

Contenuti



1. INTRODUZIONE

Un inquinante complesso. Gli ID: uno dei punti di immissione in ambiente.

2. PRESENZA E DESTINO NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Come e quanto si rimuovono ? Bilanci e ruolo degli scaricatori di piena. Si frammentano negli Impianti ?

3. LA NUOVA UWWTD

Cosa chiede ? Sfide e problemi ? Alternative ?

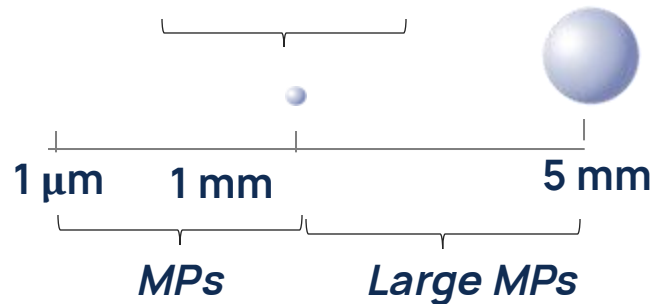
4. CONCLUSIONI & PROSPETTIVE

Le microplastiche

dimensione

Classe amplissima di *inquinanti diversi per*
composizione

forma, colore



PE, PP, PS.....



Contaminanti emergenti

La [EU Drinking Water Directive](#) ha identificato le microplastiche come un inquinante emergente che potrebbe essere aggiunto nella watchlist > > [Pubblicato da JRC il metodo analisi in drinking water](#)

Le MP non sono state incluse nella 5° EU Watch List (2025)

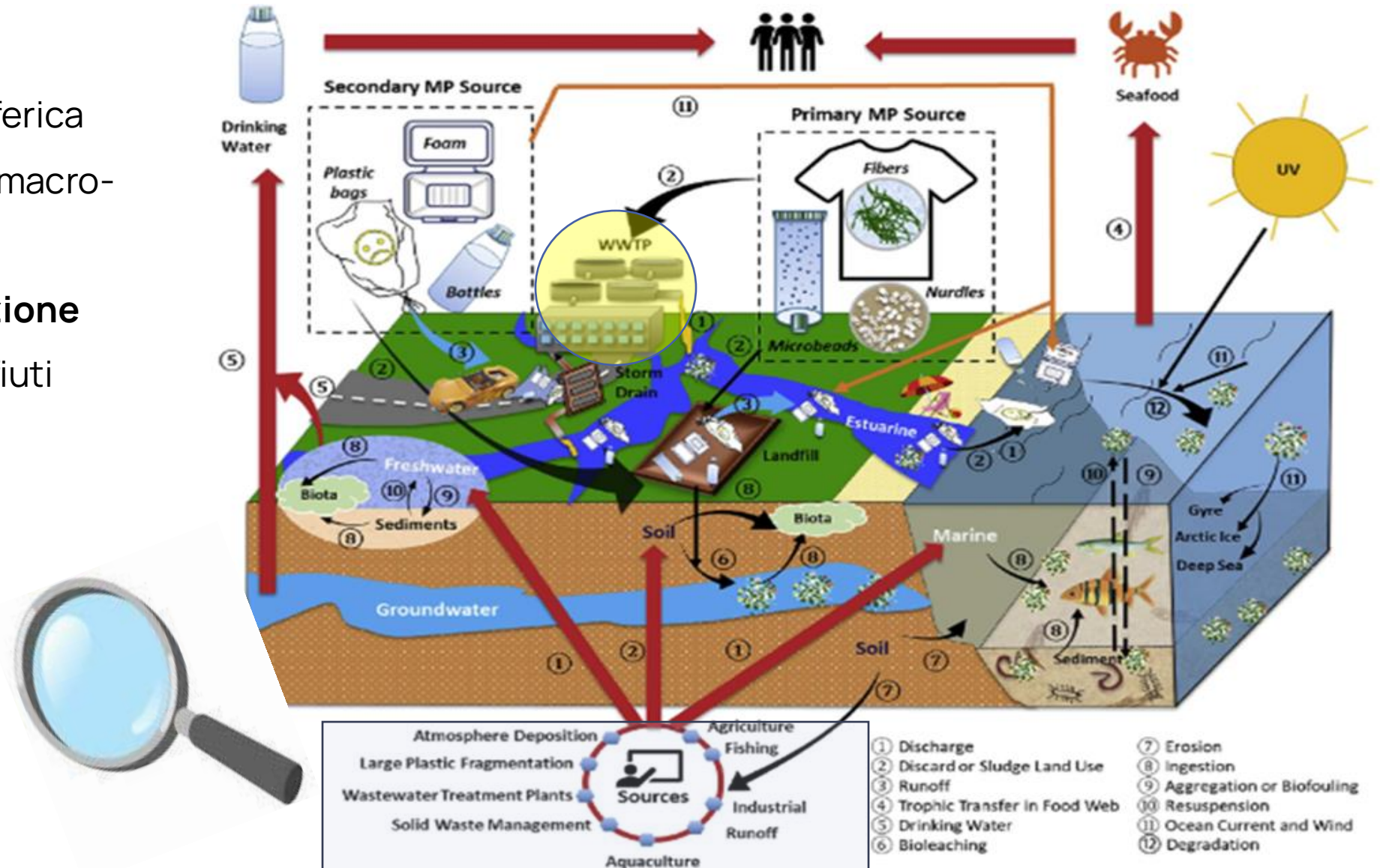
(ma è stato incluso il 6 PPPD e il suo prodotto di degradazione 6PPD-chinone che sono antiossidanti contenuti nei pneumatici)

