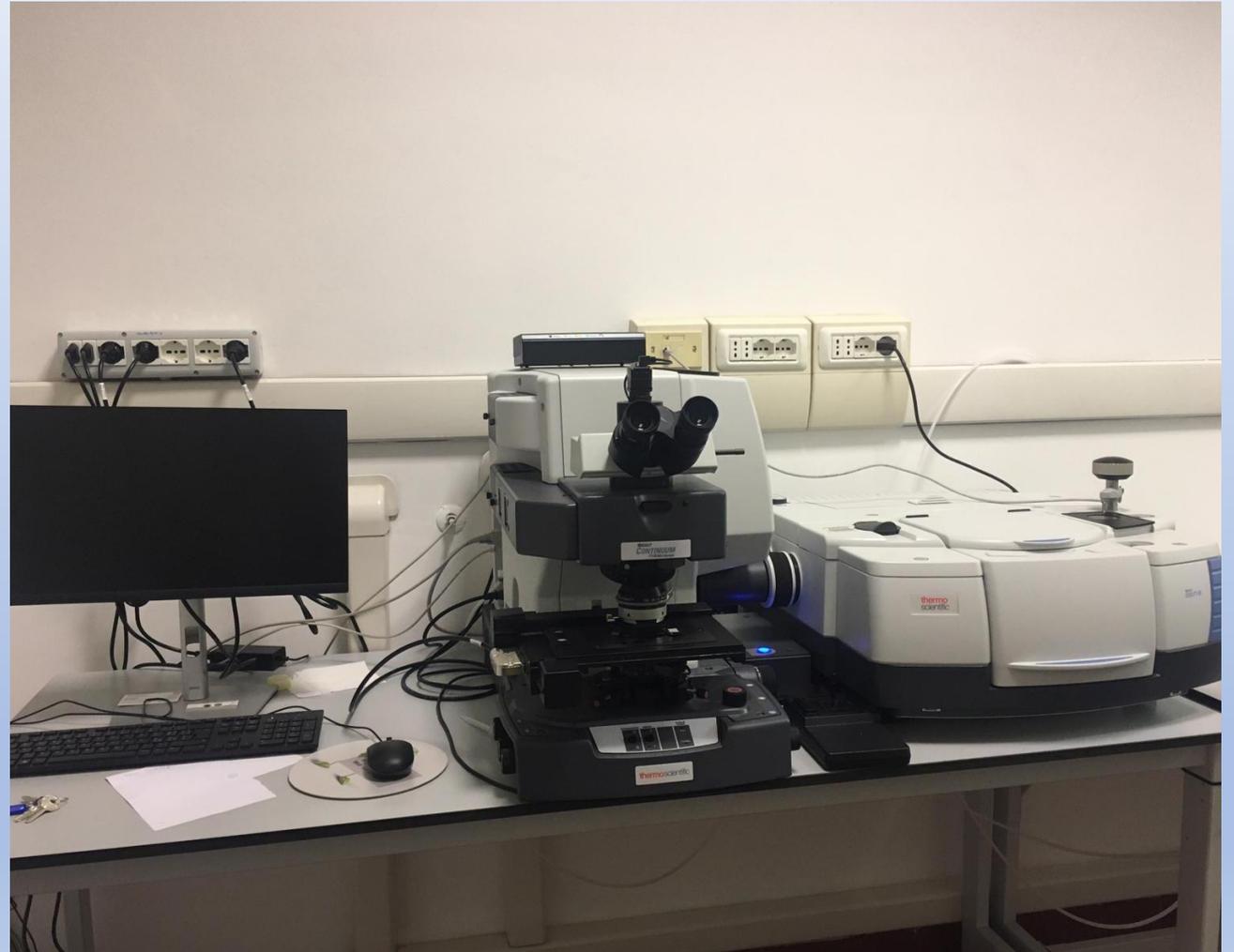
Spesso, gli spettri vengono utilizzati per identificare i componenti di un campione (analisi qualitativa).

Gli spettri possono essere utilizzati anche per misurare la quantità di materiale in un campione (analisi quantitativa).



QUALI STRUMENTI SONO NECESSARI

Diversi strumenti vengono utilizzati per eseguire analisi spettroscopiche e richiede: una sorgente di energia (di solito un laser, ma questa potrebbe essere una sorgente di ioni o di radiazione) e un dispositivo per misurare la variazione della sorgente di energia dopo che ha interagito con il campione (rivelatore).



SPETTROSCOPIA RAMAN VS SPETTROSCOPIA INFRAROSSA

La spettroscopia Raman è una tecnica spettroscopica basata sull'effetto Raman: è una tecnica di spettroscopia molecolare che, come la spettroscopia infrarossa (FTIR), sfrutta l'interazione della luce con la materia per ottenere informazioni sulla struttura o sulle caratteristiche di un materiale.

La spettroscopia Raman e la spettroscopia FTIR forniscono entrambe uno spettro caratteristico delle specifiche vibrazioni di una molecola e sono utili per identificare una sostanza.

Tuttavia:

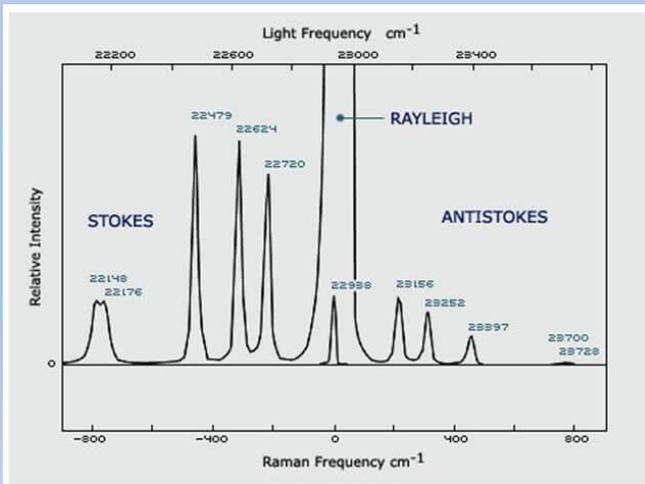
- Nella spettroscopia Raman si utilizza tipicamente una luce laser nel campo visibile, nel vicino infrarosso e nel vicino ultravioletto.
- Le informazioni fornite dalla spettroscopia Raman si ottengono mediante un processo di diffusione (scattering) della luce, mentre la spettroscopia a infrarossi è basata sull'assorbimento della luce.
- La spettroscopia Raman fornisce informazioni sulle vibrazioni intra e intermolecolari e può consentire di comprendere meglio una reazione.
- La spettroscopia Raman può fornire ulteriori informazioni sui modi relativi a frequenze inferiori

SPETTROSCOPIA RAMAN

DIFFUSIONE ELASTICA
O DI RAYLEIGH



Quando la luce interagisce con le molecole di un gas, di un liquido o di un solido, la maggior parte dei fotoni viene dispersa o diffusa mantenendo la stessa energia dei fotoni incidenti.



DIFFUSIONE ANELASTICA O
EFFETTO RAMAN



Una quantità molto piccola di questi fotoni, circa 1 fotone su 10 milioni, dopo la diffusione ha una frequenza diversa da quella del fotone incidente.

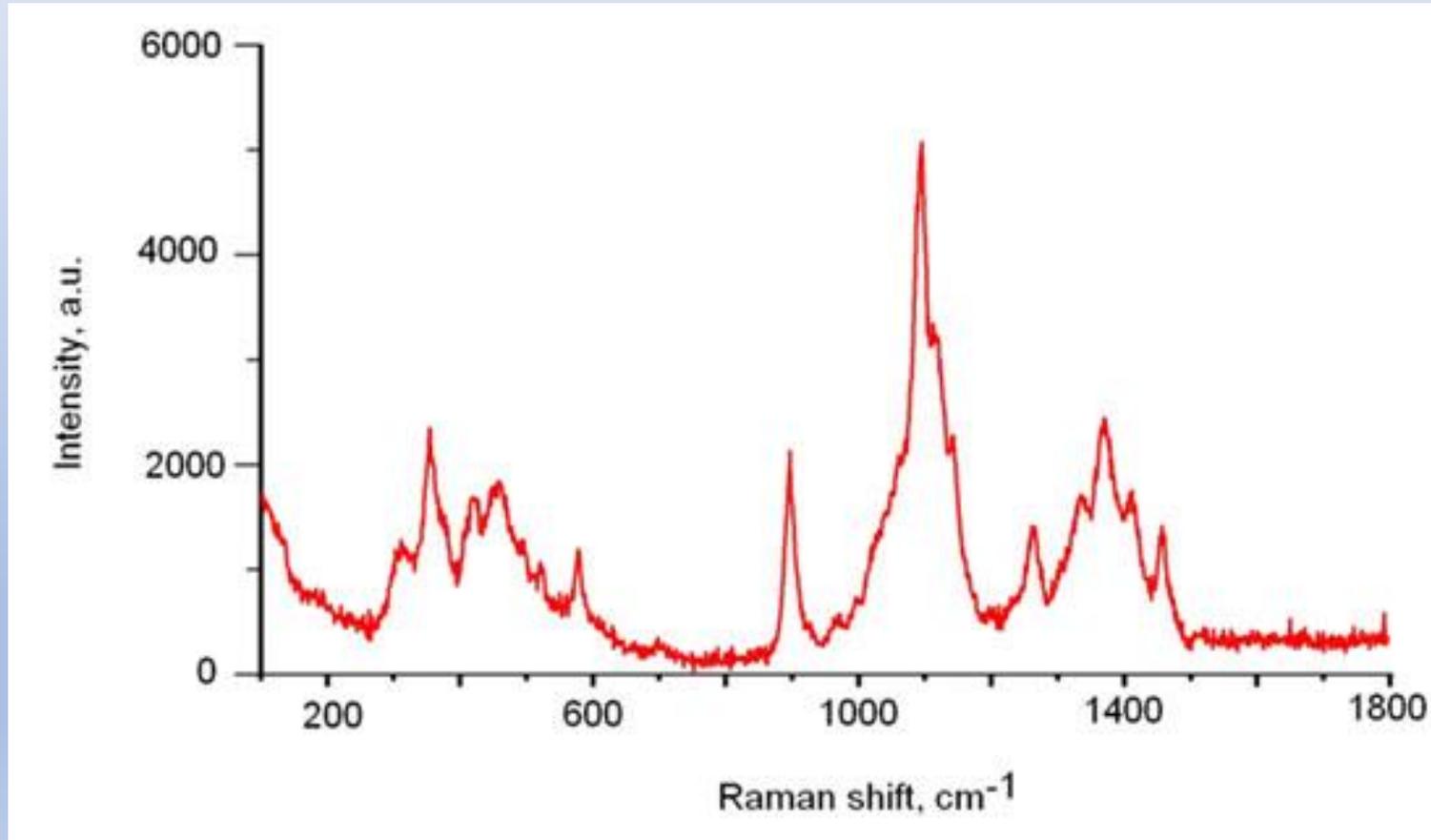


Se il livello energetico del fotone diffuso è maggiore del fotone irraggiato (o incidente) si ha il fenomeno di **RAMAN-Stokes**, se è minore prende nome di **Raman Anti-Stokes**

SPETTROSCOPIA RAMAN

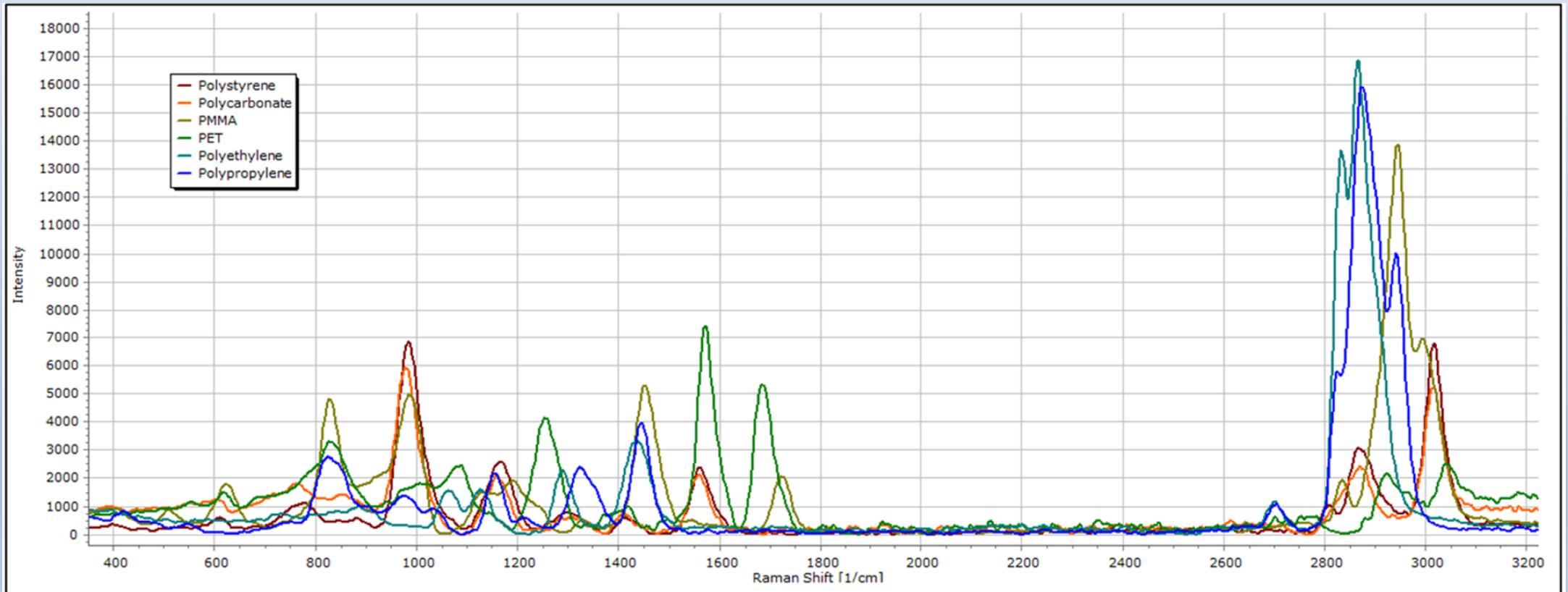
La radiazione prodotta dalla diffusione Raman è registrata e di seguito viene elaborato un grafico di lunghezze d'onda in funzione dell'intensità.

Questo **spettro** è associabile a un'unica molecola e costituisce una vera e propria impronta digitale.



SPETTROSCOPIA RAMAN: ANALISI DEI POLIMERI

Gli spettri Raman possono essere utilizzati per scopi di identificazione, facendo riferimento ad una raccolta di spettri di riferimento detti “fingerprint”. Con lo spettrometro Raman analizzando una serie di campioni di materiali plastici si è ottenuto uno dei più importanti polimeri: **IL POLIETILENE.**



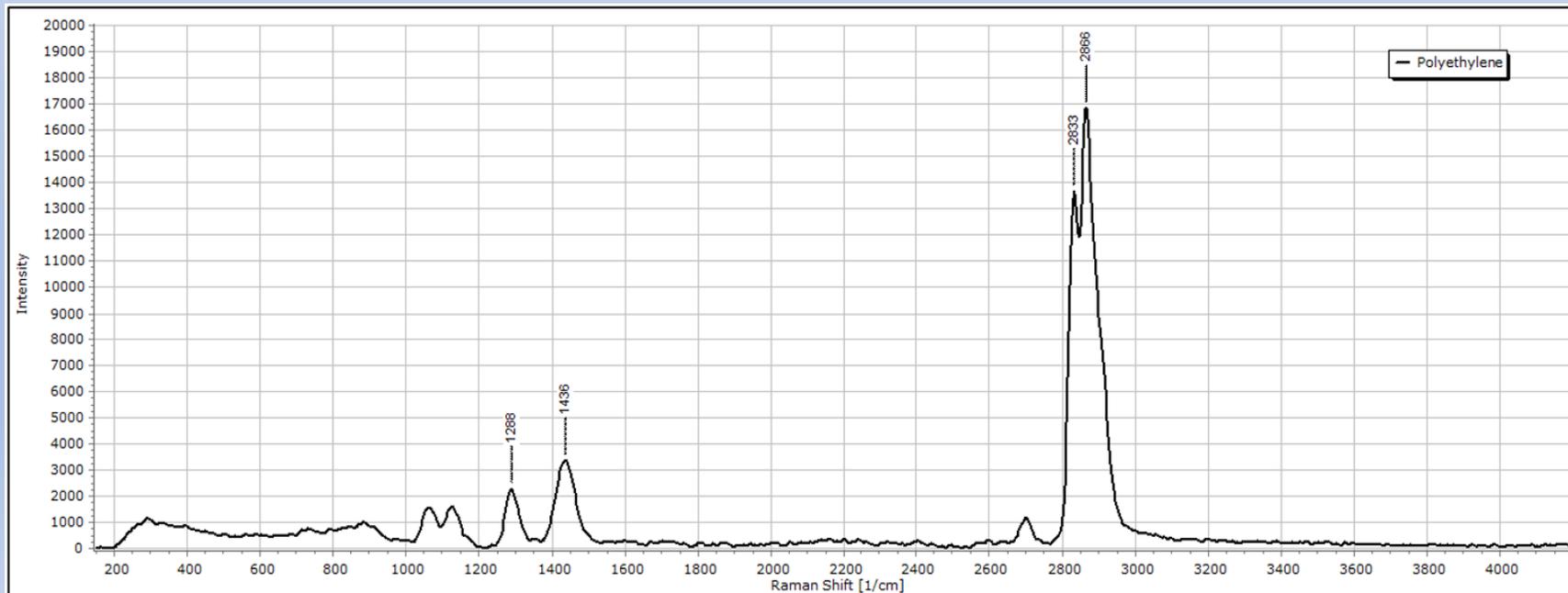
SPETTROSCOPIA RAMAN: IL POLIETILENE

Il **polietilene (PE)** è il più semplice dei polimeri sintetici, ha formula chimica $(-C_2H_4-)_n$ dove il grado di polimerizzazione n può arrivare fino ad alcuni milioni.

Le catene possono essere di lunghezza variabile e più o meno ramificate.

E' una resina termoplastica, si presenta come un solido trasparente (forma amorfa) o bianco (forma cristallina) con ottime proprietà isolanti e di stabilità chimica, è un materiale molto versatile e una delle materie plastiche più economiche.

Lo **spettro Raman** è mostrato nella figura sottostante, si notano le bande dovute alle frequenze di stretching dei legami C-H, a circa 3000 cm^{-1} , alle frequenze di bending e twisting sempre dei legami C-H, a 1300 ed a 1400 cm^{-1} circa, ed allo stretching dei legami C-C, tra i 1000 ed 1200 cm^{-1} .



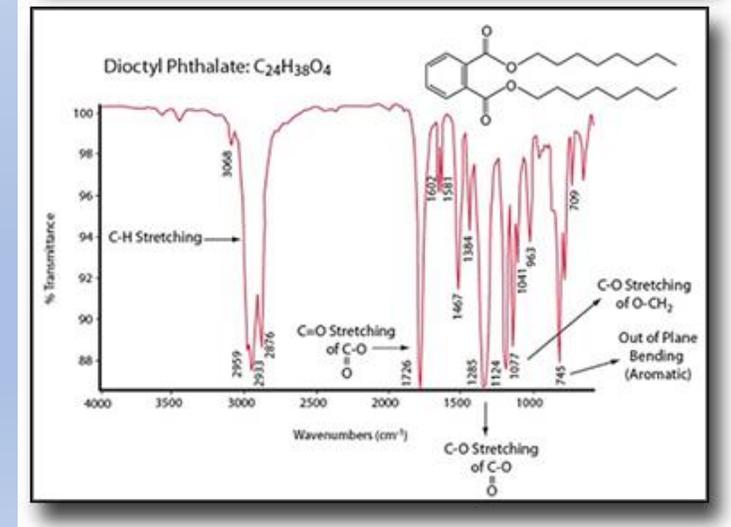
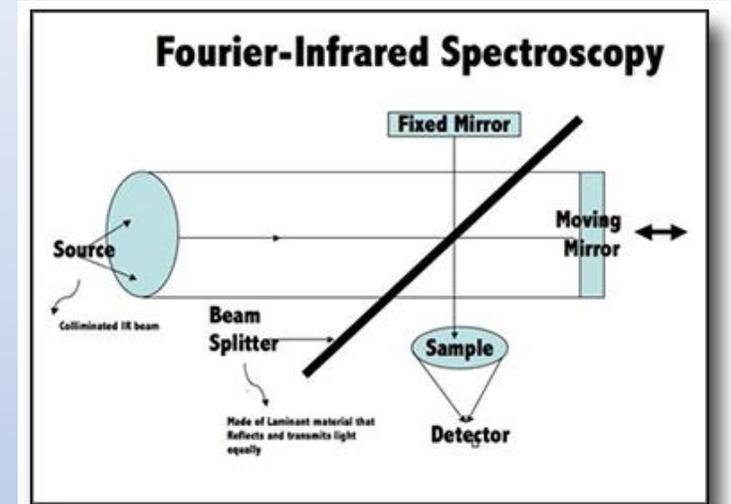
SPETTROSCOPIA INFRAROSSA A TRASFORMATA DI FOURIER (FTIR)

È un metodo per determinare la struttura delle molecole che raccolgono uno spettro vibrazionale molecolare. Se esposti alla radiazione infrarossa, le molecole del campione assorbono selettivamente le radiazioni di lunghezze d'onda specifiche che causano il cambiamento del momento di dipolo delle molecole del campione.

Di conseguenza, i livelli di energia vibrazionale delle molecole del campione si trasferiscono dallo stato fondamentale allo stato eccitato.

- La frequenza del picco di assorbimento è determinata dal gap di energia vibrazionale.
- Il numero di picchi di assorbimento è correlato al numero di libertà vibrazionale della molecola.
- L'intensità dei picchi di assorbimento è correlata al cambiamento del momento di dipolo e alla possibilità di transizione dei livelli di energia.

Pertanto, analizzando lo spettro infrarosso, si possono ottenere prontamente informazioni sulla struttura di una molecola.



TECNICHE CROMATOGRAFICHE

“La cromatografia è un metodo fisico di separazione nel quale i componenti da separare sono distribuiti tra due fasi, una delle quali è fissa (fase stazionaria), mentre l'altra (fase mobile o eluente) si muove in una direzione definita».

Definizione ufficiale IUPAC



TECNICHE CROMATOGRAFICHE

In questa tipologia di tecniche, la tecnica più diffusa per lo studio delle microplastiche è la pirolisi accoppiata con gas cromatografia e spettrometria di massa (abbreviato in Pyr-GC/MS o Py-GC/MS), un metodo di analisi chimica che prevede 3 fasi.