EEA: *Microplastics are a major emerging pollutant of concern,*
[as the chemical compounds](#) within them can pose a threat to human health

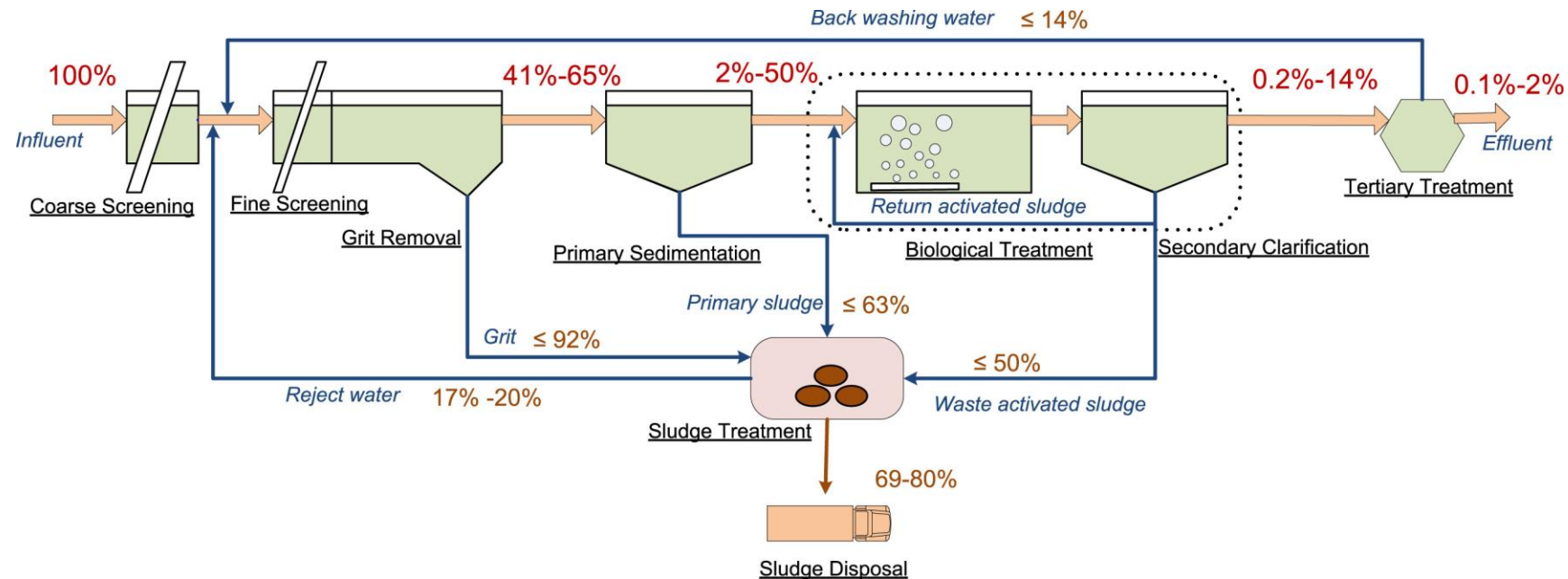
<https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/impacts-of-microplastics-on-health-signal>