PYR-GC/MS

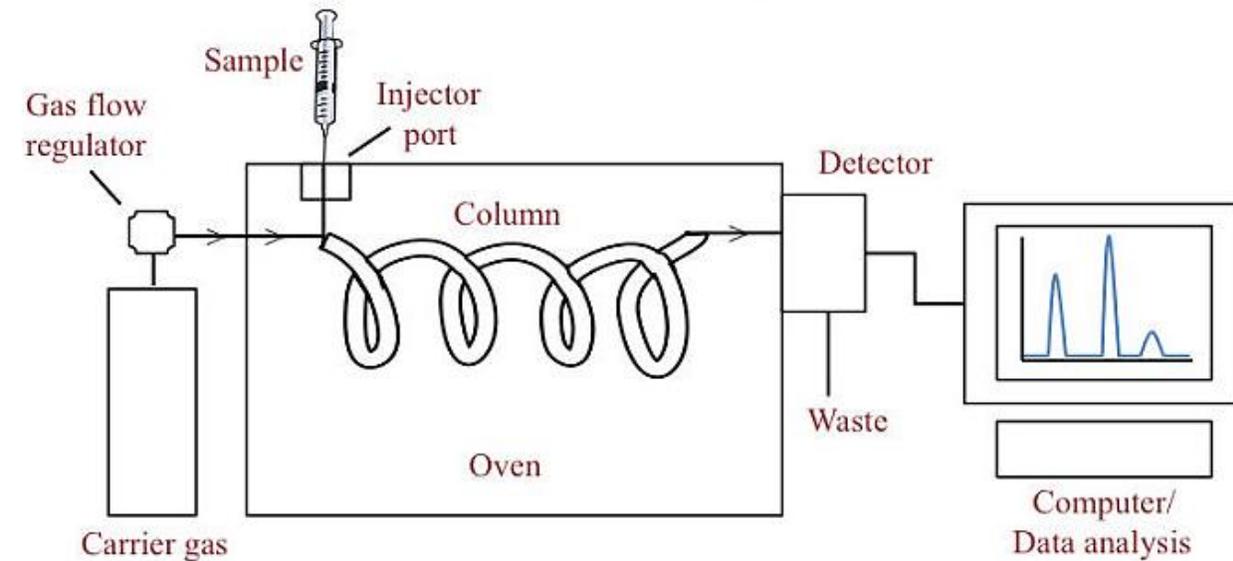
FASE 1:
DECOMPOSIZIONE TERMICA →
COMBUSTIONE DEL CAMPIONE

FASE 2:
SEPARAZIONE DEI PRODOTTI →
GAS CROMATOGRAFIA

FASE 3:
IDENTIFICAZIONE →
SPETTROMETRIA DI MASSA



GAS CROMATOGRAFIA



Nella tecnica gas-cromatografica la fase mobile è un gas;
quindi, il campione viene vaporizzato e poi iniettato in una colonna in cui si trova la fase stazionaria, la quale può essere un solido granulare poroso oppure un liquido.

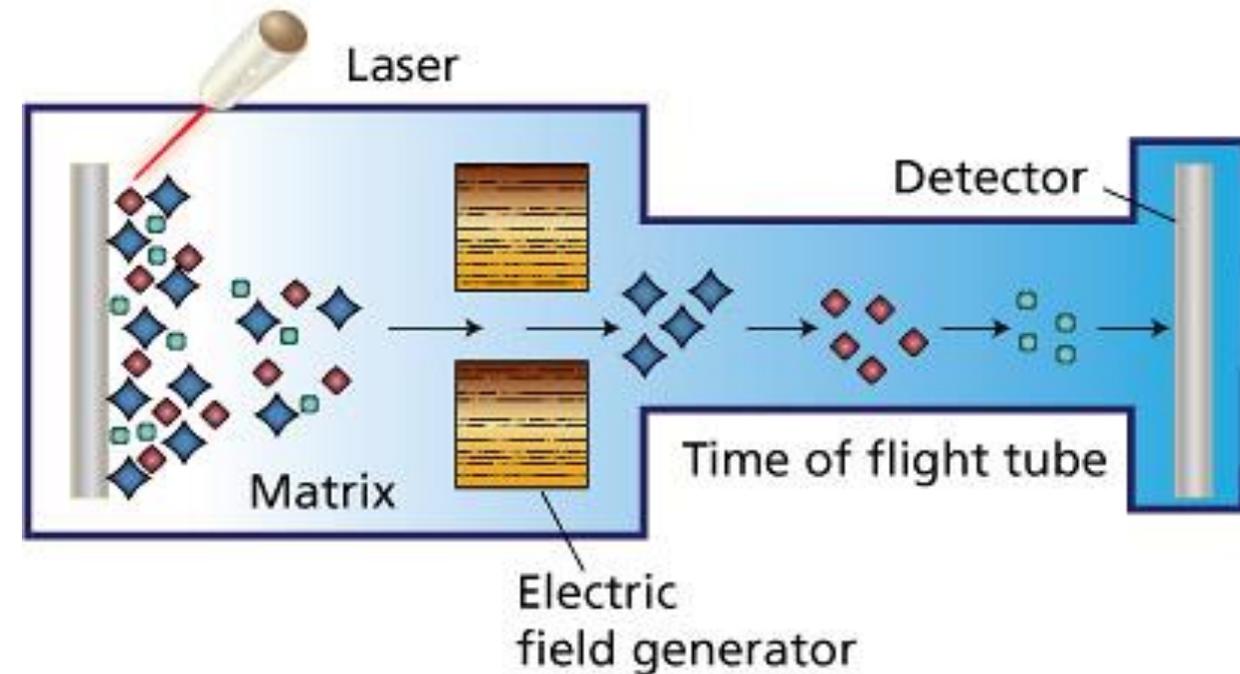
SPETTROMETRIA DI MASSA

La spettrometria di massa è una metodica che consente l'identificazione e l'analisi quantitativa di una molecola dalla sua massa.

Si sfruttano due fenomeni correlati alla massa e alla carica:

1) **la traiettoria di uno ione o di una particella carica in movimento può essere modificata per azione di un campo magnetico od elettrico, e l'entità della deviazione è funzione del rapporto massa/carica della particella:** a parità di carica, particelle di massa minore subiranno deviazione maggiore.

2) **ioni o particelle cariche, accelerati da un campo elettrico, assumono velocità diverse in dipendenza della loro massa:** a parità di carica, particelle di massa maggiore assumono velocità minore.



PYR-GC/MS

Il risultato è la determinazione simultanea del tipo di polimero e degli additivi relativi; i prodotti di combustione termica sono infatti indicatori caratteristici di ciascun gruppo polimerico e grazie a loro siamo così in grado di risalire alla plastica di provenienza.

A causa della combustione, però, non è possibile determinare il numero, la forma o il colore delle particelle di microplastica contenute nel campione.



IDENTIFICAZIONE/ANALISI VISIVE



Criteri di selezione:

- Il colore deve essere definito e omogeneo.
- **Blu** → PE;
- **Ambra** → PP;
- **Verde chiaro** → PVC;
- **Rosso**, **Trasparenti**, **bianche** o **opache** → potrebbero essere di natura biologica e non sintetiche, è quindi necessaria un'analisi tramite microscopia a fluorescenza o ad elevato ingrandimento.

IDENTIFICAZIONE/ANALISI VISIVE

Criteri di selezione:

- La particella indagata non deve visibilmente presentarsi con una struttura e morfologia tipiche di organismi cellulari o sostanze organiche.



IDENTIFICAZIONE/ANALISI VISIVE



Criteri di selezione:

- Il diametro della forma deve essere costante, soprattutto nel caso delle microfibre, lungo tutta l'estensione della particella, quindi, deve apparire lineare il più possibile e con superficie omogena.
- Se è osservabile un avvolgimento della fibra su stessa, è probabile si tratti di una fibra naturale come il cotone.

The background of the image is a teal-colored beach scene. In the foreground, there is a large amount of multi-colored confetti (purple, pink, yellow, green) scattered across the surface. Several pieces of dark, crumpled plastic or fabric trash are also visible, floating or lying on the beach. The overall scene suggests environmental pollution.

EFFETTI AMBIENTALI



MICROPLASTICHE E BIOINDICATORI



BIOINDICATORE → organismo non umano in grado di rispondere in modo biologicamente quantificabile a contaminanti ambientali prima che questi determinino alterazioni biologiche nell'uomo.

BIOMONITORAGGIO → valutazione qualitativa e quantitativa, attraverso i bioindicatori, delle condizioni ambientali in merito a contaminanti.



Esempi:

- *Mytilus galloprovincialis*
- *Gammarus setosus*
- *Caretta caretta*
- Licheni
- Anellidi del genere *Lumbricus*



EFFETTI SUL MARE

EFFETTI SUGLI ECOSISTEMI MARINI

Principali metodi di contaminazione: **INGESTIONE** e **RESPIRAZIONE**

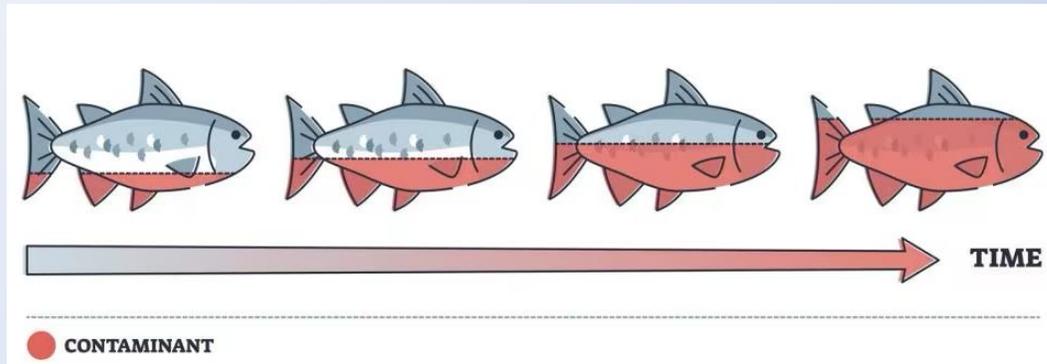
Conseguenze dell'**INGESTIONE** delle MP:

➤ **DIRETTE:**

- Ostruzione del tratto gastrointestinale
- Lacerazioni interne

➤ **INDIRETTE**

- Riduzione della velocità di alimentazione
- Pseudosazietà e denutrizione
- **BIOACCUMULO**



Conseguenze della **RESPIRAZIONE** delle MP:

- Alterazioni delle funzioni respiratorie

Conseguenze dell'**ESPOSIZIONE** alle MP:

- Reazioni infiammatorie e alterazioni istologiche
- Induzione dello stress ossidativo
- Diminuzione dell'attività neurofunzionale
- Effetti sulla riproduzione
- Compromissione dello sviluppo
- Mortalità



BIOACCUMULO →
trasferimento e aumento di concentrazione
di elementi o sostanze tossiche nei tessuti
degli organismi con cui entrano in contatto
tramite acqua e cibo.

EFFETTI SUGLI ECOSISTEMI MARINI-ACQUACOLTURA

Le calze utilizzate in mitilicoltura presentano materiale organico su di esse e sono difficili da smaltire.

Queste sono costituite da polipropilene (PP).



Quindi, rappresentano un enorme problema per gli ecosistemi marini, poiché il PP, difficilmente degradabile, permane per centinaia di anni in mare, producendo tonnellate di macro, micro e nanoplastiche.



MICROPLASTICHE E TARTARUGHE MARINE

Recenti studi, svolti in Italia dall'Università Politecnica delle Marche in collaborazione con l'associazione «TartAmare Onlus» e l'Istituto Zooprofilattico dell'Abbruzzo e del Molise, hanno indagato la presenza delle MP all'interno degli embrioni di tartarughe marine, in particolare *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758).



Environmental Pollution

Volume 337, 15 November 2023, 122589



Microplastics evidence in yolk and liver of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*), a pilot study. ☆

Giulia Chemello^{a 1} ✉, Erica Trotta^{a 1} ✉, Valentina Notarstefano^a ✉, Luana Papetti^b ✉, Ludovica Di Renzo^{c d} ✉, Marco Matiddi^e ✉, Cecilia Silvestri^e ✉, Oliana Carnevali^a ✉, Giorgia Gioacchini^a ✉



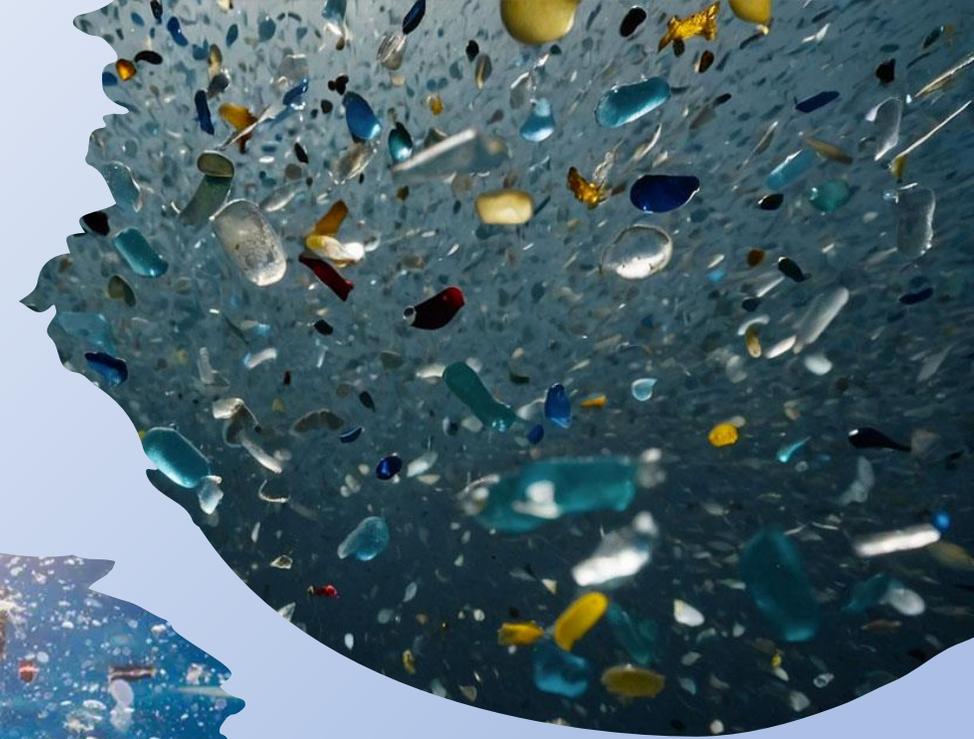
Effetti delle microplastiche negli embrioni di *C. caretta*

- Diverso assorbimento del TUORLO
- Aumento del numero di MELANOMACROFAGI a livello epatico

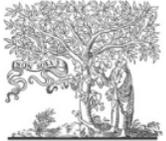
ESPLORAZIONE DELLE
MICROPLASTICHE DI
POLIACRILAMMIDE

E

VALUTAZIONE DELLA
LORO TOSSICITÀ
SU MOLTEPLICI
PARAMETRI
DI *OREOCHROMIS
NILOTICUS*



HOSTED BY



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Saudi Journal of Biological Sciences

journal homepage: www.sciencedirect.com



Original article

Exploration of polyacrylamide microplastics and evaluation of their toxicity on multiple parameters of *Oreochromis niloticus*



Tehreem Raza^a, Bilal Rasool^a, Muhammad Asrar^a, Maleeha Manzoor^a, Zeeshan Javed^a, Faiza Jabeen^c, Tahira Younis^{b,*}

^aDepartment of Zoology, Faculty of Life Sciences, Government College University Faisalabad, 38000 Punjab, Pakistan

^bDepartment of Biochemistry and Biotechnology, Women University of Multan, Punjab, Pakistan

^cDepartment of Zoology, University of Education, Bank road Campus, Lahore, Punjab, Pakistan



Questo studio è stato progettato per esplorare gli effetti tossici delle microplastiche in vari organi di pesci (*Oreochromis niloticus*)

METODI UTILIZZATI

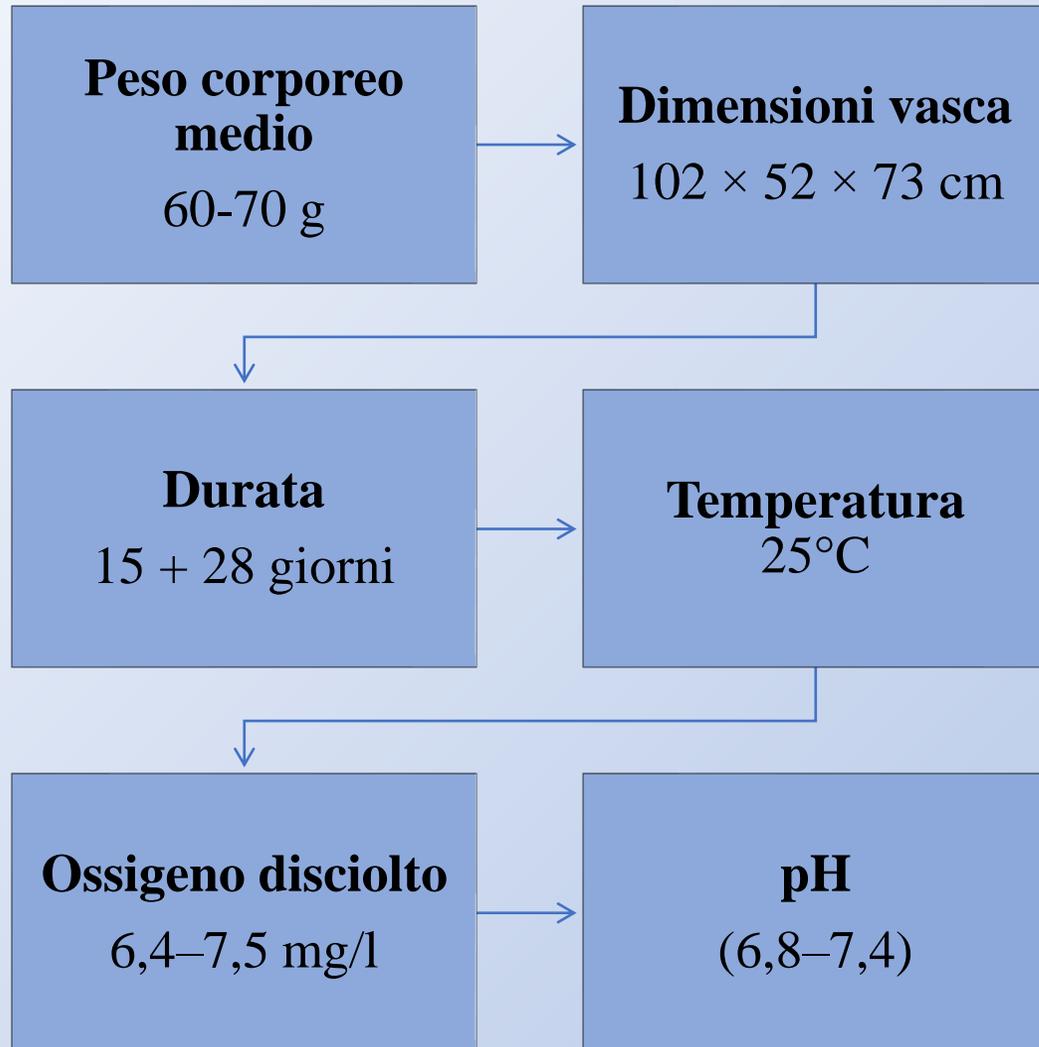
- Trasformata infrarossa di Fourier (FTIR)
- Spettroscopia Raman

La concentrazione del campione è stata stimata utilizzando l'equazione:

$$A = \epsilon \cdot C \cdot D$$



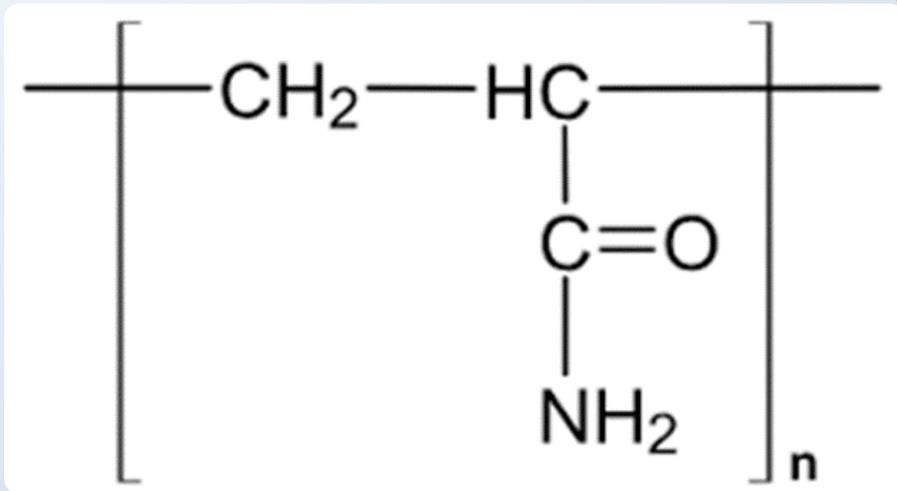
PARAMETRI



ANOMALIE FISIOLOGICHE RISCONTRATE

Debolezza, squilibrio, lesioni,
corsa in superficie, respirazione
e corsa sul fondo su base
regolare.

ESPOSIZIONE ALLA POLIACRILAMMIDE



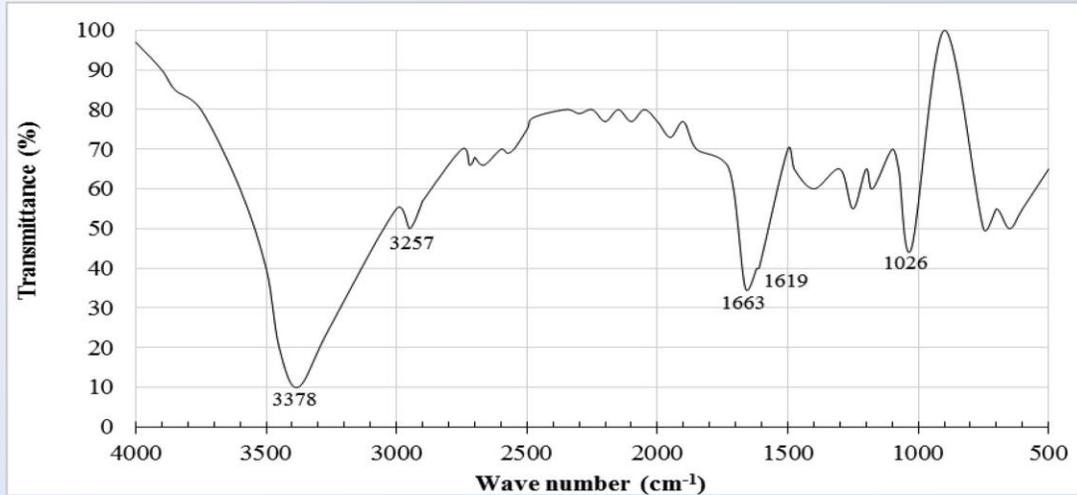
O. niloticus è stato esposto a diverse concentrazioni di poliacrilamide per **28 giorni**.

Gli **EFFETTI** sono:

- Aumento della velocità di nuoto;
- Lesioni scure in diverse parti del corpo;
- Perdita di peso;
- Secrezioni di muco dalle branchie e dalle pinne;
- Respiro affannoso.

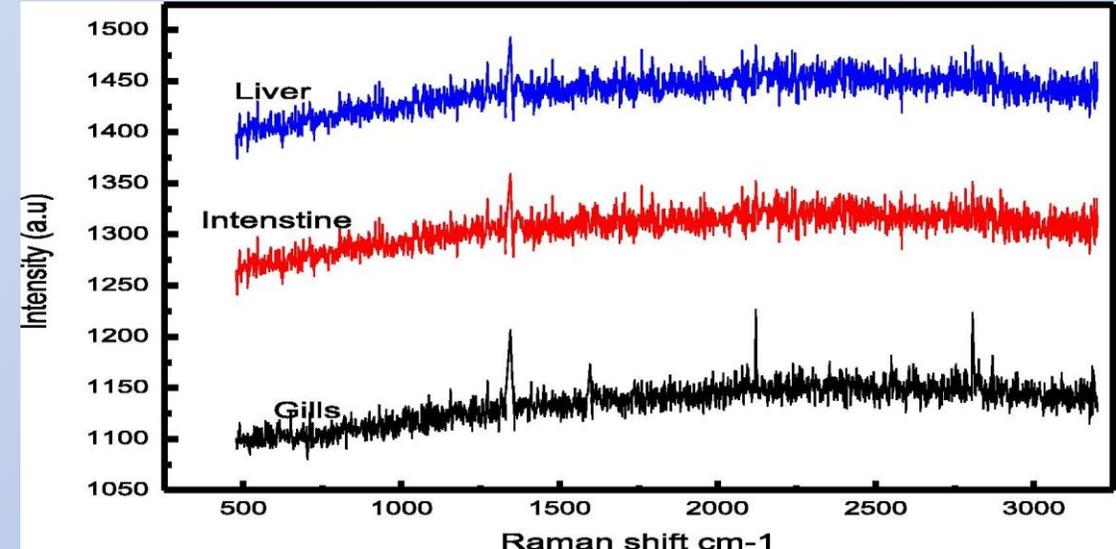


SPETTROSCOPIA FTIR



La spettroscopia FTIR ha confermato la morfologia sferica e l'intervallo dimensionale della poliacrilamide (0,1–0,4 mm) e l'ha dimostrata priva di impurità. Negli spettri sono visibili anche tracce di bande di assorbimento di biomolecole utilizzate come agenti di riduzione e stabilizzazione.

SPETTROSCOPIA RAMAN



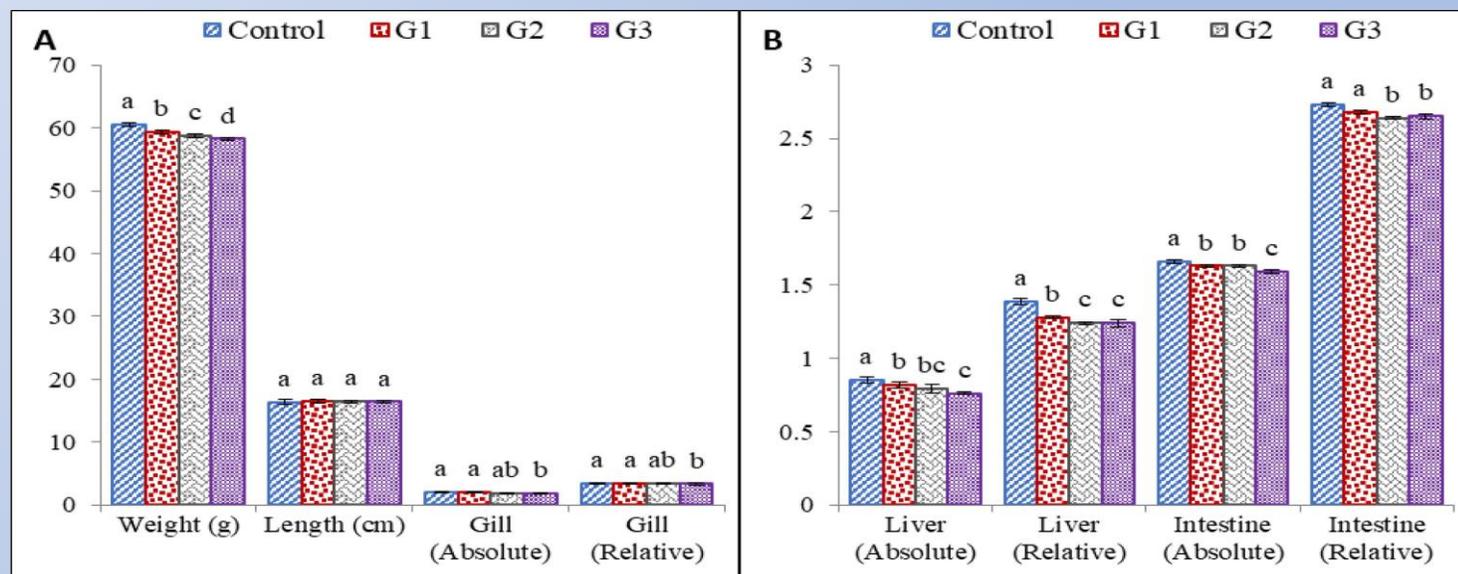
Nei vetrini trattati con poliacrilammide si sono verificati picchi nelle branchie e nel fegato. Nell'intestino pochi modi vibrazionali indicavano tracce di poliacrilammide ma minimi rispetto alle branchie e al fegato.

EFFETTI TOSSICI DELLA POLIACRILAMMIDE SUL PESO CORPOREO



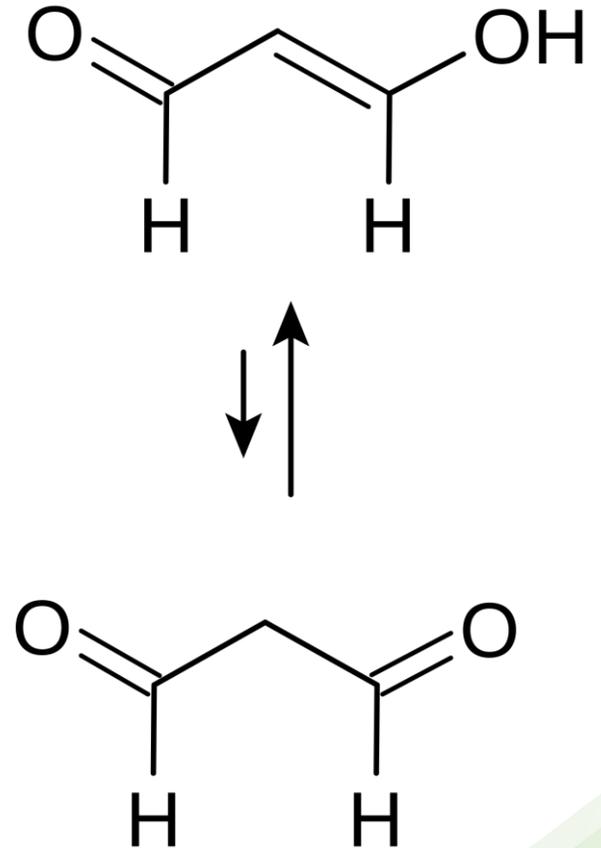
Polyacrylamide treated groups	Control Group	G1 (0.018 g/l)	G2 (0.03 g/l)	G3 (0.09 g/l)
Weight (g)	60.54 ± 0.23 ^a	59.32 ± 0.31 ^b	58.81 ± 0.28 ^c	58.24 ± 0.24 ^c
Length (cm)	16.38 ± 0.41 ^a	16.43 ± 0.29 ^a	16.43 ± 0.23 ^a	16.42 ± 0.23 ^a
Gill (Absolute)	2.11 ± 0.08 ^a	2.01 ± 0.1 ^a	1.93 ± 0.08 ^{ab}	1.85 ± 0.07 ^b
Gill (Relative)	3.46 ± 0.15 ^a	3.41 ± 0.12 ^a	3.37 ± 0.13 ^{ab}	3.32 ± 0.13 ^b
Liver (Absolute)	0.85 ± 0.02 ^a	0.82 ± 0.02 ^b	0.79 ± 0.03 ^{bc}	0.76 ± 0.01 ^c
Liver (Relative)	1.39 ± 0.018 ^a	1.28 ± 0.015 ^{ab}	1.24 ± 0.015 ^{ab}	1.24 ± 0.024 ^b
Intestine (Absolute)	1.66 ± 0.007 ^a	1.63 ± 0.005 ^a	1.63 ± 0.009 ^b	1.59 ± 0.014 ^c
Intestine (Relative)	2.73 ± 0.015 ^a	2.68 ± 0.008 ^a	2.64 ± 0.014 ^b	2.65 ± 0.017 ^c

C: control group, G1: low dose (0.018 g/l), G2: medium dose (0.03 g/l), G3: high dose (0.09 g/l).



MALONDIALDEIDE

- Il ruolo della malondialdeide (MDA) è quello di segnalare la fase finale delle reazioni innescate dalle specie reattive dell'ossigeno.
- L'aumento della concentrazione di malondialdeide è un indicatore di tossicità causata dai radicali liberi.



EFFETTI SULLA FUNZIONALITÀ FISIOLOGICA

I principali effetti osservati sono:

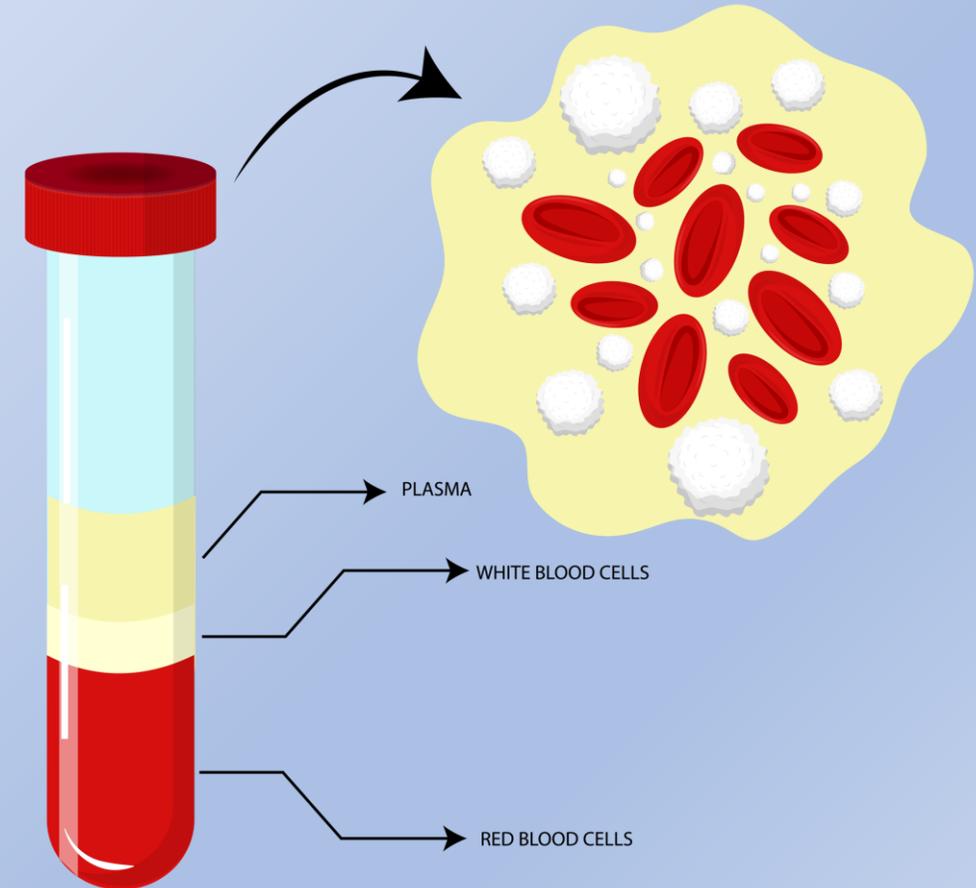
- Aumento dell'attività malondialdeide e del perossido lipidico nelle branchie
- Diminuzione della catalasi
- Squilibrio ormonale
- Perturbazione endocrina
- Disturbi comportamentali
- Stress epatico
- Tossicità genomica
- Necrosi
- Cambiamenti nel tasso metabolico
- Ridotta attività enzimatica
- Coagulazione ematica



EFFETTI SUI PARAMETRI EMATOLOGICI

Sono stati riscontrati:

- Aumento dei globuli bianchi
- Diminuzione dei globuli rossi
- Diminuzione del livello di emoglobina
- Diminuzione della conta delle piastrine
- Aumento dei livelli di urea
- Aumento dei livelli di creatinina
- Aumento dei livelli di alanina aminotransferasi (ALT)
- Aumento dei livelli di aspartato transaminasi (AST)



STUDIO ISTOPATOLOGICO

I cambiamenti istopatologici nei tessuti animali sono indicatori affidabili e diretti dei rischi ambientali.



ANALISI DELLE BRANCHE

- Vacuolizzazione
- Edema
- Aneurisma
- Iperplasia
- Degenerazione delle cellule epiteliali e delle cellule eritrocitarie
- Necrosi
- Congestione
- Curvatura
- Degenerazione della punta

ANALISI DEL FEGATO

- Rottura della membrana degli epatociti
- Vasi sanguigni congestionati
- Nuclei degenerati
- Cellule epatiche ipertrofiche
- Ipertrofia
- Iperplasia delle cellule dei dotti biliari



ANALISI DELL'INTESTINO

- Cellule epiteliali intestinali rotte
- Lume bloccato
- Abbondanti cellule caliciformi
- Parete sottile dei villi
- Rigonfiamento delle cellule caliciformi
- Mucosa rigonfia





EFFETTI SUL SUOLO

Gli effetti negativi delle MP su lombrichi, microrganismi e vegetazione sono già stati dimostrati in una serie di studi.

Le MP nel suolo influenzano non solo le qualità fisiche e chimiche del suolo, ma anche i microbi e la sicurezza alimentare di molti animali e umani.



I lombrichi sono impiegati come **BIOINDICATORI** per valutare la salute e la contaminazione del suolo. Inoltre, sono spesso considerati "**INGEGNERI DELL'ECOSISTEMA**" e svolgono un'influenza significativa nel determinare la fertilità del suolo.



COME LE MICROPLASTICHE ENTRANO NEL SUOLO?

FONTI di MP nel suolo:

- Fanghi di depurazione delle acque reflue
- Degradazione di oggetti in plastica

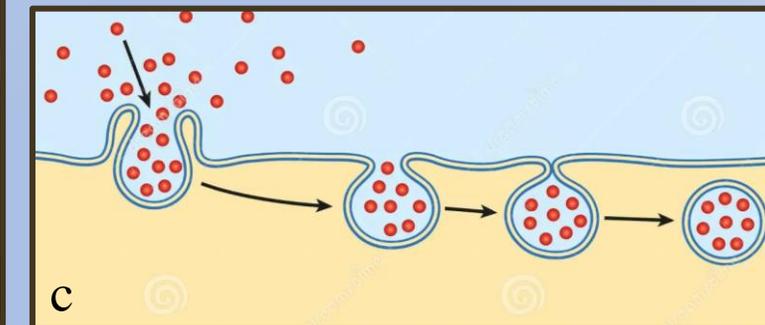
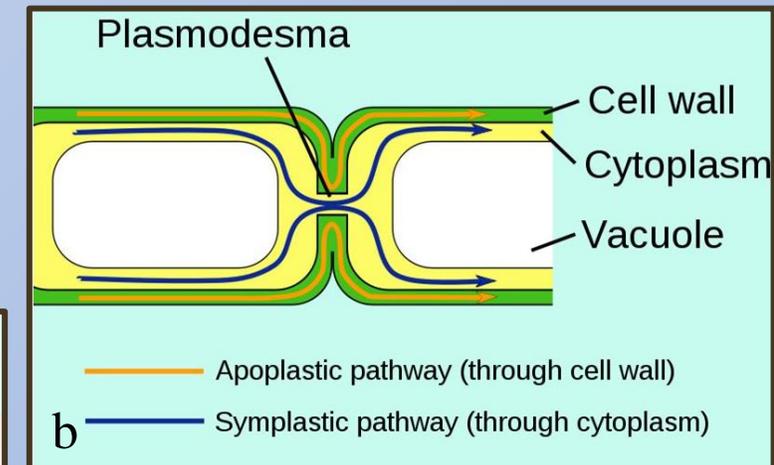
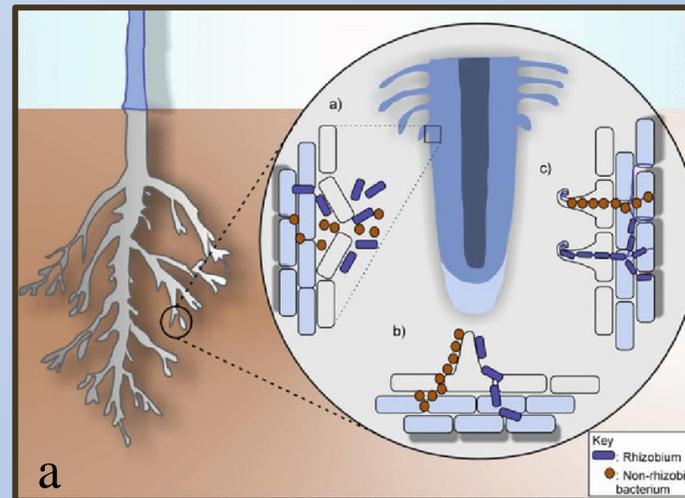


FATTORI che promuovono l'interazione tra MP e piante:

- Dimensione delle MP
- Specie della pianta
- Apparato radicale

MECCANISMI di ingresso delle MP nelle piante:

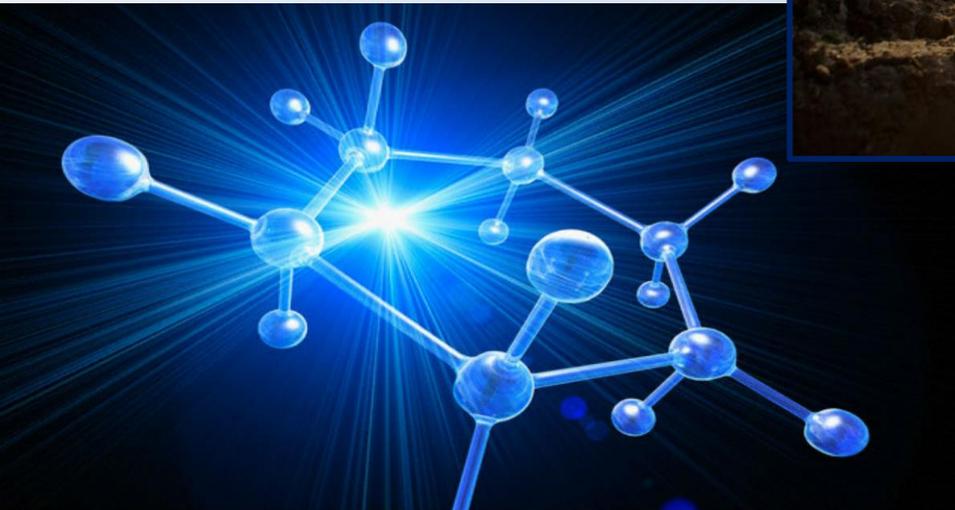
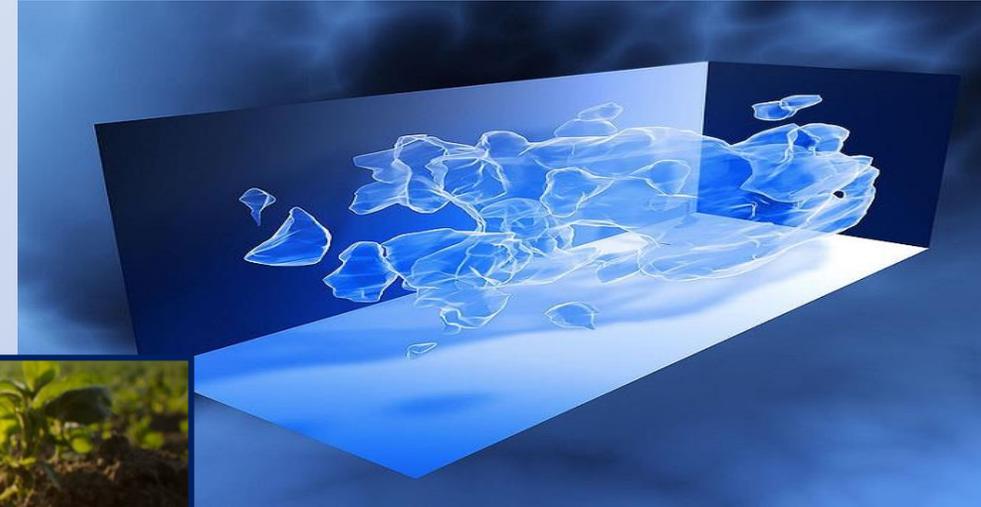
- Crack-Entry Mechanism (figura a)
- Trasporto apoplastico (figura b)
- Endocitosi (figura c)



EFFETTI FISICI E CHIMICI SUL SUOLO

Tra gli **EFFETTI FISICI** abbiamo:

- Variazione della densità
- Formazione di aggregati
- Influenza sulla stabilità dell'acqua
- Alterazione della capacità di trattenere acqua



Tra gli **EFFETTI CHIMICI** abbiamo:

- Alterazione del pH
- Influenza sulla disponibilità di nutrienti
- Influenza sui cicli biogeochimici

EFFETTI SULLE PIANTE



Le MP possono alterare:

○ **QUALITÀ**, quali:

- Umidità
- Densità
- Struttura
- Concentrazione dei nutrienti

○ **CAPACITÀ**, quali:

- Assorbimento dei nutrienti
- Sviluppo delle radici

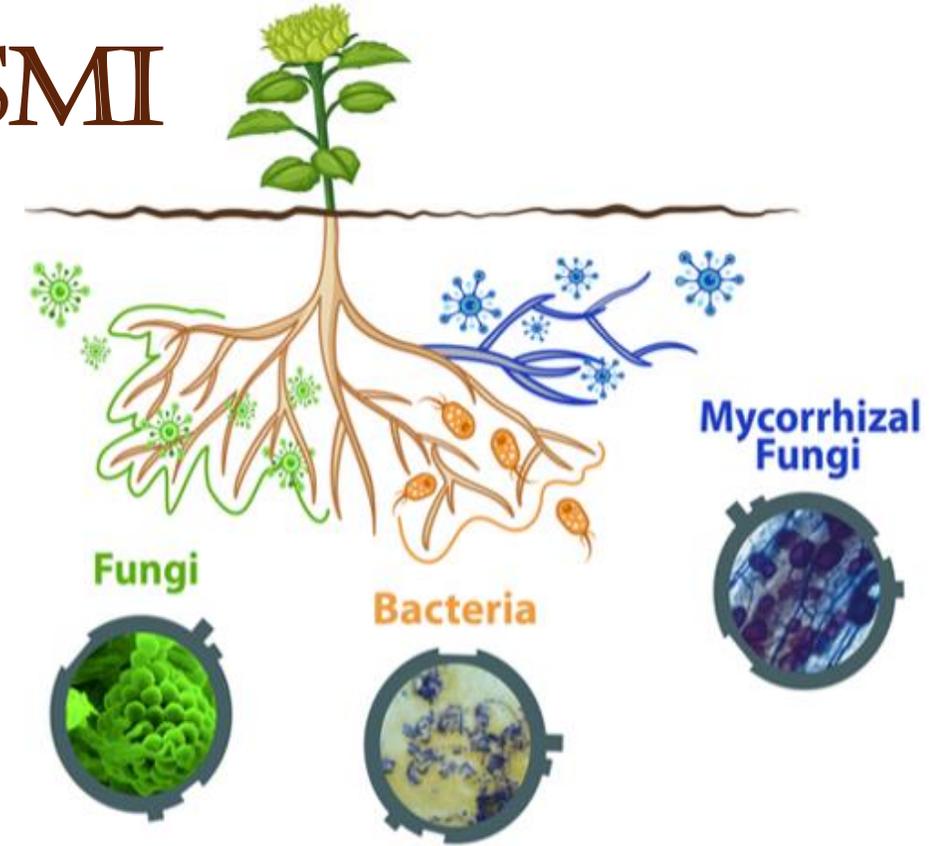
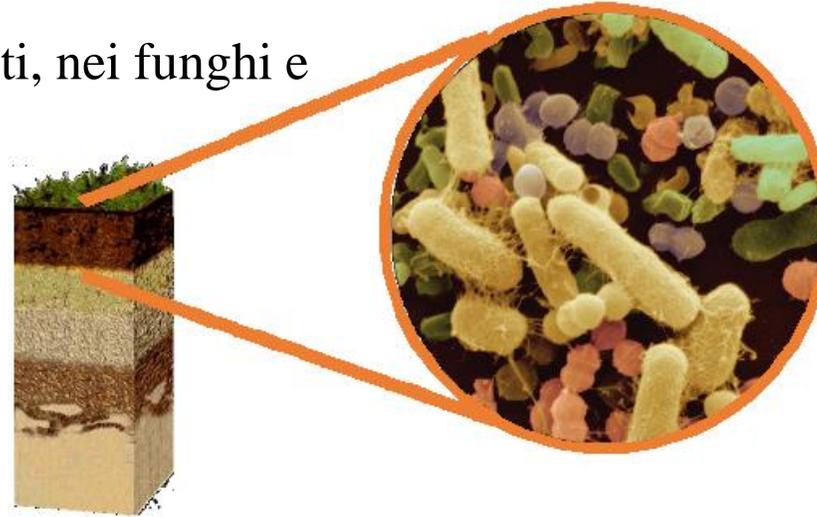
È interessante notare il legame tra MP e crescita delle radici poiché le MP alterano la struttura sia chimica che fisica del suolo, che a sua volta crea le condizioni ideali per la crescita delle radici, ma l'interazione del suolo con le MP causano una diminuzione della crescita delle radici.

Le microfibre possono ridurre la densità del suolo, migliorandone l'aerazione e favorire la penetrazione delle radici, ma potrebbero anche aggrovigliarle impedendo la crescita della piantina.

EFFETTI SUI MICRORGANISMI

Le MP posso alterare nei lieviti, nei funghi e nei batteri:

- Distribuzione
- Abbondanza



Essendo i microrganismi essenziali per la fertilità del suolo, la loro contaminazione da MP porta ad alterazioni degli ecosistemi del suolo.

Si è visto come anche il MICROBIOTA di animali del suolo venga impattato dalle MP, causando implicazioni per la salute di questi ultimi.

EFFETTI SUI LOMBRICHI

Le MP a base di POLISTIRENE (PES-MPS) hanno effetti genotossici e influenzano il numero di geni espressi nei lombrichi.



L'esposizione alle MP a base di polietilene a bassa densità (LDPE-MP) provoca stress ossidativo nei lombrichi.

Inoltre, le LDPE-MP possono provocare danni tissutali a seguito del contatto o dell'ingestione, come:

- Ulcere cutanee
- Danni alle mucose





EFFETTI SULLA SALUTE



"MICROPLASTICHE NELLA CATENA ALIMENTARE: PERICOLI E IMPATTI SULLA SALUTE UMANA"



Le vie attraverso le quali il corpo umano è esposto alle microplastiche sono:

- inalazione
- ingestione
- contatto dermico

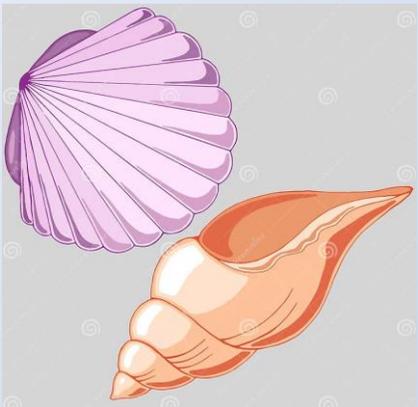
Una persona in media ingerisce tramite gli alimenti, sia di origine vegetale che animale, circa 39.000-52.000 particelle di microplastiche all'anno.

La presenza di microplastiche è stata rilevata in vari prodotti di consumo, tra cui l'acqua minerale potabile, sale da cucina, zucchero, miele, cibo in scatola e molto altro.

"MICROPLASTICHE NELLA CATENA ALIMENTARE: PERICOLI E IMPATTI SULLA SALUTE UMANA"

Piccole particelle di plastica, in particolare quelle di polistirene (PS) e cloruro di polivinile (PVC) di dimensioni inferiori a 150 μm , possono spostarsi dall'intestino nel flusso sanguigno quando gli esseri umani consumano **frutti di mare**.

Tutto conferma l'ingresso e la presenza di microplastiche nel sistema umano, con studi che rilevano microplastiche nelle feci umane.

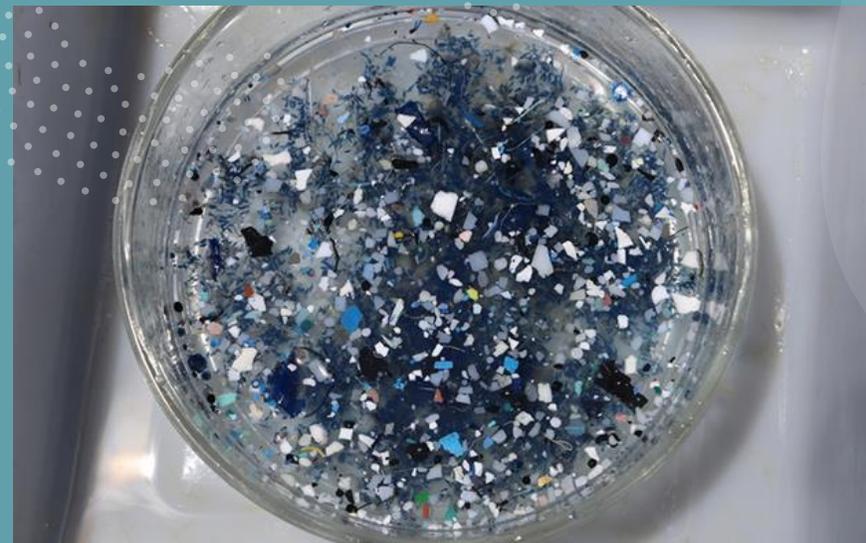


Ma nonostante ciò le persone assorbono più plastica inalando o ingerendo minuscole fibre plastiche invisibili che si librano nell'aria circostante, rispetto a quella contenuta nelle cozze stesse.

COME LE EVIDENZIAMO?

Tramite uno studio in vitro, i ricercatori possono esporre le cellule o i tessuti biologici a diverse concentrazioni di microplastiche e monitorare gli effetti risultanti.

Tramite studi condotti su modelli animali, gli scienziati hanno evidenziato un ruolo delle MP e delle NP nell'alterazione della frequenza cardiaca e inoltre possono promuovere lo stress ossidativo e infiammazioni.





QUALI SONO I DANNI?

Recenti studi hanno evidenziato la presenza delle nanoplastiche soprattutto a livello dei polmoni, i quali vengono esposti a 26-130 particelle al giorno.

Infatti l'analisi riportata sul New England Journal ha dimostrato la presenza di particelle di polietilene (PE) e di polivinilcloruro (PVC) nei polmoni, che sono plastiche utilizzate per realizzare prodotti che vanno dai contenitori ai rivestimenti, dalle pellicole a materiali per l'edilizia.

Comportano una maggiore instabilità delle placche aterosclerotiche e quindi un maggior rischio che si rompano provocando così infarti o ictus



ORIGINAL ARTICLE



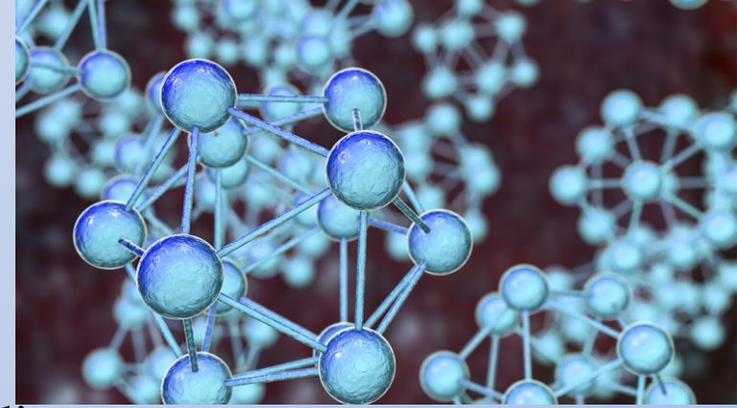
Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events

Authors: Raffaele Marfella, M.D., Ph.D. , Francesco Prattichizzo, Ph.D., Celestino Sardu, M.D., Ph.D., Gianluca Fulgenzi, Ph.D., Laura Graciotti, Ph.D., Tatiana Spadoni, Ph.D., Nunzia D'Onofrio, Ph.D., , and Giuseppe Paolisso, M.D. [Author Info & Affiliations](#)

Published March 6, 2024 | N Engl J Med 2024;390:900-910 | DOI: 10.1056/NEJMoa2309822 | [VOL. 390 NO. 10](#)

Per esplorare ulteriormente se le MP e le NP siano presenti all'interno della placca aterosclerotica e se il loro carico sia associato alle malattie cardiovascolari, è stata condotta un'analisi su campioni di placca arteriosa carotidea. Questo studio ha utilizzato la pirolisi-gascromatografia-spettrometria di massa, l'analisi degli isotopi stabili e la microscopia elettronica per valutare la presenza di MP e NP. Successivamente, è stata valutata l'associazione tra la presenza di queste particelle e un endpoint composito di infarto miocardico, ictus o morte per qualsiasi causa.

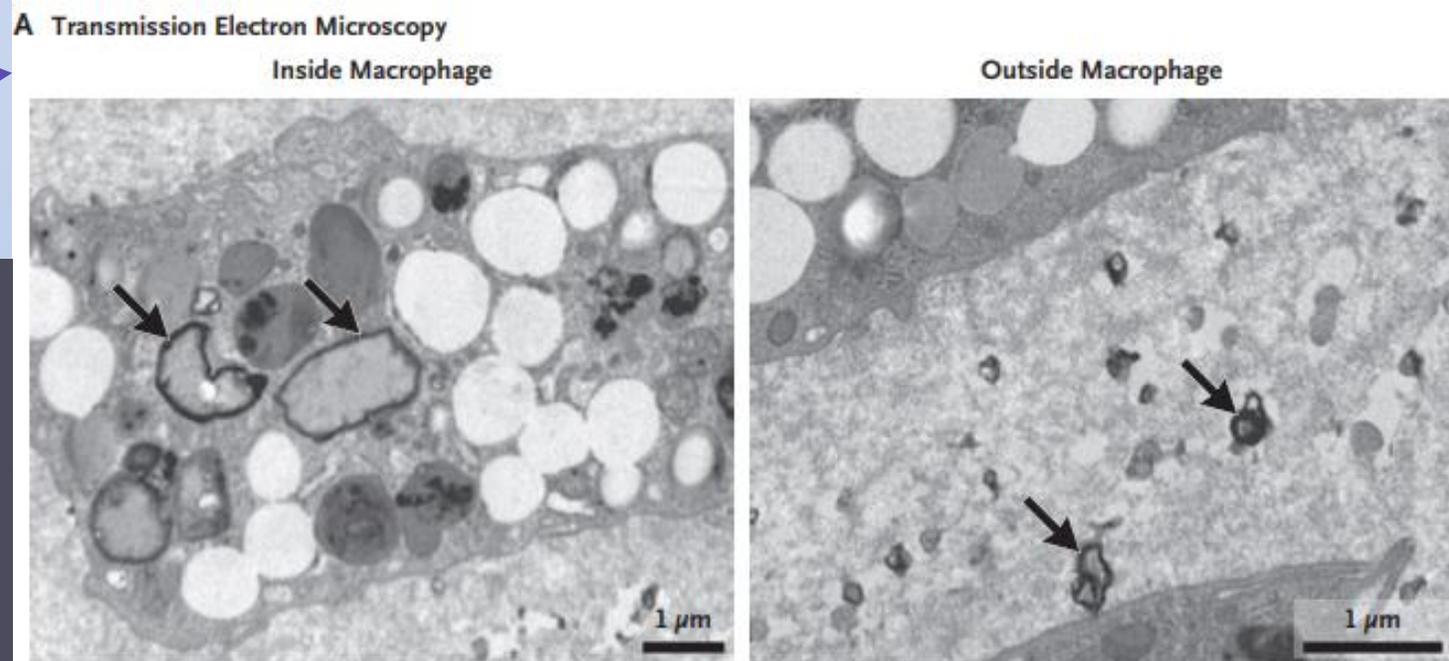
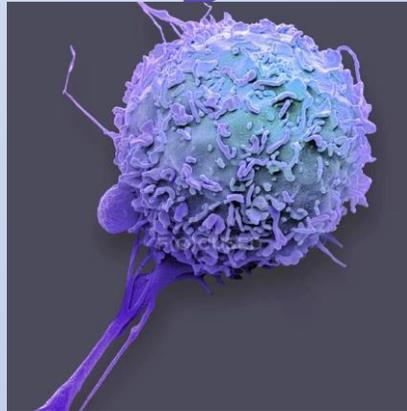
MICROSCOPIA ELETTRONICA A TRASMISSIONE



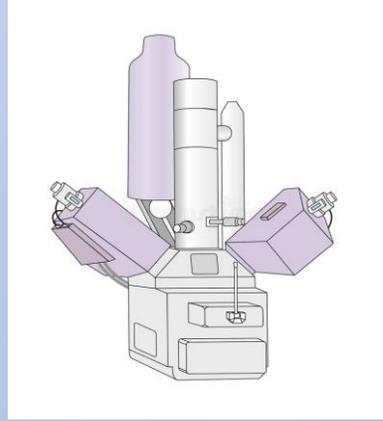
Per convalidare i risultati ottenuti con la pirolisi-gascromatografia-spettrometria di massa e per ottenere informazioni preliminari sulle dimensioni delle particelle di microplastiche (MNP), sono stati valutati campioni di placca positivi sia per il polietilene che per il cloruro di polivinile da 10 pazienti selezionati in modo casuale utilizzando la microscopia elettronica a trasmissione e la microscopia elettronica a scansione. Le particelle sono state riscontrate all'interno dei macrofagi schiumosi presenti nella placca ateromasi.

➤ Lo studio non è stato progettato specificamente per esplorare le possibili fonti di plastica alla base della presenza di MNP all'interno della placca carotidea.

➤ Queste particelle erano quasi tutte più piccole di $1\ \mu\text{m}$.



MICROSCOPIA ELETTRONICA A SCANSIONE CON ELETTRONI RETRODIFFUSI

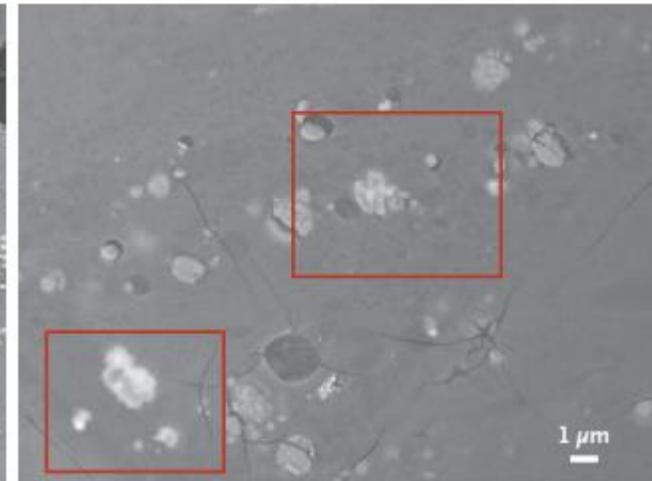
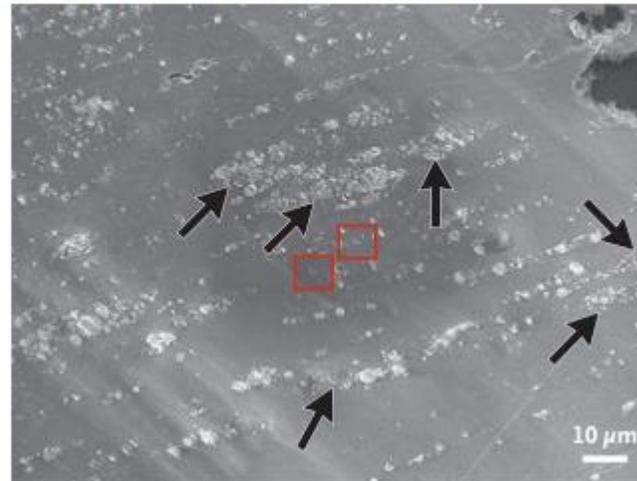


Osservando le stesse fette utilizzando gli elettroni retrodiffusi con la microscopia elettronica a scansione, sono state create mappe spettrali a raggi X di alcune particelle che assomigliavano a quelle osservate al microscopio elettronico a trasmissione per quanto riguarda le dimensioni e la forma. Queste mappe hanno fornito evidenza di una riduzione della presenza di carbonio e ossigeno nei campioni di placca e di una maggiore presenza di cloro.

Data la probabile natura non biologica del cloro allo stato solido, questi risultati possono confermare la presenza di depositi di cloruro di polivinile →



B Scanning Electron Microscopy Using Back-Scattered Electrons



I RISULTATI

I risultati riguardano solo una popolazione di pazienti asintomatici sottoposti a endoarteriectomia carotidea, che potrebbero non essere rappresentativi della popolazione generale. Pertanto, i risultati potrebbero non essere generalizzabili. Non è stato esplorato le variabili del cibo e dell'acqua potabile, che possono essere collegate all'accumulo di MNP negli esseri umani.



RESULTS



Tuttavia, i risultati di questo studio mostrano che i pazienti con MNP che sono stati rilevati nella placca dell'arteria carotidea hanno un rischio maggiore di un endpoint composito di infarto miocardico, ictus o morte

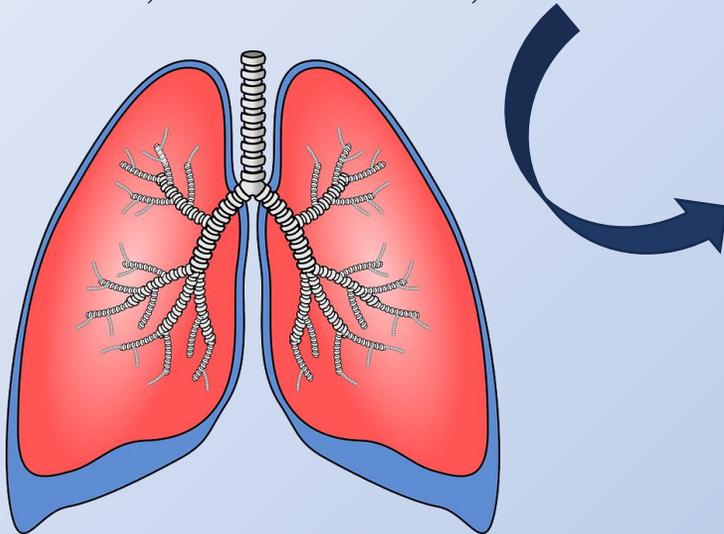
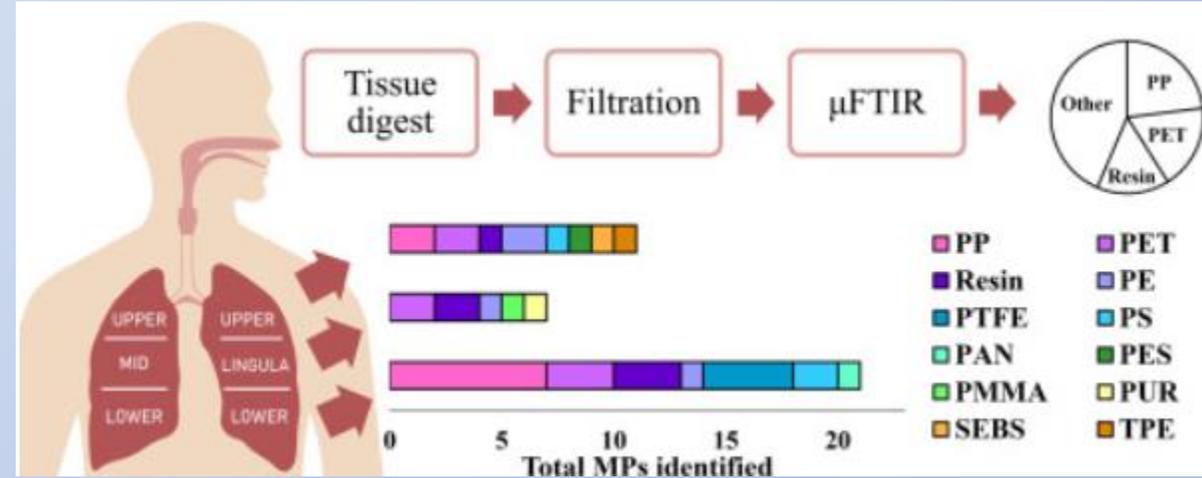
RILEVAMENTO DI MICROPLASTICHE NEL TESSUTO POLMONARE UMANO MEDIANTE SPETTROSCOPIA μ FTIR



Le fibre sintetiche sono state riscontrate all'interno di campioni di tessuto polmonare umano, infatti studi limitati confermano la presenza di MP all'interno dei polmoni insieme a strumenti di analisi chimica, come la spettroscopia μ Raman e μ FTIR

SPETTROSCOPIA μ FTIR

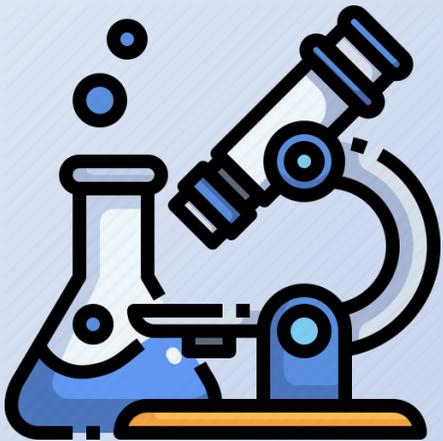
- Il processo di digestione e filtrazione del tessuto polmonare è stato eseguito seguendo rigorose procedure per garantire la rimozione delle particelle organiche mantenendo l'integrità delle microplastiche. I campioni digeriti (con perossido di idrogeno H_2O_2) sono stati filtrati su filtri all'ossido di alluminio utilizzando un sistema di filtrazione sottovuoto in vetro. Questi filtri sono stati conservati al buio prima dell'analisi.
- L'analisi spettroscopica μ FTIR è stata condotta in modalità di trasmissione raffreddata ad azoto liquido (Nicolet iN10, ThermoFisher, Waltham MA, U.S.A.).