Gli impianti di depurazione sono solo 1 delle sorgenti di MP in ambiente

- Deposizione atmosferica
- Frammentazione di macro-meso plastiche
- **Impianti di depurazione**
- Impianti gestione rifiuti
- Acquacultura
- Runoff
- Sorgenti industriali
- Pesca
- Agricoltura



Presenza e destino negli impianti di depurazione - I



Rimozione e modifica distribuzione dimensionale per
azioni meccaniche, flottazione, sedimentazione,
bioflocculazione, filtrazione, ..
Arricchimento da rilascio di polimeri contenuti nei
manufatti

Presenza e destino negli impianti di depurazione - IIa



Scoping review e meta-analisi di presenza e rimozione MPs a piena scala + **effetti delle condizioni operative**

ANALISI LETTERATURA

- Database: **Scopus**
- Periodo indagato: **2014 - 2024**

Journal of Environmental Chemical Engineering 13 (2025) 116812

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Chemical Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jece



Removal of microplastics in wastewater treatment plants: insights from a literature meta-analysis

Alberto Zoccali , Beatrice Cantoni, Arianna Azzellino, Francesca Malpei

Politecnico di Milano, Department of Civil and Environmental Engineering (DICA) - Environmental Section, Piazza Leonardo da Vinci 32, Milano 20133, Italy

ARTICLE INFO

Keywords:
Microplastics
Wastewater treatment plant
Removal
Meta-analysis
Systematic review
Database creation

ABSTRACT

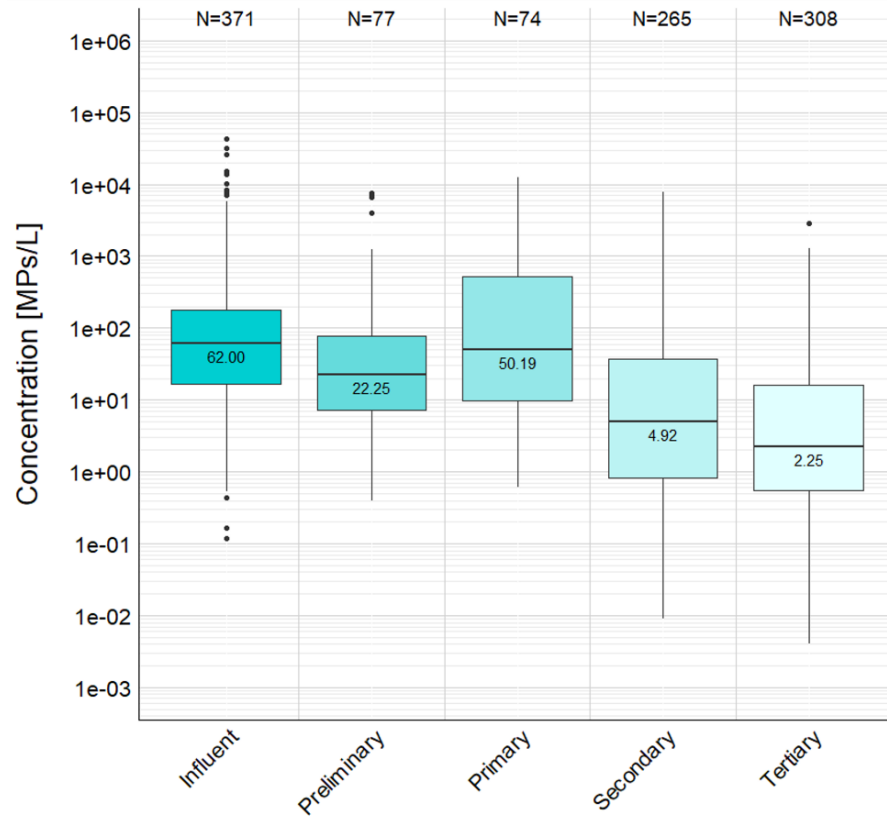
The rising environmental presence of microplastics (MPs) has generated growing concern, their potential environmental and human health risks. Wastewater treatment plants (WWTPs) pathways for MPs emission into aquatic ecosystems, despite their high MPs removal efficiency, analyzes 147 published papers, covering 509 real WWTPs. Over 200 information fields were analyzed, including plant configuration, operating parameters, and MPs characteristics (size, shape). The database enables comparative analyses of MPs concentrations and removals throughout the influence of factors such as treated wastewater origin, treatment level, plant