Il rivelatore raffreddato al tellururo di mercurio-cadmio (MCT) ha permesso l'analisi accurata di particelle di dimensioni fino a $3 \mu m$ tutte le particelle $>3 \mu m$ sono state incluse nel processo di analisi, e sono stati utilizzati intervalli spettrali completi con una soglia di corrispondenza $\geq 70\%$.

PREVENZIONE

Per garantire la qualità dei risultati e ridurre al minimo la contaminazione da MP di fondo, sono state adottate rigorose misure di controllo durante tutte le fasi del processo. Queste misure includono la pulizia accurata di tutte le attrezzature e dei reagenti, l'utilizzo di filtri e materiali in vetro, il lavoro in una cappa chimica pulita e la manipolazione singola dei campioni di tessuto per evitare la contaminazione incrociata. Sono stati eseguiti anche controlli dei bianchi procedurali e dei bianchi di laboratorio per tenere conto della contaminazione durante la manipolazione e l'analisi dei campioni.

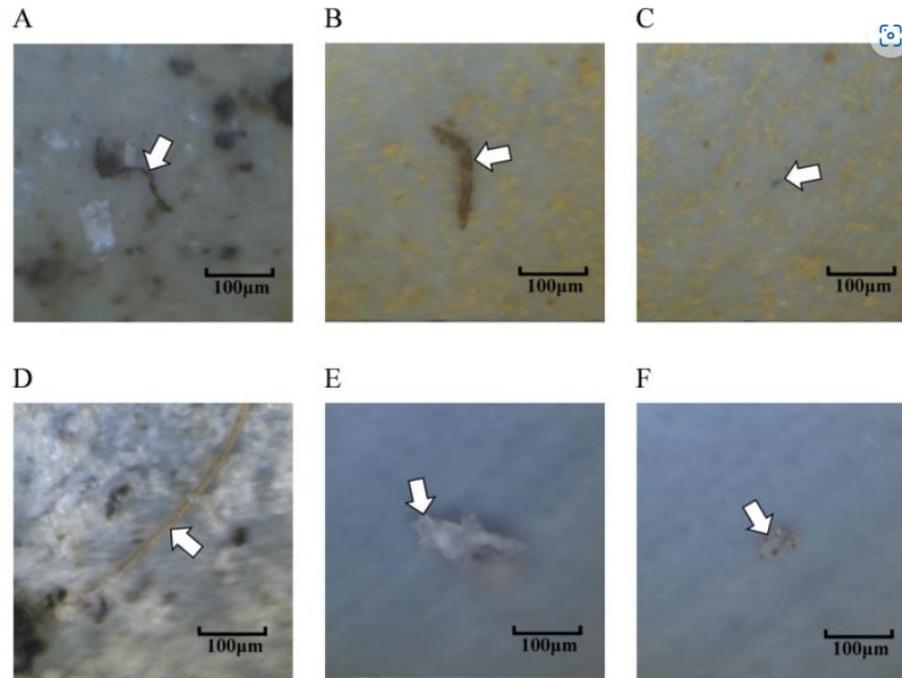


I RISULTATI

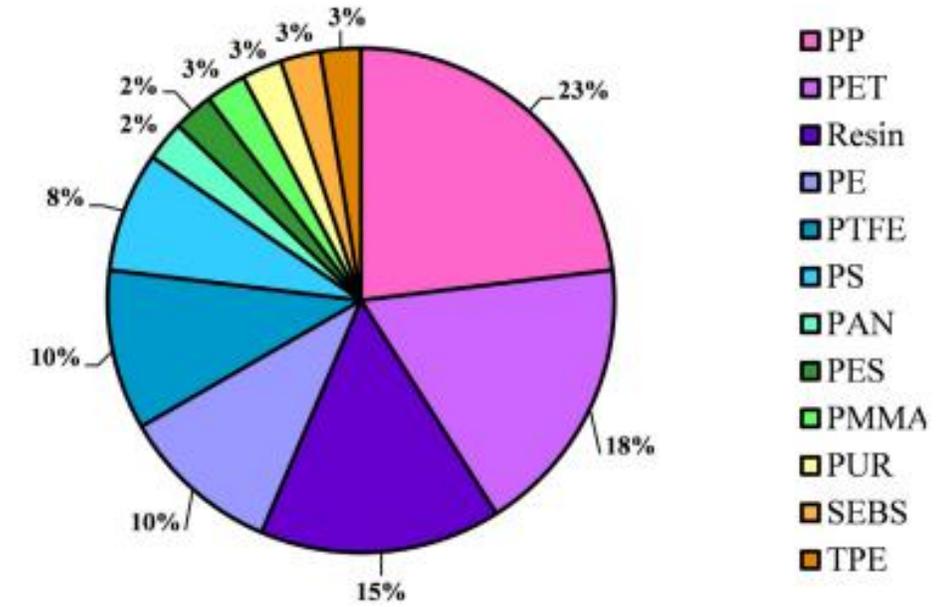
Un totale di 39 MP sono stati identificati all'interno di 11 dei 13 campioni di tessuto polmonare umano. Tutti le MP identificate all'interno dei campioni di tessuto erano fibre (19, 49%), frammenti (17, 43%) o film (3, 8%).



Figura 1. Tipi di polimeri (A) e forme (B) delle MP identificate all'interno di campioni di tessuto polmonare.



A



B

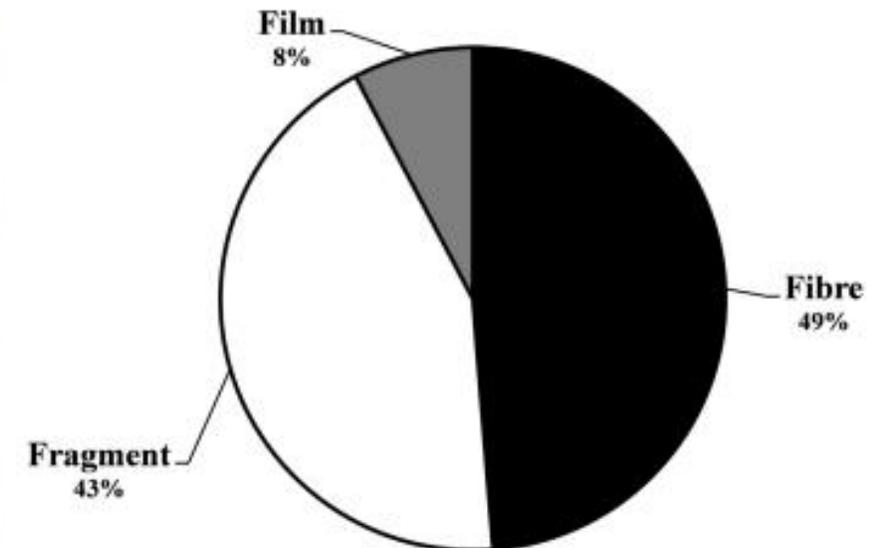
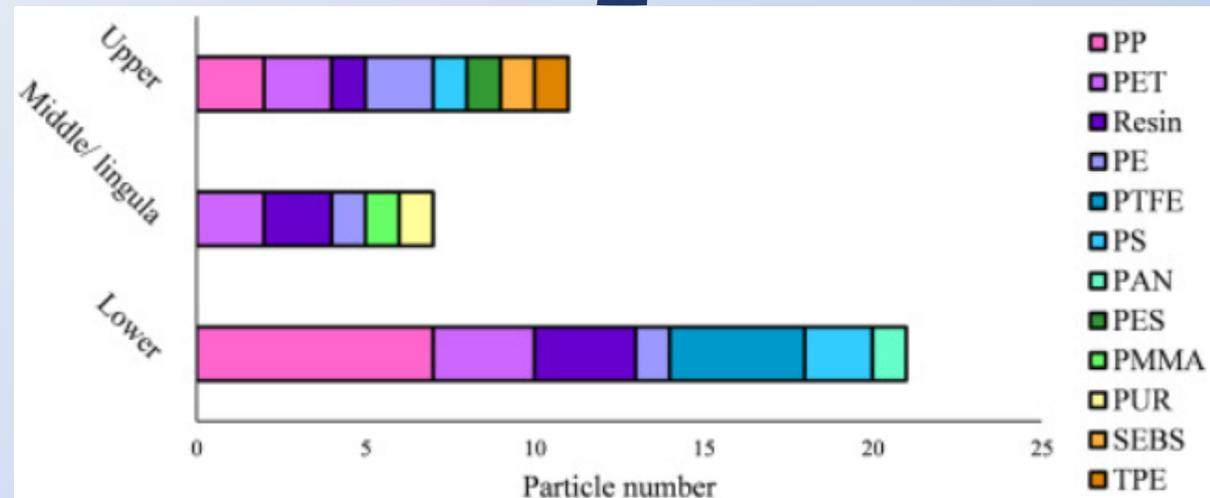
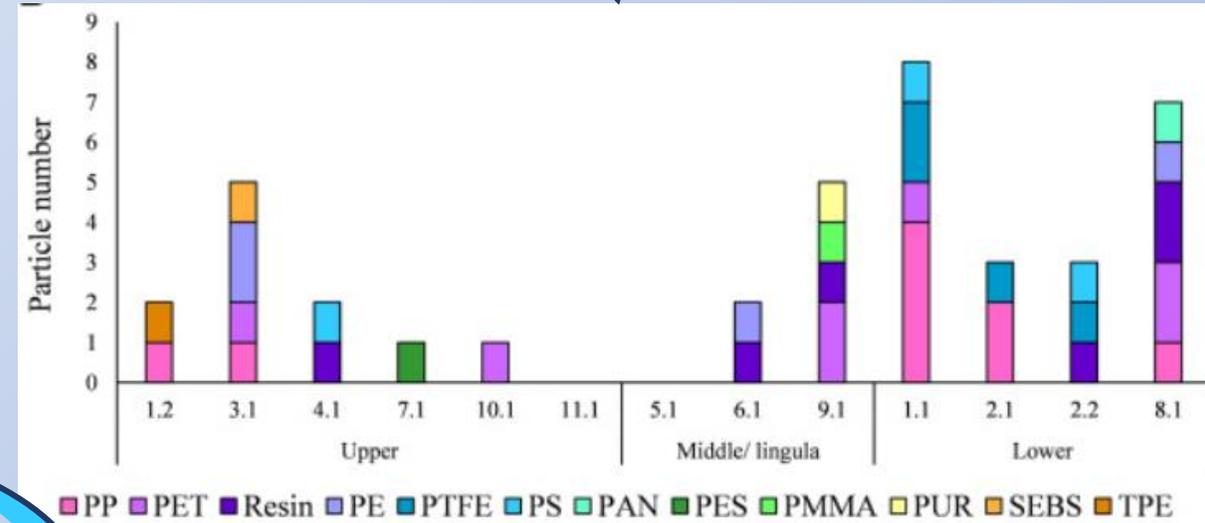


Fig. 1. Polymer types (A) and shapes (B) of the MPs identified within lung tissue samples.

I RISULTATI

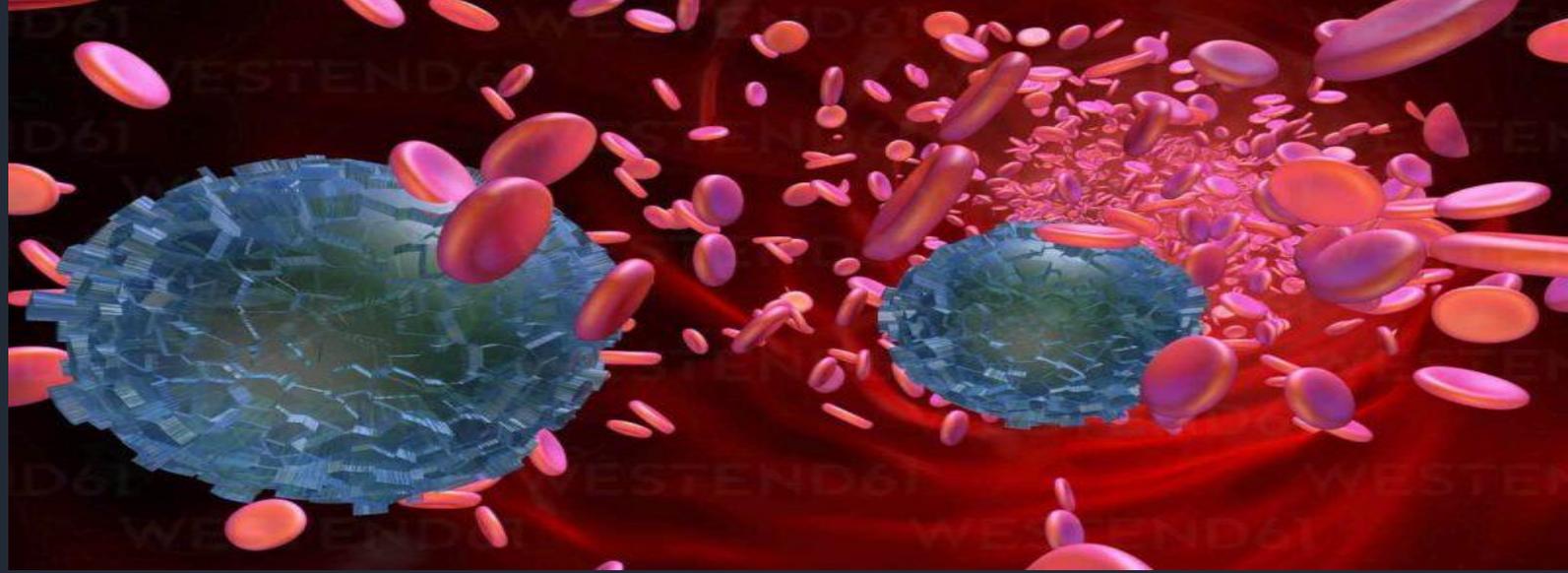
Le MP sono state identificate all'interno di tutte le regioni del polmone. I dati non sono stati distribuiti normalmente e un test di Kruskal-Wallis ha mostrato che il numero di MP nella regione inferiore del polmone era significativamente superiore.

Questo studio fornisce evidenze della presenza di microplastiche (MP) nei tessuti polmonari.



- I polimeri più comuni erano polipropilene (PP), tereftalato di polietilene (PET), resina e polietilene (PE).
- Il metodo di analisi delle MP ha rivelato la presenza di MP fibrose e frammentate, con dimensioni comprese tra 23 μm e 315 μm .
- Ma sono state identificate anche MP di dimensioni inferiori a 10 μm , con la più piccola avente una lunghezza di 14 μm e una larghezza di 4 μm .

QUALI SONO I DANNI?



Le MP possono accumularsi nel corpo, portando a stress ossidativo, danni al DNA, reazioni immunitarie e un aumento del rischio di cancro, malattie respiratorie.

Le particelle molto fini sono in grado di attraversare le membrane cellulari, la barriera emato-encefalica e la placenta, fino addirittura ad arrivare al sangue.



**ESPOSIZIONE ALLE MICROPLASTICHE:
IMPLICAZIONI PER LA FERTILITÀ UMANA,
LA GRAVIDANZA E LA SALUTE DEL BAMBINO**

Microplastics exposure: implications for human fertility, pregnancy and child health

[Rewa E. Zurub](#),¹ [Yusmaris Cariaco](#),¹ [Michael G. Wade](#),² and [Shannon A. Bainbridge](#)^{✉1,3,*}

▶ [Author information](#) ▶ [Article notes](#) ▶ [Copyright and License information](#) [PMC Disclaimer](#)

Abstract

[Go to:](#) ▶

Plastics found in our everyday environment are becoming an increasing concern for individual and population-level health, and the extent of exposure and potential toxic effects of these contaminants on numerous human organ systems are becoming clear. Microplastics (MPs), tiny plastic particles, appear to have many of the same biological effects as their plastic precursors and have the compounded effect of potential accumulation in different organs. Recently, microplastic accumulation was observed in the human placenta, raising important questions related to the biological effects of these contaminants on the health of pregnancies and offspring. These concerns are particularly heightened considering the developmental origins of health and disease (DOHaD) framework, which postulates that *in utero* exposure can programme the lifelong health of the offspring. The current review examines the state of knowledge on this topic and highlights important avenues for future investigation.

LE FASI DELLA SPERIMENTAZIONE

1. **Prelievo e raccolta della placenta dopo il parto.**

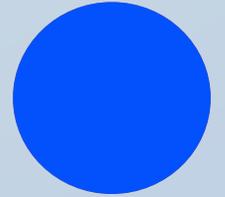
La placenta viene posizionata in un contenitore metallico e sezionata in tre diverse porzioni (materna, fetale e corionamniotica).

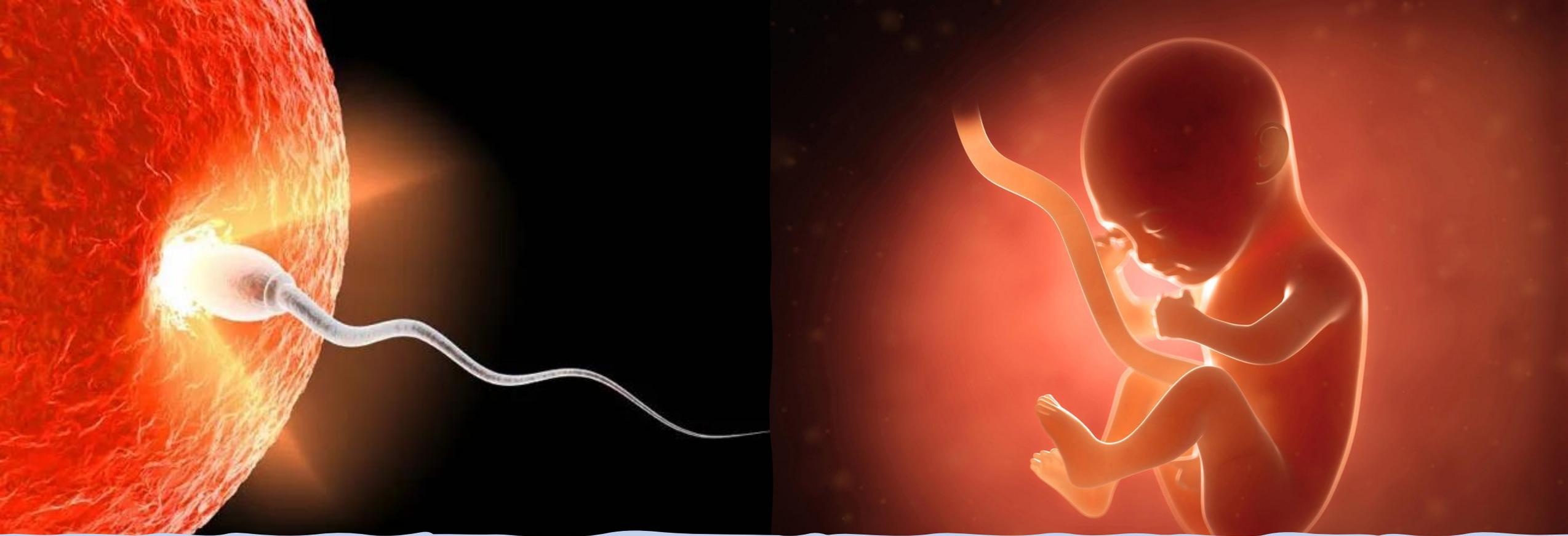
2. **Digestione e filtrazione dei campioni.**

Viene somministrata una soluzione di idrossido di potassio KOH in rapporto 1:8.

3. **Analisi attraverso la spettroscopia Raman.**

Questa tecnica di spettroscopia molecolare sfrutta l'interazione di una molecola con la luce per ottenere informazioni sulle vibrazioni intra- e inter- molecolari utili per l'identificazione di una sostanza.





EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE ALLE
MICROPLASTICHE SULLA
FERTILITA' DEI MAMMIFERI

EFFETTI SULLA FERTILITA' NEI MASCHI ADULTI

- Riduzione della quantità e della qualità dello sperma
- Ridotta produzione di androgeni testicolari
- Riduzione dei livelli circolanti di testosterone
- Implicazioni nella funzione dei testicoli.



EFFETTI SULLA FERTILITA' NEI MASCHI ADULTI

Gli additivi comuni trovati all'interno delle microplastiche possono indurre alterazioni nei modelli di metilazione del DNA, nelle modifiche degli istoni e nell'espressione di RNA non codificante all'interno della linea germinale. Questi cambiamenti possono interrompere la normale programmazione epigenetica durante la spermatogenesi, portando ad una fertilità compromessa.