DATABASE CREATO (> 550 WWTPs)

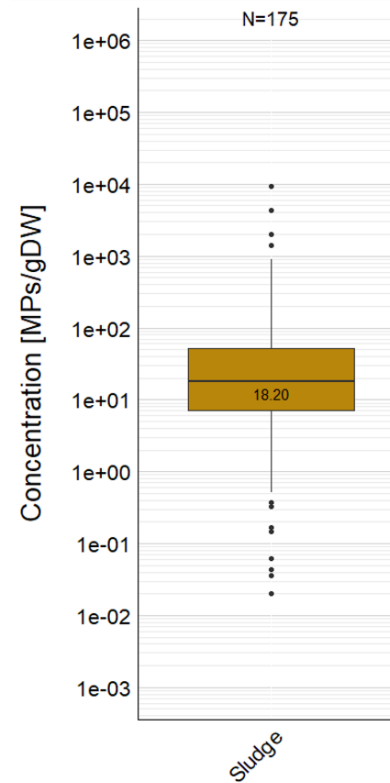
Authors	Year	MPs abundance in each treatment level						Preliminary	F
		Influent	Preliminary	Primary	Secondary	Tertiary/Advanced	Sludge		
		MPs/L	MPs/L	MPs/L	MPs/L	MPs/L	MPs/g	Pre-%removal	1-2
Xu et al.	2020						2.93		
Yang et al.	2019	12.03		4.95	2.50	0.58			
Yang et al.	2021	288.50	108.48		30.00	22.79	22.46	62.40	
Yuan et al.	2021	10.30		6.10		0.24			
Yuan et al.	2021	22.05	12.15		3.53	0.34		44.90	
Zhang et al.	2021	8.72	4.77		0.85		6.91	45.30	
Zhang et al.	2021	8.70	4.77		0.73		6.91	45.17	
Zhang et al.	2021	1.70	0.98		0.11		2.19	48.24	
Zhang et al.	2021	0.70	0.39		0.08		2.35	44.29	
Ziajahromi et al.	2021	92.00	19.60	2.21	0.18		56.50	78.70	
Ziajahromi et al.	2021	98.00	30.30	9.60	0.96		51.20	69.08	
Ziajahromi et al.	2021	55.00		10.78	0.91		48.50		
Zou et al.	2021				1.76				
Zou et al.	2021				0.65				
Zou et al.	2021				6.74				
Zou et al.	2021				0.99				
Zou et al.	2021				0.08				
Zou et al.	2021					0.11			
Zhou et al.	2020	13600.00			1264.90	353.60			
Zhou et al.	2020	8367.00			1598.10	602.42			
Murphy et al.	2016	15.70	8.70	3.40	0.25			44.59	
Edo et al.	2020			171.00	10.70		133.00		
Bayo et al. (b)	2020		3.20		0.31				
Lares et al.	2018	57.60		0.60		1.00	170.90		
Ly et al.	2019	0.12				0.14			
Ly et al.	2019	0.16			0.06				
Nakao et al.	2021	85.90		40.60	6.92	3.78	58.00		
Pittura et al.	2021		3.64	1.92	0.76	0.52	4.74		
Raju et al.	2020	11.80	5.23			2.76		55.68	
Rasmussen et al.	2021	533.00				4.00	1401.00		
Wang Rumeng et al.	2020				452.00	33.00			
Wang Rumeng et al.	2020				276.00	33.00			
Wang Rumeng et al.	2020				570.00	208.00			

Presenza e destino negli impianti di depurazione - IIb

CONCENTRAZIONI MPs

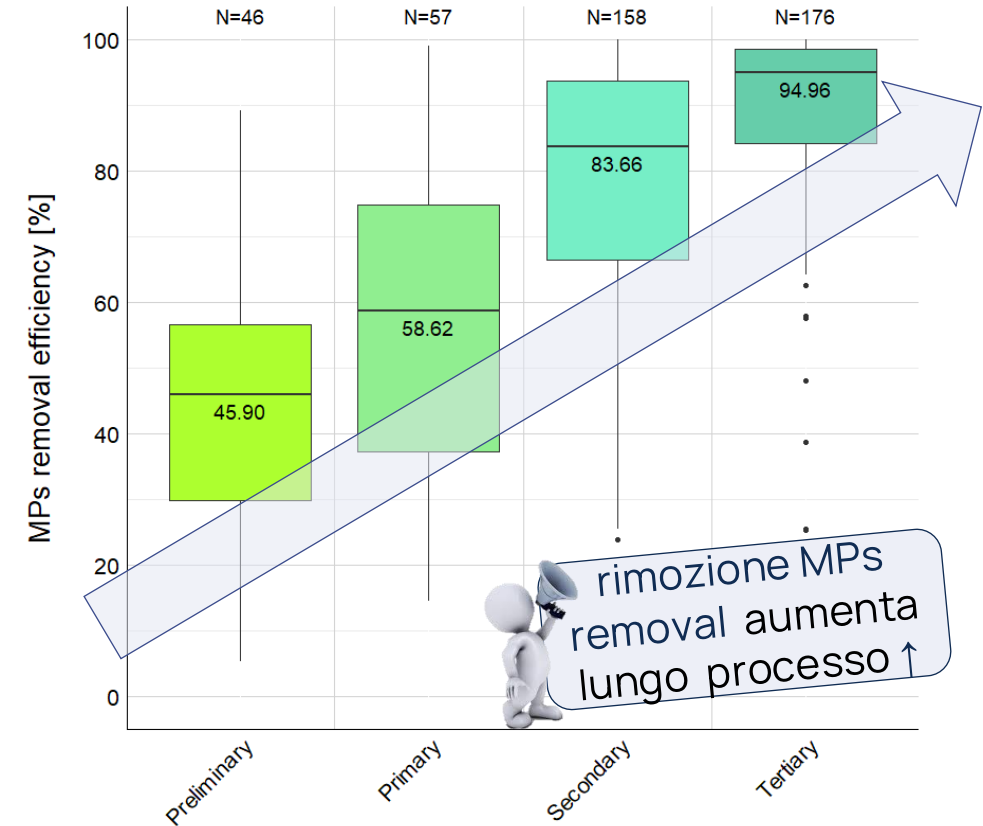


LINEE ACQUE



FANGO
STABILIZZATO

RIMOZIONE CUMULATA

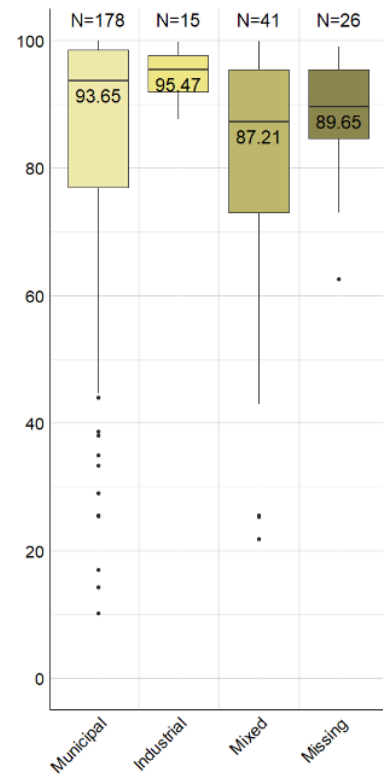


LINEA ACQUE

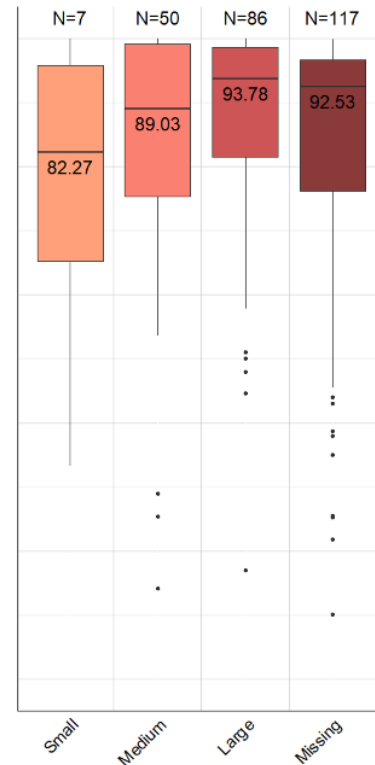
rimozione MPs
removal aumenta
lungo processo ↑