EFFETTI SULLA FERTILITA' NELLE FEMMINE ADULTE

Riduzioni delle concentrazioni circolanti di:

- Estradiolo (E2)
- Ormone antimulleriano (AMH)

Aumento delle concentrazioni di:

- Ormone luteinizzante (LH)
- Ormone follicolo-stimolante (FSH)
- Testosterone.

EFFETTI SULLA FERTILITA' NELLE FEMMINE ADULTE

L'accumulo di microplastiche negli organi riproduttivi femminili e lo stress ossidativo risultante promuovono l'eccesso di proliferazione e fibrosi e si osservano prove di segnalazione pro-infiammatoria in questi tessuti esposti.



EFFETTI SULLA PLACENTA



Le femmine esposte alle microplastiche hanno la placenta più piccola, un numero ridotto di cellule contenenti glicogeno e vascolatura feto-placentare poco sviluppata. Anche il rimodellamento delle arterie a spirale uterine è compromesso, come il metabolismo degli aminoacidi, del glucosio e del colesterolo.



EFFETTI SULLA PLACENTA

- Compromissione della motilità cellulare.
- Compromissione della capacità di invasione.
- Espressione disregolata di geni e proteine.



EFFETTI SULLA PROGENIE



- Compromissione dello sviluppo degli organi fetali;
- Rapporto di peso feto-placentare ridotto;
- Restrizione della crescita fetale nell'ultima metà della gravidanza;
- Diminuzione della lunghezza del cordone ombelicale.



MICROPLASTICHE NEI TROMBI UMANI



[J Adv Res.](#) 2023 Jul; 49: 141–150.

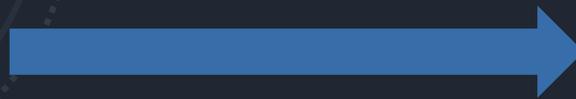
Published online 2022 Sep 15. doi: [10.1016/j.jare.2022.09.004](https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.09.004)

PMCID: PMC10334115

PMID: [36116710](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36116710/)

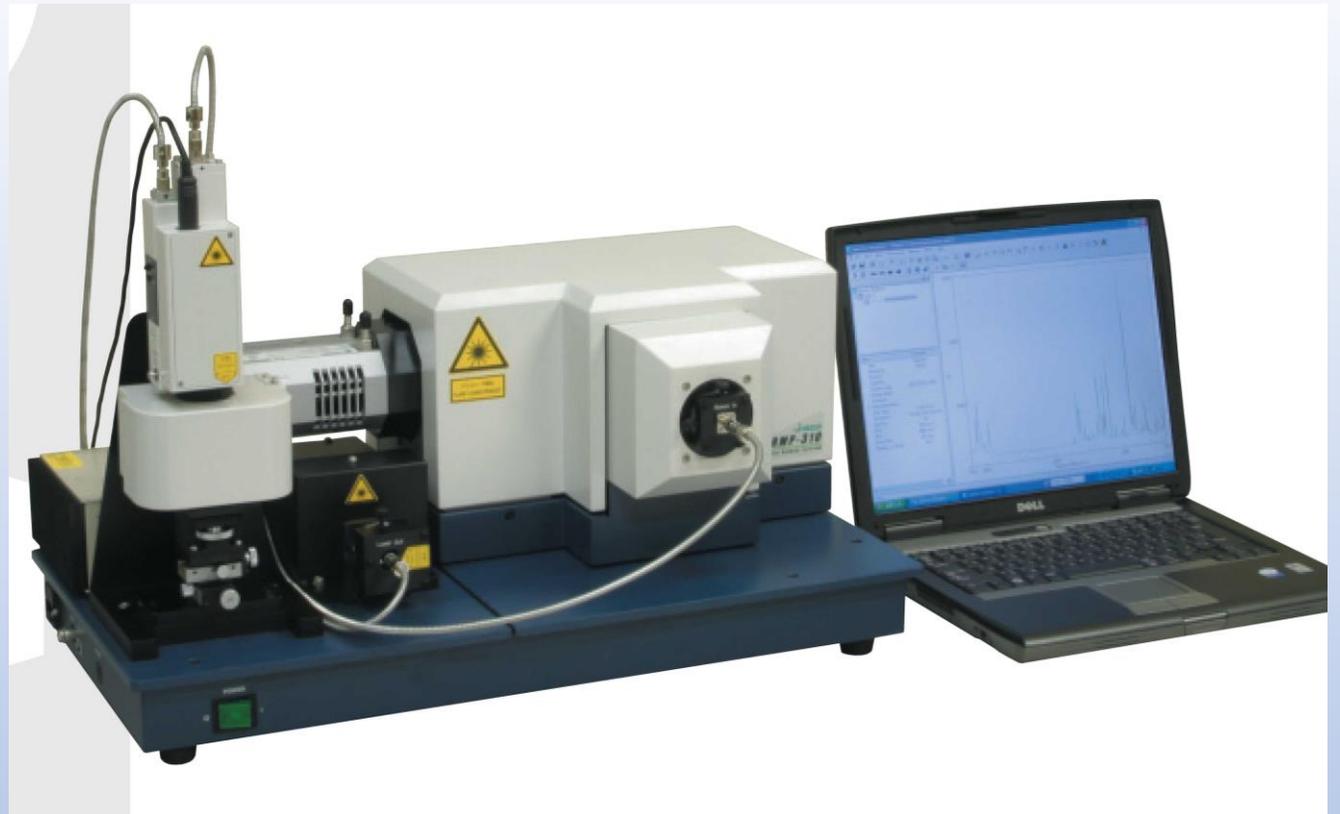
Pigment microparticles and microplastics found in human thrombi based on Raman spectral evidence

OBIETTIVO
DELLO
STUDIO

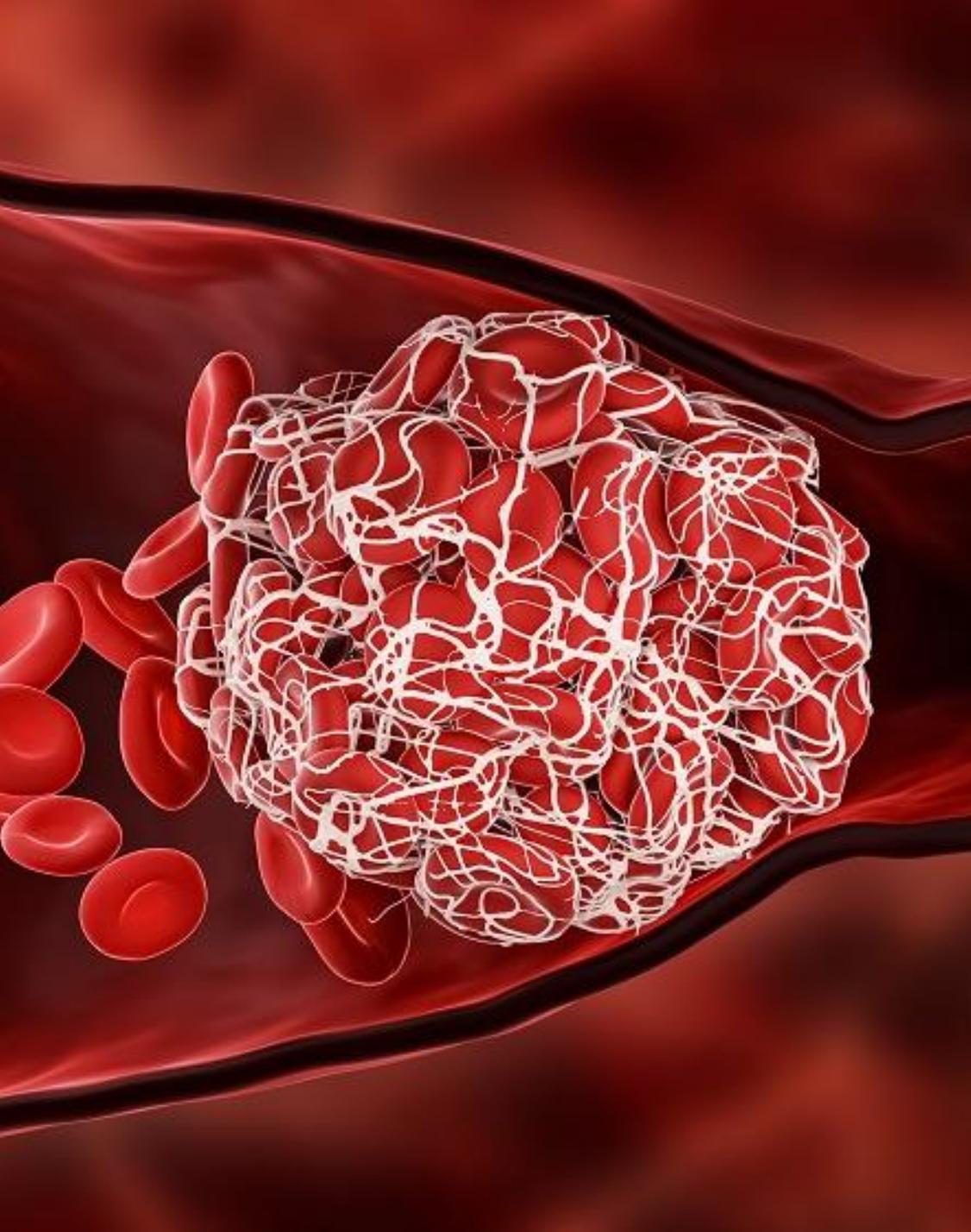


Esplorare l'accumulo di particelle ambientali nel trombo, la struttura patologica nel sistema di circolazione del sangue.

METODI

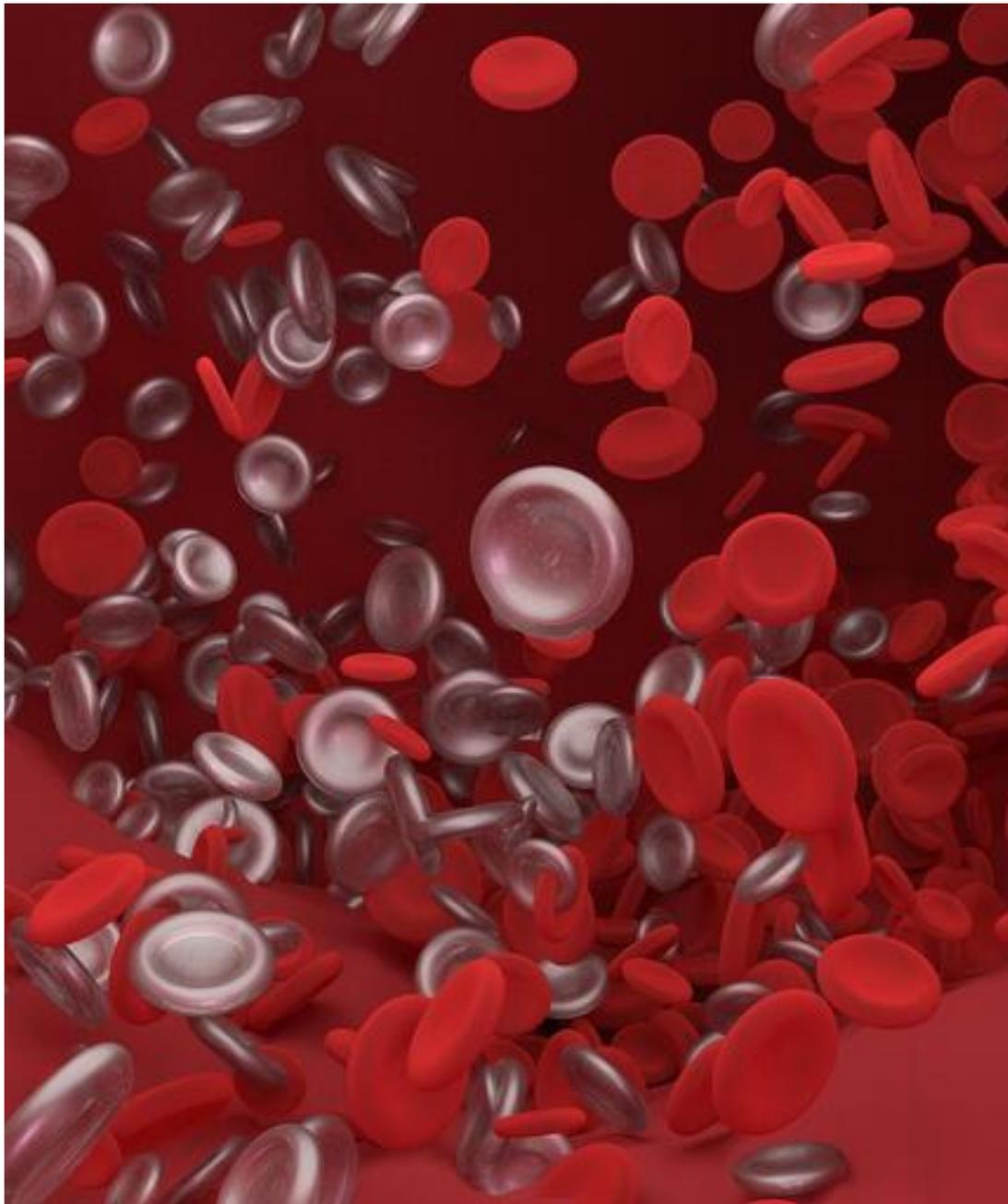


- I pazienti sottoposti a operazioni chirurgiche cardiovascolari sono stati sottoposti a screening e ventisei trombi sono stati raccolti e filtrati.
- Le microparticelle non solubili sono state analizzate e identificate con lo spettrometro Raman.



TROMBOSI

La trombosi è la causa comune di cardiopatia ischemica, ictus ischemico e tromboembolismo venoso; la causa eziologica potrebbe essere il danno endoteliale vascolare, l'ipercoagulabilità del sangue e il lento flusso sanguigno.



SPETTROSCOPIO RAMAN

Con la tecnica di misurazione ultra-precisa con lo spettroscopio Raman, particelle con un diametro maggiore di $1 \mu\text{m}$ hanno potuto essere rilevate ed è stato esplorato l'accumulo di microparticelle ambientali non solubili nei trombi.

CONTROLLO DI QUALITA'

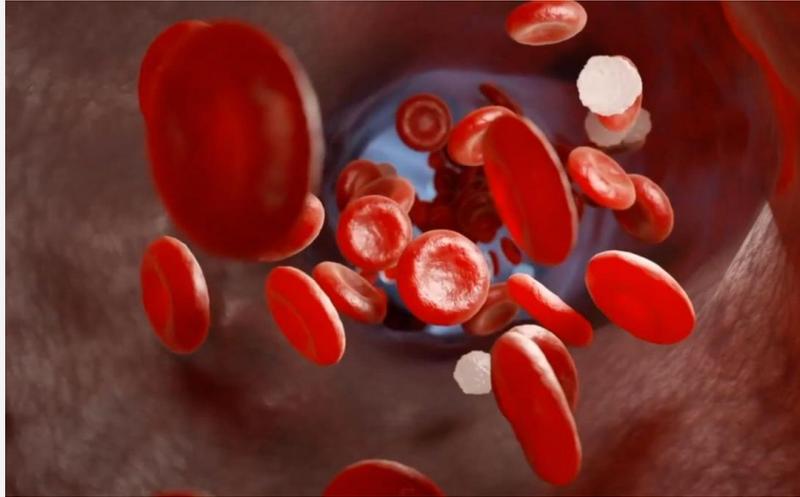
- Chirurgia;
- Raccolta e sigillatura dei campioni;
- Frammentazione del campione e aggiunta del reagente;
- Filtrazione e sigillatura della membrana del filtro;
- Rilevamento a bordo.





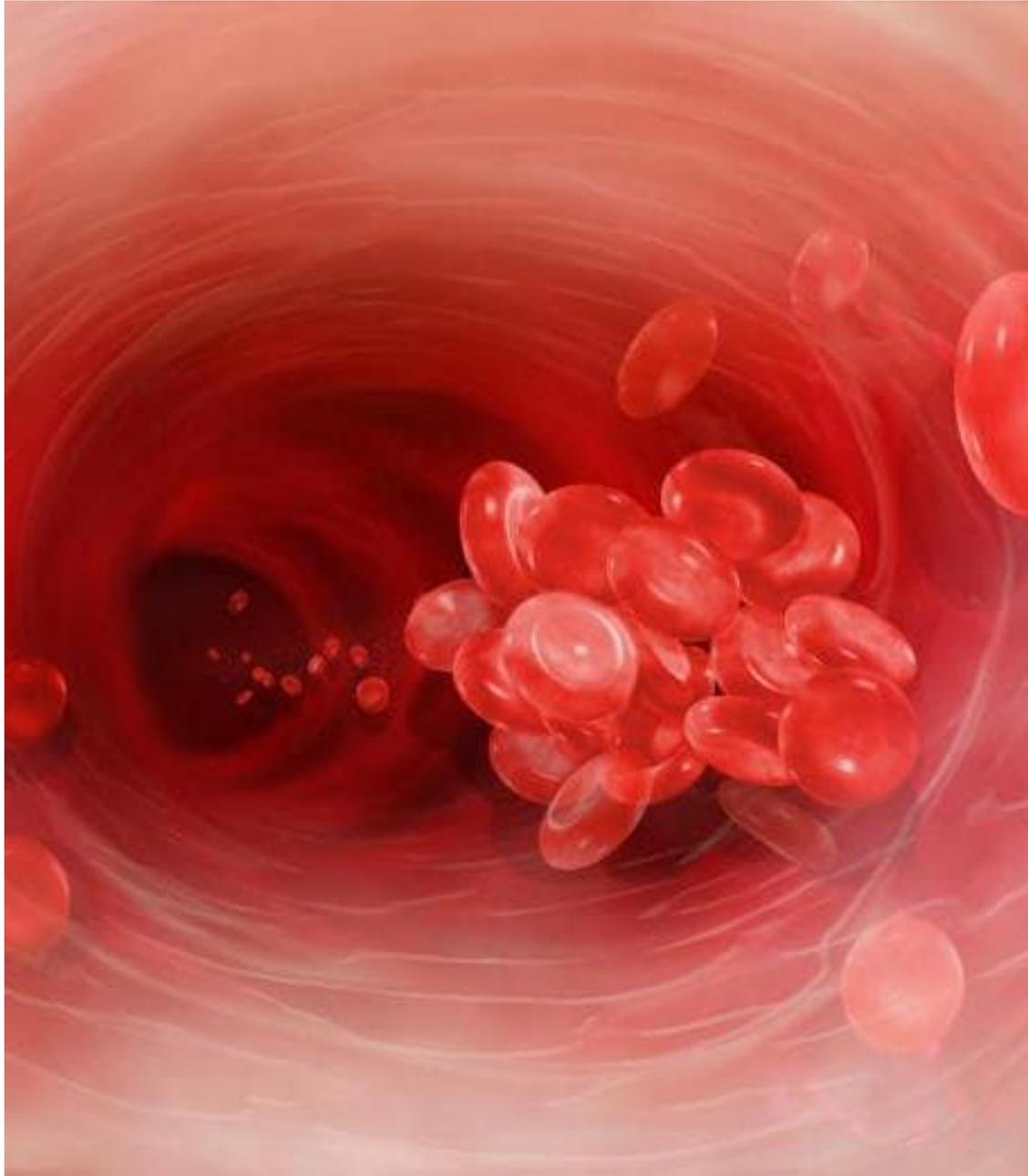
Quattro tipi di controlli vuoti sono stati impostati per controllare:

- L'aria della sala operatoria;
- Il funzionamento della raccolta dei trombi;
- L'aria della fase di digestione;
- L'aria della sala di rilevamento delle particelle;

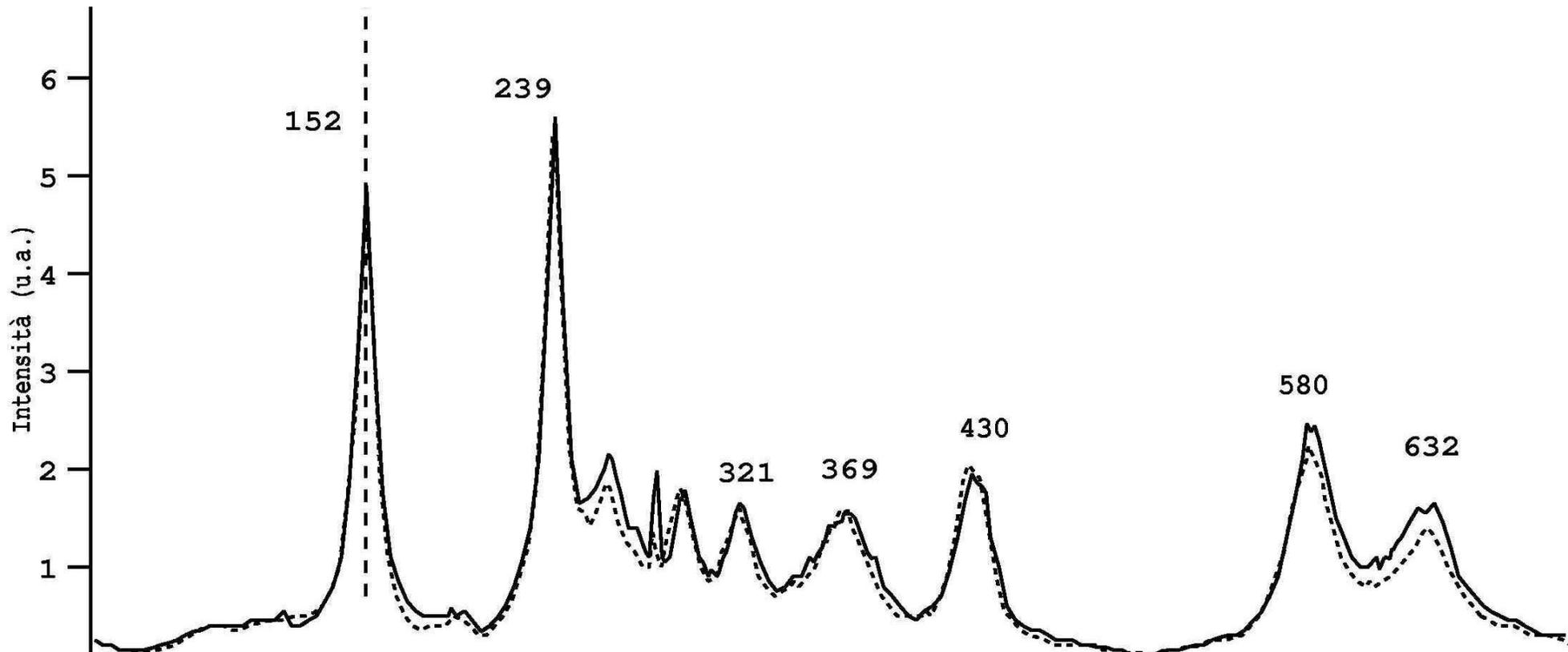


CRITERI DI INCLUSIONE

- Il trombo deve essere completamente estratto durante l'intervento chirurgico (circa 1 g di peso) e deve essere immediatamente trasferito nel flacone del campione;
- I pazienti non devono essere stati impiantati con alcun materiale artificiale prima dell'intervento chirurgico;
- I pazienti non devono aver preso alcun agente diagnostico o terapeutico trasportato da nanomateriali prima dell'intervento.