Presenza e destino negli impianti di depurazione - Ilc

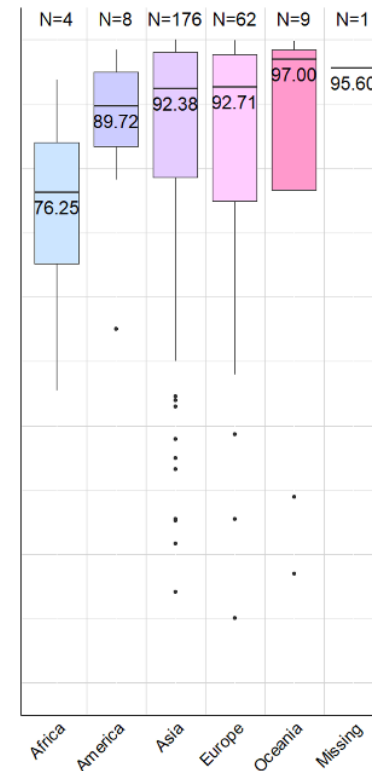
% RIMOZIONE MPs su ID



Treated
wastewater origin



WWTP
size



WWTP
location

KRUSKAL - WALLIS TESTS

Treatment level	p-value
Preliminary-Primary	0.083
Preliminary-Secondary	0.314
Preliminary-Tertiary	0.319
Primary-Secondary	0.157
Primary-Tertiary	0.155
Secondary-Tertiary	0.002

Origins of treated wastewaters	p-value
Industrial-Municipal	0.408
Industrial-Mixed	0.035
Industrial-Missing	0.082
Municipal-Mixed	0.061
Municipal-Missing	0.208
Mixed-Missing	0.549

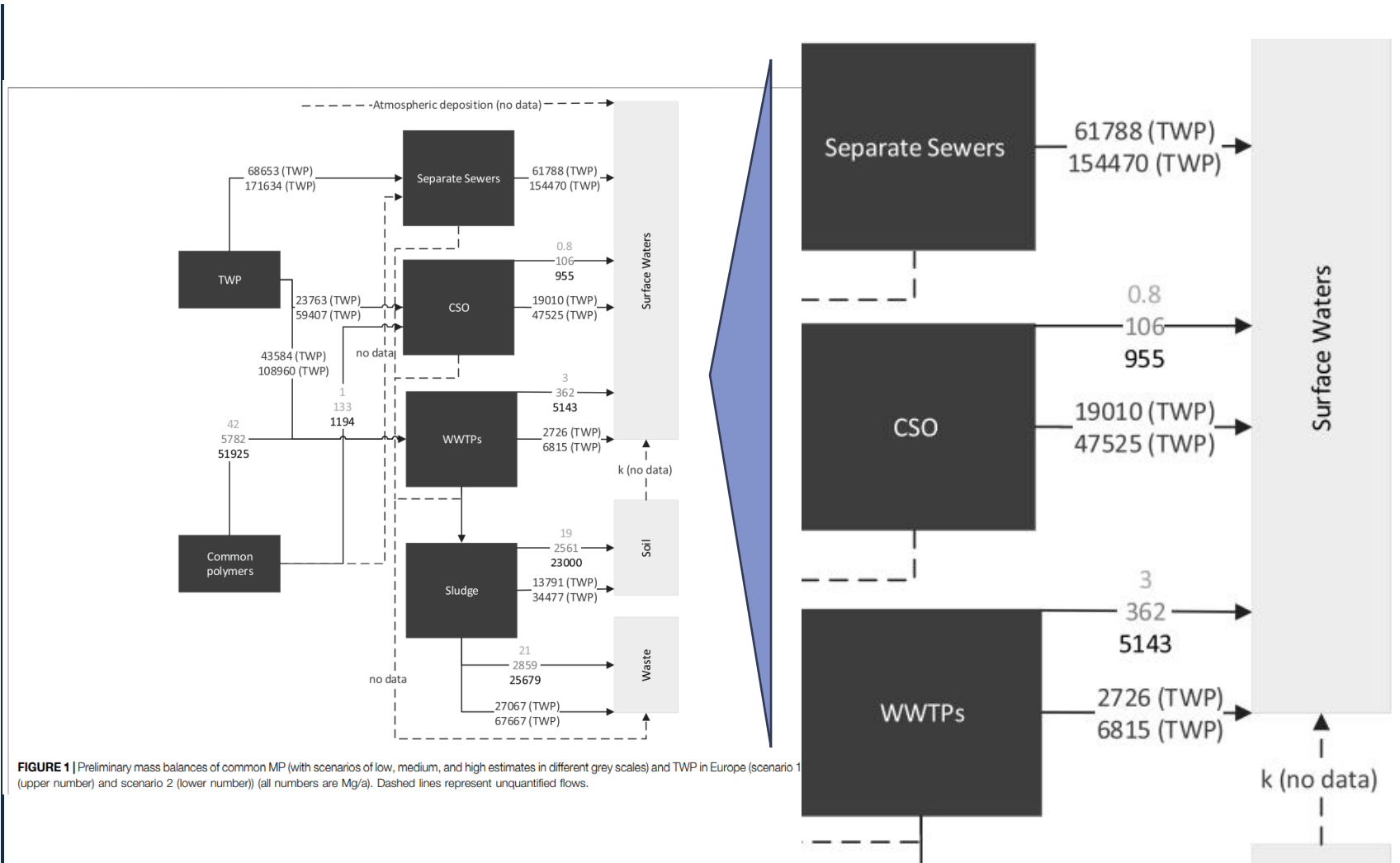
Plant size	p-value
Small-Medium	0.723
Small-Large	0.250
Small-Missing	0.243
Medium-Large	0.477
Medium-Missing	0.532
Large-Missing	0.530

Location	p-value
Asia-America	1.000
Asia-Oceania	0.720
Asia-Europa	0.768
Asia-Africa	0.312
Asia-Missing	0.313
America-Oceania	0.457
America-Europa	1.000
America-Africa	0.221
America-Missing	0.236
Oceania-Europa	0.688
Oceania-Africa	0.308
Oceania-Missing	0.292
Europa-Africa	0.302
Europa-Missing	0.306
Africa-Missing	0.171

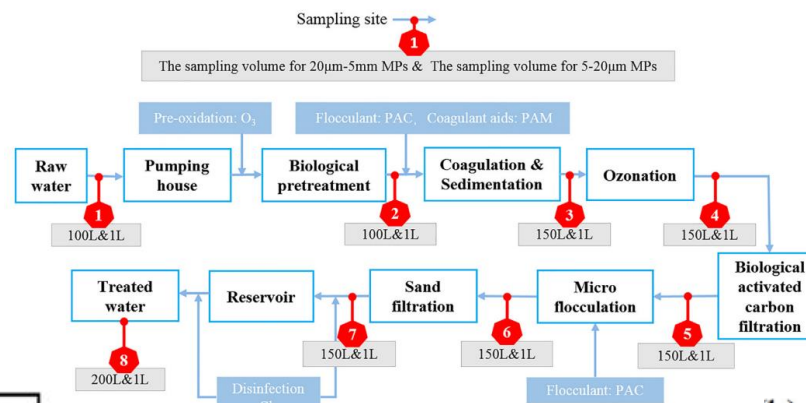


Bilancio di massa EU di MPs nelle acque reflue urbane (MPs comuni, TWP tyre wear particles, ruolo sfioratori)