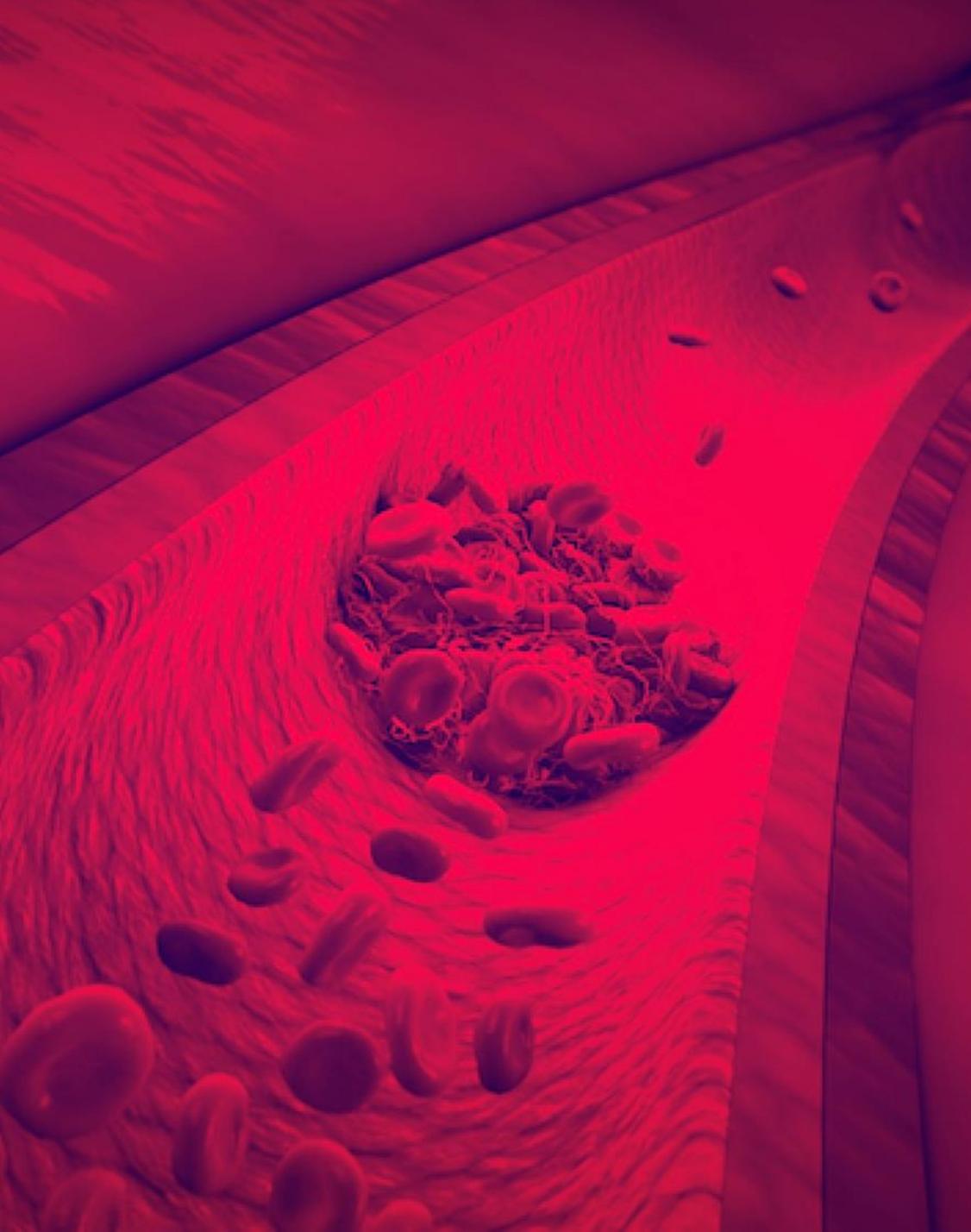


- Dopo lo screening, un totale di ventisei pazienti sono stati inclusi in questo studio.
- Sono state misurate le pressioni sanguigne all'arto superiore sinistro, all'arto inferiore sinistro, all'arto superiore destro e all'arto inferiore destro.
- Un analizzatore di sangue automatico è stato utilizzato per misurare i livelli di lipidi nel sangue e i campioni di trombo sono stati sigillati in tubi di vetro, trasferiti in laboratorio e ricodificati.



MISURAZIONE DELLO SPETTRO RAMAN E IDENTIFICAZIONE DELLE PARTICELLE

- Lo spettro Raman di ogni particella sul filtro è stato dato dallo spettrometro Raman. I dati spettrali di 118 particelle rilevate nei trombi sono stati raccolti da un software e sono stati confrontati con due librerie spettrali Raman Library of Microplastics e KnowItAll.
- Gli spettri abbinati sono stati filtrati in base ai picchi caratteristici della sostanza.



VALORE HQI

L'identificazione delle microparticelle
era certa quando il corrispondente
Hit Quality Index (HQI)
era superiore a 70.

QUALI SONO STATI I RISULTATI?

E' stata rilevata un'associazione positiva tra il numero di microparticelle e i livelli di piastrine nel sangue.

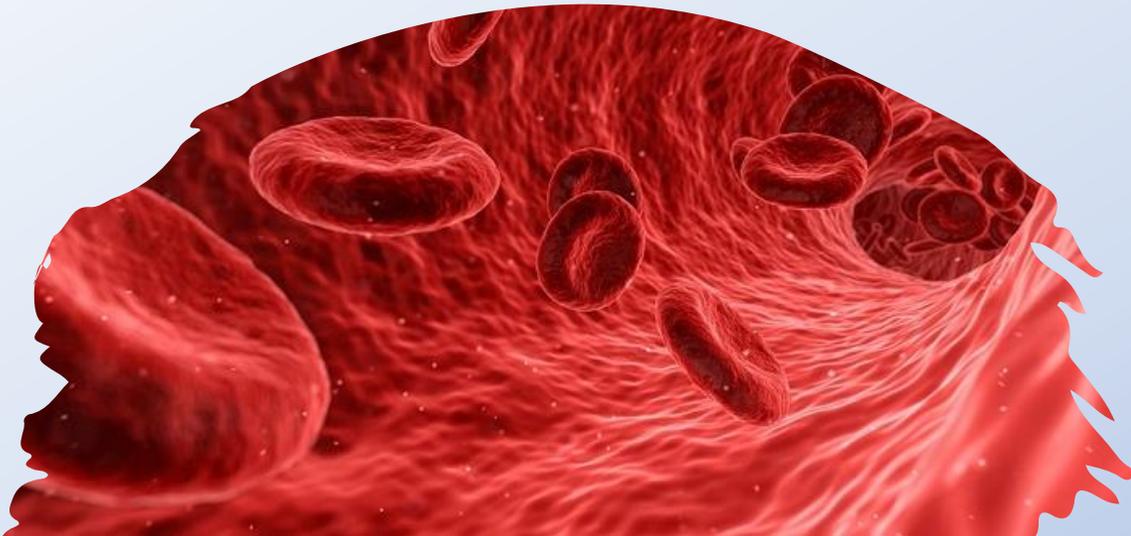
Il numero di microparticelle in ciascun trombo varia da uno a quindici, con una media di cinque e sono irregolari a forma di blocco.

Sono state riscontrate 21 particelle di ftalocianina, una particella Hostasol-Green e una microplastica di polietilene a bassa densità.





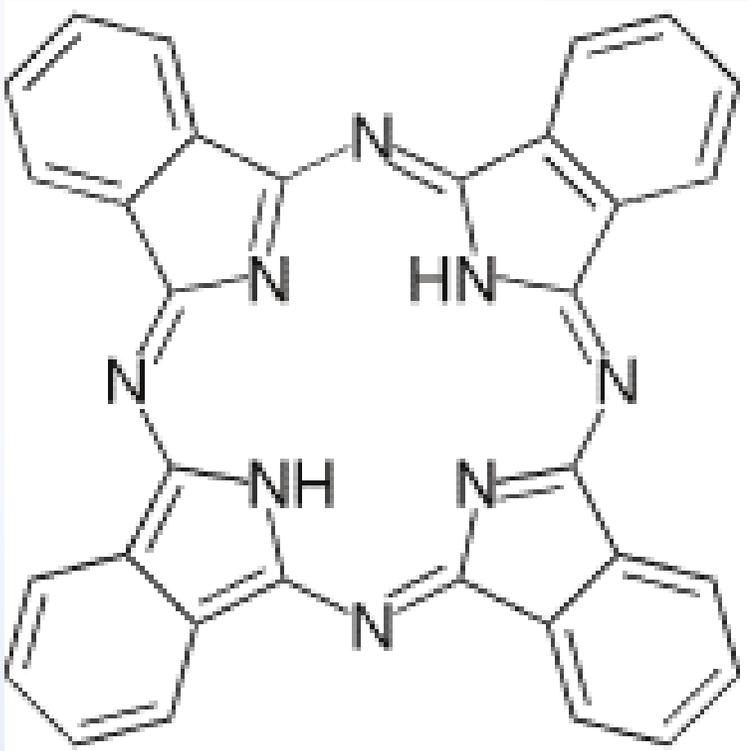
La maggior parte delle microparticelle trovate in questo studio erano di dimensioni eritrocitiche, permettendo loro di circolare nel sistema sanguigno prima di essere intrappolate nei trombi.



Le particelle grandi rilevate potrebbero probabilmente derivare dalla coagulazione di minuscole particelle.

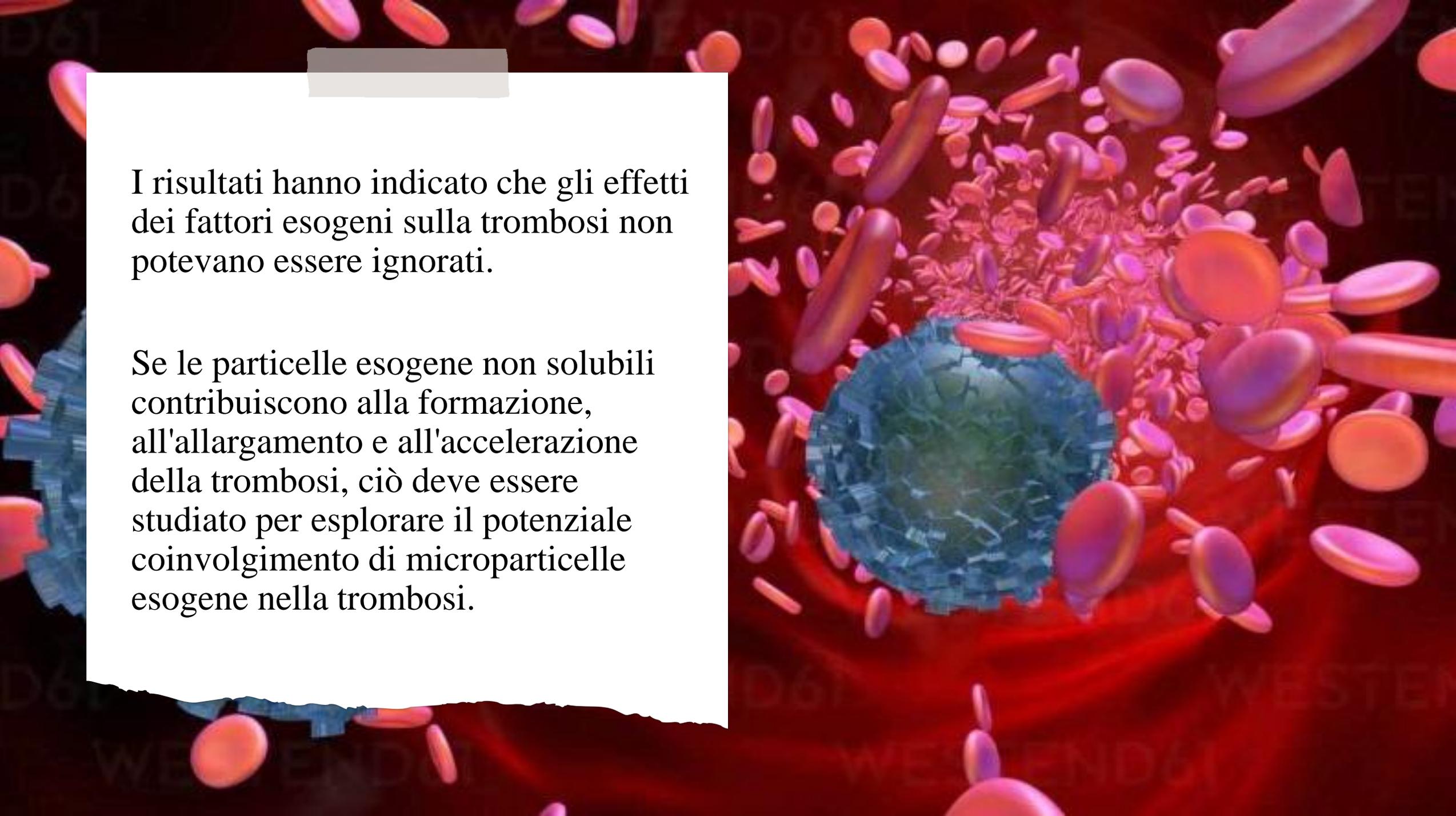
FTALOCIANINA

La **ftalocianina** è un composto eterociclico ed è comunemente usata nell'industria chimica dei pigmenti, della plastica, della tintura e dell'inchiostro.





Le particelle di pigmento Hostasol-Green G-K, particelle di ossido metallico e ossido di cromo sono state occasionalmente rilevate mentre le particelle composte di ferro rappresentavano il 71% del totale in trombi.

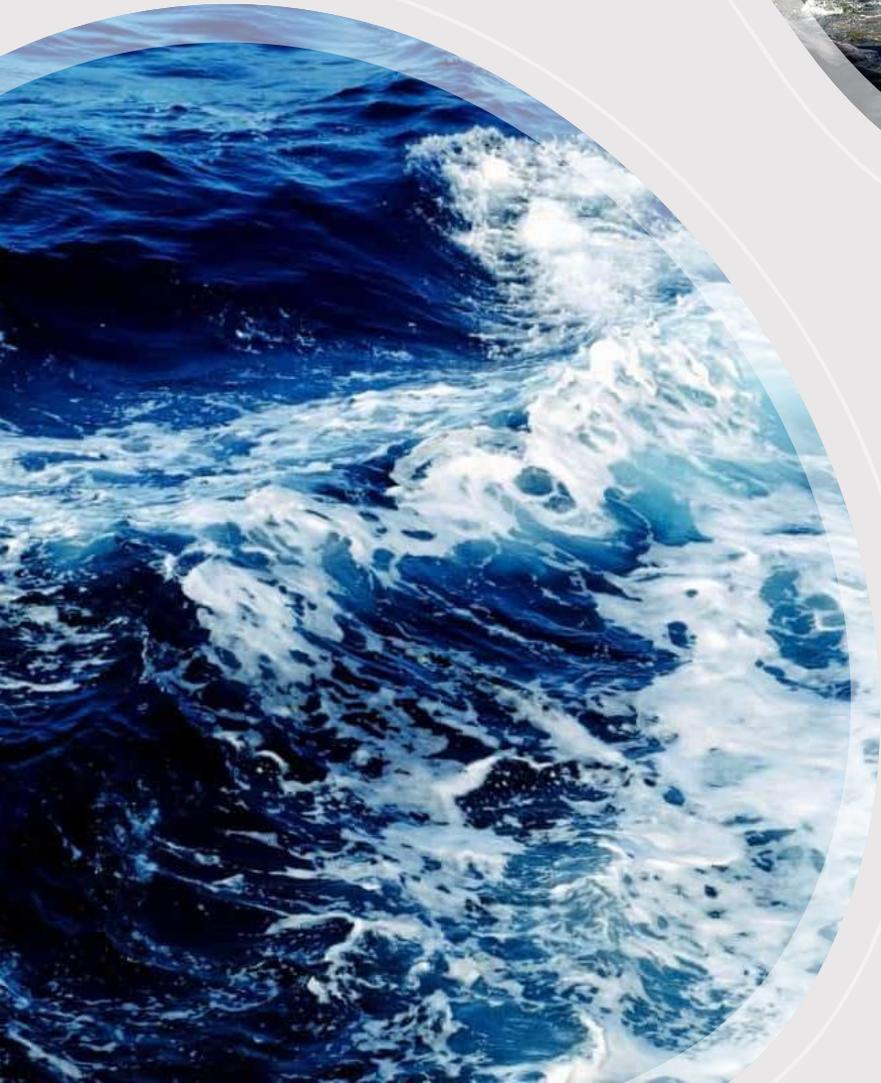
A microscopic view of a blood vessel. The vessel lumen is filled with numerous red blood cells, which are depicted as biconcave discs in shades of red and pink. In the center of the vessel, there is a large, irregular, blue, textured mass representing a thrombus (blood clot). The vessel walls are visible as a reddish-brown structure. The overall scene is illuminated with a warm, reddish light, suggesting the interior of a blood vessel.

I risultati hanno indicato che gli effetti dei fattori esogeni sulla trombosi non potevano essere ignorati.

Se le particelle esogene non solubili contribuiscono alla formazione, all'allargamento e all'accelerazione della trombosi, ciò deve essere studiato per esplorare il potenziale coinvolgimento di microparticelle esogene nella trombosi.

POSSIBILI SOLUZIONI





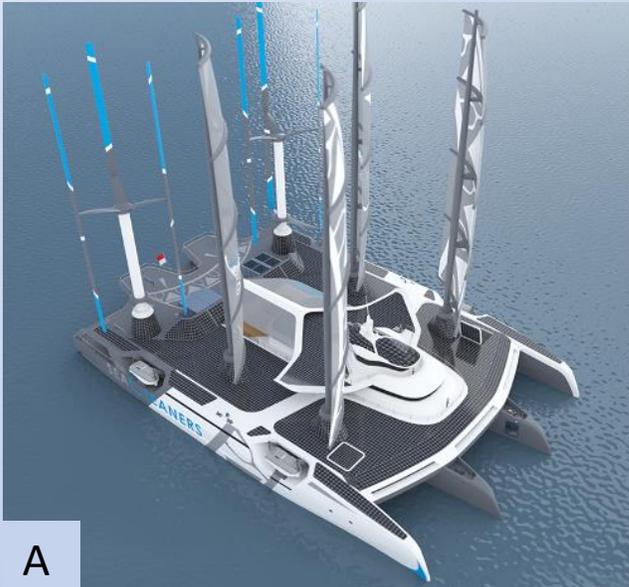
MARI, FIUMI E
ACQUE REFLUE

PLASTICHE - MARE

4OCEAN → organizza spedizioni per la raccolta dei rifiuti dalle spiagge e dal mare;

THE SEA CLEANERS → con il progetto “Manta” si occupa della rimozione dei rifiuti dalle aree in cui essi sono maggiormente concentrati (es: foci dei fiumi più inquinati del mondo) (figura A);

THE OCEAN CLEANUP → impiego di un sistema passivo che consente di catturare e accumulare i rifiuti sfruttando i fenomeni naturali e di andarli a rimuovere periodicamente solo quando il bacino di raccolta è pieno (figura B);

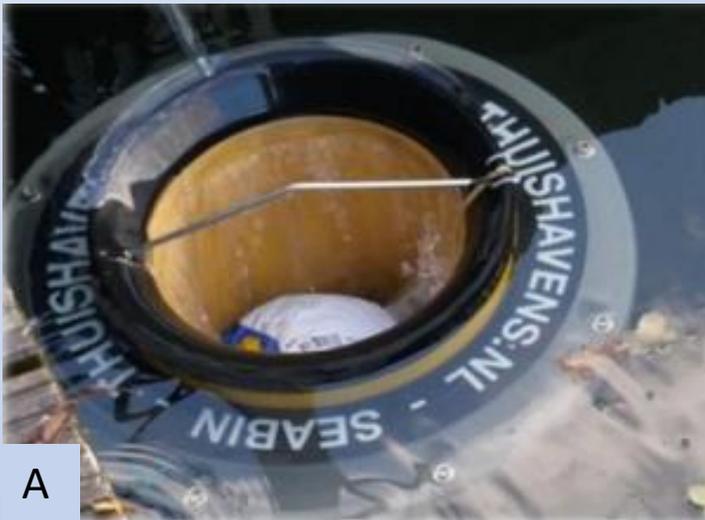


MICROPLASTICHE - MARE

SEABIN → secchio che aspira l'acqua e la restituisce filtrata, grazie ad un apposito sistema di filtrazione che trattiene i rifiuti galleggianti, comprese le microplastiche di dimensione anche inferiore ai 2 mm (figura a);

CLOUD OF SEA → dispositivo pensato per essere agganciato alle barche, costituito da un filtro interno rotante i cui fori si restringono verso l'interno, in modo da catturare le microplastiche e impedirne la fuoriuscita (figura b);

(MOL) Mitsui O.S.K. Lines → primo sistema di intercettazione delle microplastiche a bordo di navi mercantili, che filtra l'acqua di zavorra prima del suo rilascio in mare.

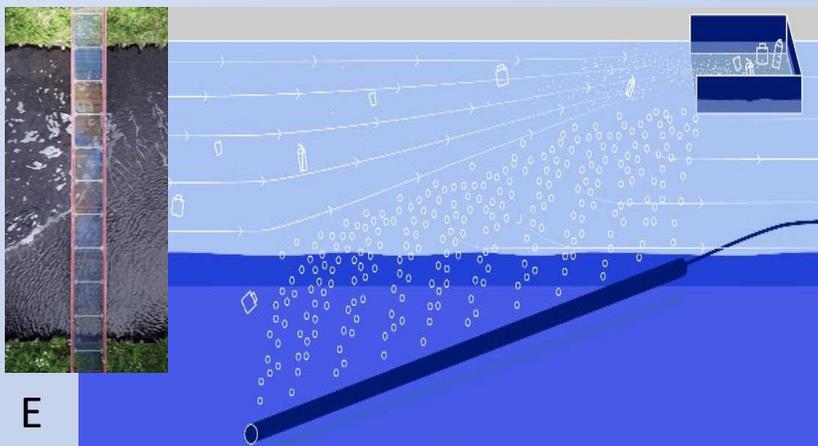


PLASTICHE - FIUMI

OCEAN CLEANUP INTERCEPTOR e COLLECTIX → imbarcazioni appositamente pensate per la raccolta dei rifiuti dai fiumi (rispettivamente figura A e figura B);

SEA DEFENCE SOLUTIONS → sistema **passivo** di barriere che favorisce la concentrazione dei rifiuti in punti specifici per facilitarne la rimozione, tramite imbarcazioni o direttamente via terra dalle sponde (figura C) (in figura D vediamo l'italiana **CASTALIA**);

GREAT BUBBLE BARRIER → sistema **attivo** che sfrutta le correnti naturali per indirizzare i rifiuti verso il bacino di raccolta posto sulla riva del fiume, senza disturbare le imbarcazioni né tantomeno i pesci; questo sistema però implica il consumo di energia (figura E).



MICROPLASTICHE-FANGHI

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE →

Tramite gli scarichi civili e industriali o attraverso le precipitazioni e il lavaggio stradale le microplastiche arrivano anche nelle reti fognarie.

Le microplastiche arrivano così negli impianti di trattamento delle acque reflue, dove le correnti in ingresso sono sottoposte ad una serie di trattamenti per essere depurate dalle sostanze inquinanti e reimmesse nell'ambiente.

Grazie a questi trattamenti, la maggior parte delle microplastiche, in percentuali che variano tra il **64%** e il **99.8%**, sono rimosse dalle acque trattate.

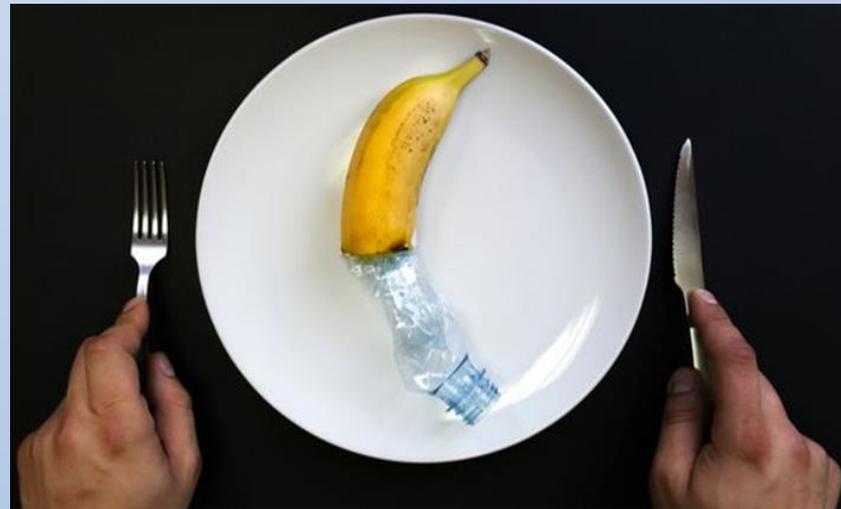


MICROPLASTICHE-FANGHI

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE →

Una volta separate dall'acqua, le microplastiche sono unite alla corrente di scarto dei fanghi, i quali sono spesso impiegati nei terreni agricoli, favorendo così l'esposizione degli ambienti terrestri e delle coltivazioni alle microplastiche.

La presenza delle microplastiche nelle acque da trattare impatta anche sugli stessi processi di trattamento, in particolare su quelli biologici deputati alla neutralizzazione delle sostanze inquinanti, riducendo le popolazioni microbiche attive e dunque influenzando l'efficienza dei trattamenti.



MICROPLASTICHE DA PNEUMATICI



+

Nei territori artici sono state individuate microplastiche che potrebbero essere state originate dagli pneumatici.

THE TYRE COLLECTIVE →

È un sistema che prevede di sfruttare le forze elettrostatiche e il flusso d'aria intorno alla ruota per attrarre le particelle, cariche per effetto della frizione, non appena rilasciate dal pneumatico, catturarle ed evitare che vengano disperse nell'ambiente, consentendo così il recupero e il riciclo.





MICROSFERE PLASTICHE NEI COSMETICI

Microsfere di plastica sono aggiunte come ingredienti in prodotti per la cura personale con diversi scopi, ad esempio come fase assorbente per il rilascio di ingredienti additivi oppure come agenti esfolianti.

Il rilascio è minimo (2% delle emissioni totali) ma potrebbe essere evitato.

PLASTIC SOUP FOUNDATION → Campagna grazie a cui alcune delle più importanti multinazionali del settore si sono impegnate ad eliminare le microplastiche dai loro prodotti;

ECOETICHETTA EUROPEA → etichetta di eccellenza ambientale riconosciuta a prodotti e servizi che rispondono agli alti requisiti ambientali richiesti lungo tutto il loro ciclo vita; grazie a questa, le microsfere sono state rimosse da tutti i prodotti a risciacquo certificati dalla EU Ecolabel.





EUROPEAN COMMISSION

Brussels, 16.10.2023

COM(2023) 645 final

2023/0373(COD)

Proposal for a

REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

on preventing plastic pellet losses to reduce microplastic pollution

{SEC(2023) 346 final} - {SWD(2023) 330 final} - {SWD(2023) 332 final} - {SWD(2023) 333 final}

In Europa, dal 16 ottobre 2023, è stato vietato l'uso di glitter e microsfere dai cosmetici.

MICROFIBRE DAI TESSUTI



Il contributo principale delle emissioni di microplastiche primarie è dato dai tessuti sintetici: il 35% delle emissioni totali negli oceani.

Vengono chiamate «microfibre» per la tipica forma filamentosa.

Sia le caratteristiche dei tessuti sia le condizioni di lavaggio influiscono sul rilascio di microfibre.

- **LUNGHEZZA DELLE FIBRE;**

minore è la lunghezza, maggiore è la probabilità che esse migrino in superficie e formino peluria e pallini (pilling), che aumentano il rilascio;



- **TORSIONI DEL FILATO,** ossia gli avvolgimenti conferiti ai fili, che aumentano la resistenza e l'elasticità e quindi riducono la formazione di microfibre;

- **PRESENZA DI ADDITIVI O TRATTAMENTI SUPERFICIALI,** che forniscono alle fibre la protezione fisica contro l'abrasione;



- **METODO DI TAGLIO;** il taglio dei tessuti con le forbici crea dei margini frastagliati, aumentando di 21 volte la quantità di microfibre rilasciata.

POSSIBILI SOLUZIONI →
taglio laser o a ultrasuoni.

MICRO PLASTICHE DALL'ACQUA- COLTURA

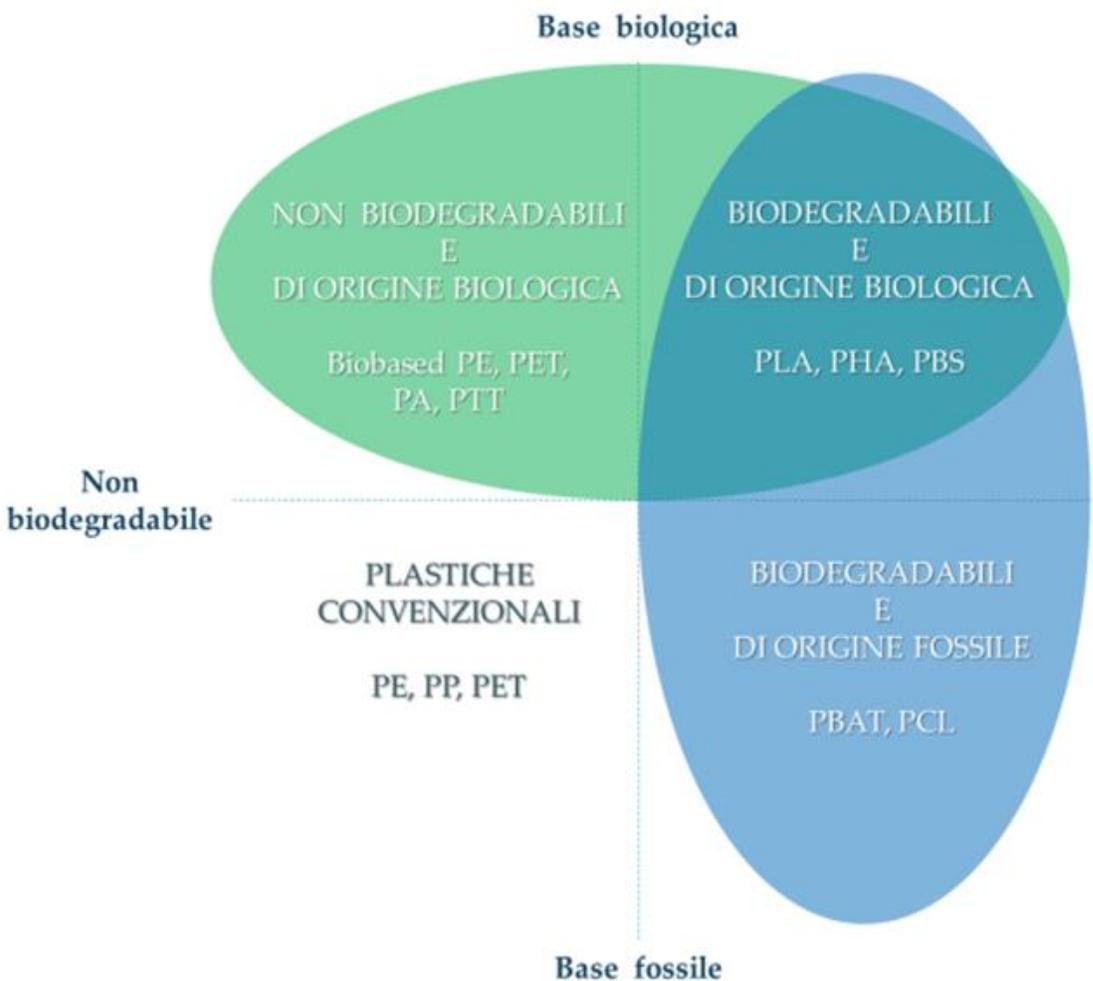
Le reti in polipropilene (PP) usate per l'allevamento delle cozze sono considerate una delle prime cause di rifiuti marini di plastica nel Mar Mediterraneo (circa 1/3 del totale) e sono state ritrovate sia sui fondali che lungo le spiagge, a causa della perdita dovuta a mareggiate oppure all'abbandono in mare di quelle non più utilizzabili.

POSSIBILI SOLUZIONI → utilizzo di materiali biodegradabili* da sostituire a tali plastiche e sistemi nuovi di smaltimento rifiuti.

L'uso di polimeri a base biologica e biodegradabili è stato proposto da «Green Chemistry».



COSA SONO LE BIOPLASTICHE?



Il termine 'bioplastica' si riferisce sia alla origine bio-based o alla proprietà di essere biodegradabile di un polimero plastico.

Questi due aspetti non sono sinonimi quando ci si riferisce ad un polimero, e per questo il termine 'bioplastica' crea molta confusione.

Proprio come i polimeri a base fossile, quelli bio-based sono disponibili in molti gradi con un'ampia varietà di proprietà e possono essere biodegradabili oppure no.

Tuttavia, anche quando una plastica è biodegradabile, ciò non implica affatto che il materiale si degradi nell'ambiente in un breve periodo di tempo.



BIODEGRADAZIONE

- La **degradazione** dei polimeri dipende dalla struttura dei polimeri, dalle loro proprietà fisiche e dalle condizioni ambientali. La maggior parte delle plastiche si degradano sotto la luce (UV), l'ossigeno o temperature elevate.
- La **biodegradazione** è una forma di degradazione che avviene a partire da microrganismi che rompono le catene polimeriche assimilabili come fonte alimentare; quindi, la biodegradabilità ideale è quando la plastica si comporta come altri materiali organici nel terreno, degradando così in un lasso di tempo ragionevole, senza residui di sottoprodotti recalcitranti.



BIODEGRADAZIONE

La definizione di polimeri biodegradabili (BDP) data dagli standard internazionali disponibili è:
"polimeri in grado di subire la decomposizione in anidride carbonica, metano, acqua, composti inorganici, o biomassa in cui il meccanismo predominante è l'azione enzimatica dei microrganismi, che può essere misurata da test standardizzati, in un determinato periodo di tempo, che riflettono le condizioni di smaltimento disponibili" (ISO-DIS17088, EN13432 e ASTM-D6400).

Le plastiche biodegradabili sono definite dalla Commissione Europea come: **"(...) entirely degraded by biological activity (compostable) without leaving behind any residue. They can be manufactured from renewable materials and fossil fuels, as well as mixtures of those"** (European Commission, 2022).



BIODEGRADAZIONE

Attualmente non esiste uno standard internazionale che definisca adeguatamente la biodegradazione e la tossicità delle plastiche biodegradabili in ambienti marini.

Tuttavia, poiché **i biopolimeri sono stati sviluppati per essere utilizzati ed applicati in ambiente terrestre**, risulta indispensabile un'adeguata conoscenza sulla loro degradazione in ambiente marino e sul loro potenziale impatto sugli organismi.



TERMINE	DEFINIZIONE
Bioplastiche	Plastiche che (1) sono biodegradabili; o (2) possono o non possono essere degradabili ma sono prodotte da materiali biologici o materie prime rinnovabili.
Plastiche a base biologica (bio-based)	Plastiche derivate almeno in parte da fonti rinnovabili di carbonio come la materia vegetale. Plastiche parzialmente <i>bio-based</i> (o ibride) contengono sia carbonio rinnovabile che convenzionale basato su combustibili fossili.
Biocompatibile	Materiali che non sono dannosi per gli organismi viventi.
Biodegradabili	I materiali biodegradabili possono essere scomposti in componenti monomerici o polimerici, tra cui biomassa, acqua e anidride carbonica o metano, tramite microrganismi. In un contesto industriale i materiali biodegradabili sono veramente compostabili e possono essere quasi interamente convertiti in rifiuti benigni entro pochi mesi in una compostiera.
Compostabile	I materiali compostabili possono essere decomposti attraverso processi biologici artificialmente controllati artificialmente usando miscele standard industriali di microrganismi.
Digestori/Compostatori	Ambienti controllati per permettere la biodegradazione dei rifiuti con tempi prestabiliti nell'industria.
Plastiche degradabili in ambiente marino	Plastiche sia a base di combustibili fossili che a base biologica, che possono essere degradate in anidride carbonica e acqua in un ambiente marino per mezzo di calore, luce o microrganismi.
Materiali non tossici/tossici	Materiali con costituenti residui, componenti lisciviati o prodotti di degradazione che sono dannosi per gli organismi viventi.
Plastica	Materiali polimerici principalmente di origine sintetica o semisintetica; più comunemente derivati da combustibili fossili.
Fonte rinnovabile	Una risorsa che può essere utilizzata e reintegrata (attraverso mezzi naturali) continuamente, come la biomassa.



CONTRO DELLE BIOPLASTICHE

- Costo;
- Proprietà meccaniche inferiori;
- Necessitano la disponibilità di terreni agricoli;
- Il processo di biodegradazione è influenzato dalla temperatura e dalla presenza di microrganismi;
- I livelli di biodegradabilità sono ridotti negli ambienti marini → solo poche plastiche biodegradabili possono degradarsi in ambienti marini.



AZIONI DELL' UNIONE EUROPEA

- **Direttiva 2019/904/UE**→

riduzione dell'incidenza di determinati prodotti di plastica sull'ambiente (EU Plastic Strategy), pubblicata sulla Gazzetta ufficiale dell'UE del 12 giugno 2019. Tale direttiva si applica ai prodotti di plastica monouso, ai prodotti di plastica oxodegradabile* e agli attrezzi da pesca contenenti plastica.

- **Programma quadro Horizon 2020**→

promuove la ricerca sulle plastiche biodegradabili negli ultimi anni, sostiene lo sviluppo di innovazioni che garantiscano la biodegradabilità di questi materiali e valuterà l'analisi delle condizioni in cui le plastiche biodegradabili sarebbero vantaggiose.



* Una plastica oxo-degradabile è, secondo la definizione di cui all'articolo 3, punto 3, della direttiva 2019/904, una **plastica cui sono aggiunti uno o più additivi che, attraverso l'ossidazione, ne comportano lo sbriciolamento in microframmenti o la decomposizione chimica.**



BIBLIOGRAFIA

BOUJNIR, MANAL, The Impact of Microplastics on Human Health Through Food Chain. 2022/2023 <https://thesis.unipd.it/handle/20.500.12608/60549>

PEGORER, LARA, Effetti di contaminanti ambientali emergenti in organismi acquatici, 2022/2023 <https://thesis.unipd.it/handle/20.500.12608/60328>

PANTI CRISTINA, BAINI MATTEO, Gli impatti della acquacoltura sull'ambiente marino: dai rischi legati ai materiali plastici utilizzati all'impiego di materiali alternativi.

https://www.progettosplas.it/wp-content/uploads/2023/04/Report_polimeri-in-acquacoltura-e-impatto-su-ambiente-marino_Progetto-SPLAS.pdf

VENTURA, LUCIA, Analisi delle microplastiche e microfibre nei tessuti di pesci e invertebrati campionati durante il tour “MayDay SOS Plastica», 2019/2020 <https://tesi.univpm.it/handle/20.500.12075/2734>

GIULIA CHEMELLO, ERICA TROTTA, VALENTINA NOTARSTEFANO, LUANA PAPETTI, LUDOVICA DI RENZO, MARCO MATIDDI, CECILIA SILVESTRI, OLIANA CARNEVALI, GIORGIA GIOACCHINI, Microplastics evidence in yolk and liver of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*), a pilot study, 2021 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749123015919>

TEHREEM RAZA, BILAL RASOOL, MUHAMMAD ASRAR, MALEEHA MANZOOR, ZEESHAN JAVED, FAIZA JABEEN, TAHIRA YOUNIS, Exploration of polyacrylamide microplastics and evaluation of their toxicity on multiple parameters of *Oreochromis niloticus*, 2023 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X2200434X>

PAOLA MARINI, ROSSANA BELLOPEDE, VALENTINA BALESTRA, FEDERICA TRUNFIO, Identificazione visiva e quantificazione delle microplastiche e delle fibre tessili nei sedimenti sabbiosi lungo la costa della Calabria, 2022 <https://webthesis.biblio.polito.it/secure/23134/1/tesi.pdf>

ANA B. SILVA, ANA S. BASTOS, CELINE I.L. JUSTINO, JOÃO P. DA COSTA, ARMANDO C. DUARTE, TERESA A.P. ROCHA-SANTOS, Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review, 2018 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267018302587?ref=pdf_download&fr=RR-9&rr=876369673aea83a8

JORDAN M. KLEINSCHMIDT, ALEXIS M. JANOSIK, Microplastics in Florida, United States: A Case Study of Quantification and Characterization With Intertidal Snails, 2021 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2021.645727/full>

STEPHEN FULLER, ANIL GAUTAM, A Procedure for Measuring Microplastics using Pressurized Fluid Extraction, 2016 <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.6b00816>

Spettroscopia Raman e FT-IR <https://www.sbai.uniroma1.it/progetti/diana/diana-pcto2023-relazione01.pdf>

BIBLIOGRAFIA

Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on preventing plastic pellet losses to reduce microplastic pollution
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0645&qid=1712397025688>

MELANIA FIORE, Inquinamento da microplastiche: implementazione di un metodo per la riduzione delle emissioni dalle lavatrici, 2021 <https://webthesis.biblio.polito.it/17303/>

REWA E ZURUB, YUSMARIS CARIACO, MICHAEL G WADE, SHANNON A BAINBRIDGE, Microplastics exposure: implications for human fertility, pregnancy and child health, 2024 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38239985/>

DI WU, YUDONG FENG, RUI WANG, JIN JIANG, QUANQUAN GUAN, XU YANG, HONGCHENG WEI, YANKAI XIA, YONGMING LUO, Pigment microparticles and microplastics found in human thrombi based on raman spectral evidence, 2023 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36116710/>

LAUREN C. JENNER, JEANETTE M. ROTCHELL, ROBERT T. BENNETT, MICHAEL COWEN, VASILEIOS TENTZERIS, LAURA R. SADOFSKY, Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy 2022 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722020009>

RAFFAELE MARFELLA, M.D., PH.D, FRANCESCO PRATTICIZZO, PH.D., CELESTINO SARDU, M.D., PH.D., GIANLUCA FULGENZI, PH.D., LAURA GRACIOTTI, PH.D., TATIANA SPADONI, PH.D., NUNZIA D'ONOFRIO, PH.D., AND GIUSEPPE PAOLISSO, M.D. Microplastics and nanoplastics in atheromas and cardiovascular events 2022 <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2309822>

MICROPLASTICHE - CLASSIFICAZIONE E METODOLOGIA DI MONITORAGGIO <https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/rifiuti/ultimi-approfondimenti-pubblicati/microplastiche/>

A.B. SILVA, A.S. BASTOS, C.I.L. JUSTINO, ET AL. Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review. Anal. Chim. Acta 2018

GENTILI, GIULIA, Invecchiamento artificiale di microplastiche e analisi con tecniche Raman avanzate, 2021/2022 <https://hdl.handle.net/20.500.12608/37086>

ELIA PELLICONI, Determinazione di microplastiche in ambiente tramite pirolisi analitica: studio metodologico, 2017/2018 https://amslaurea.unibo.it/18068/1/Pelliconi_Elia_tesi.pdf

T. MAES, REBECCA JESSOP, N. WELLNER, K. HAUPT, A. MAYES, A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red, 2017 <https://www.semanticscholar.org/paper/A-rapid-screening-approach-to-detect-and-quantify-Maes-Jessop/87c9218ea7307f6016b03ab3483f2d332d64c168>

FTIR PoliMi.doc <https://scibec.dcci.unipi.it/archivio/prin07/schede/10.pdf>

ANALISI DEI POLIMERI CON LA SPETTROSCOPIA RAMAN <https://physicsopenlab.org/2022/05/08/analisi-di-polimeri-con-la-spettrocopia-raman/#:~:text=L%20spettrocopia%20Raman%20C3%A8%20una,polimeri%20che%20dei%20loro%20additivi.>



GRAZIE PER
L'ATTENZIONE

A cura di:

Vivian Cerbero, 0123002928

Maria Magno, 0123002933

Silvia Maritato, 0123002799

Liliana Marra, 0123002813

Giovanna Milito, 0123002841

Mariarosaria Sorrentino, 0123002736

Rita Sorrentino, 0123002754

#BeatPlasticPollution