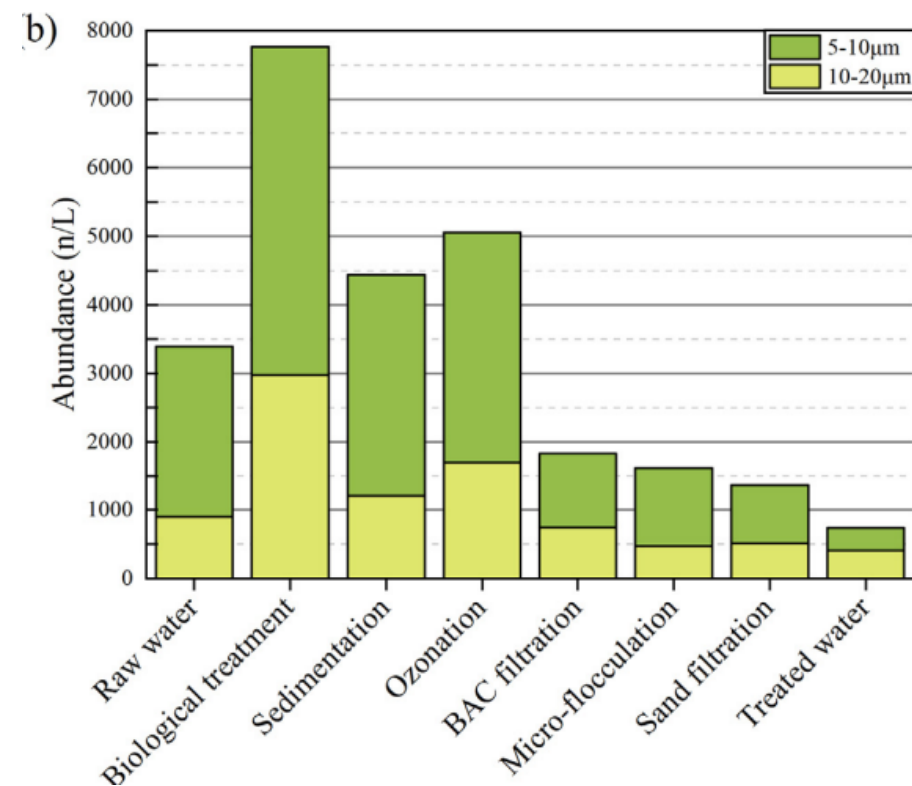
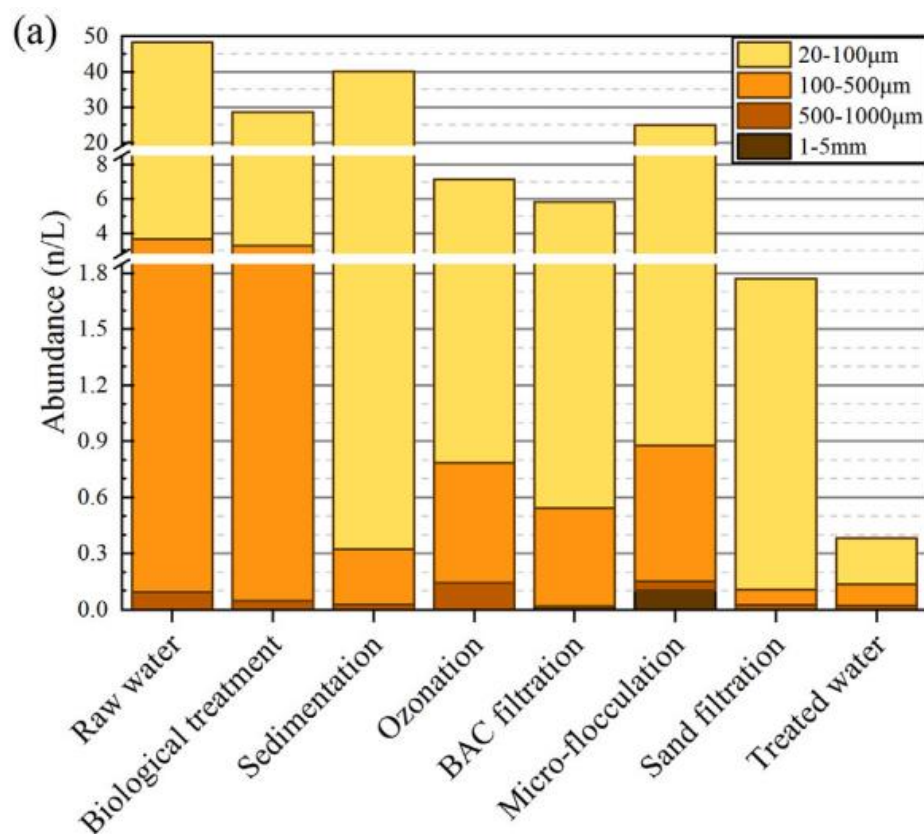
(Obermaier &
Pistocchi, 2022)
doi: 10.3389/fenvs.2022.912323



Le MP si frammentano all'interno degli impianti ?



<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150545.0048-9697>



Nuova UWSTD: cosa richiede ?

Entro il 2028:

Art.21, comma 2: monitoraggio rappresentativo di **microplastiche (concentrazione e carico)**...nei punti pertinenti di scolmo fognature miste ... e scarichi da fognature separate eparate

Art.21, comma 3: monitorare presenza di di **microplastiche (concentrazione e carico) in/out ID $\geq$ 10.000 AE**, con queste frequenze: 2/anno per **ID $\geq$ 150.000 AE**; 1 ogni 2 anni per **ID $\geq$ 10.000 AE**

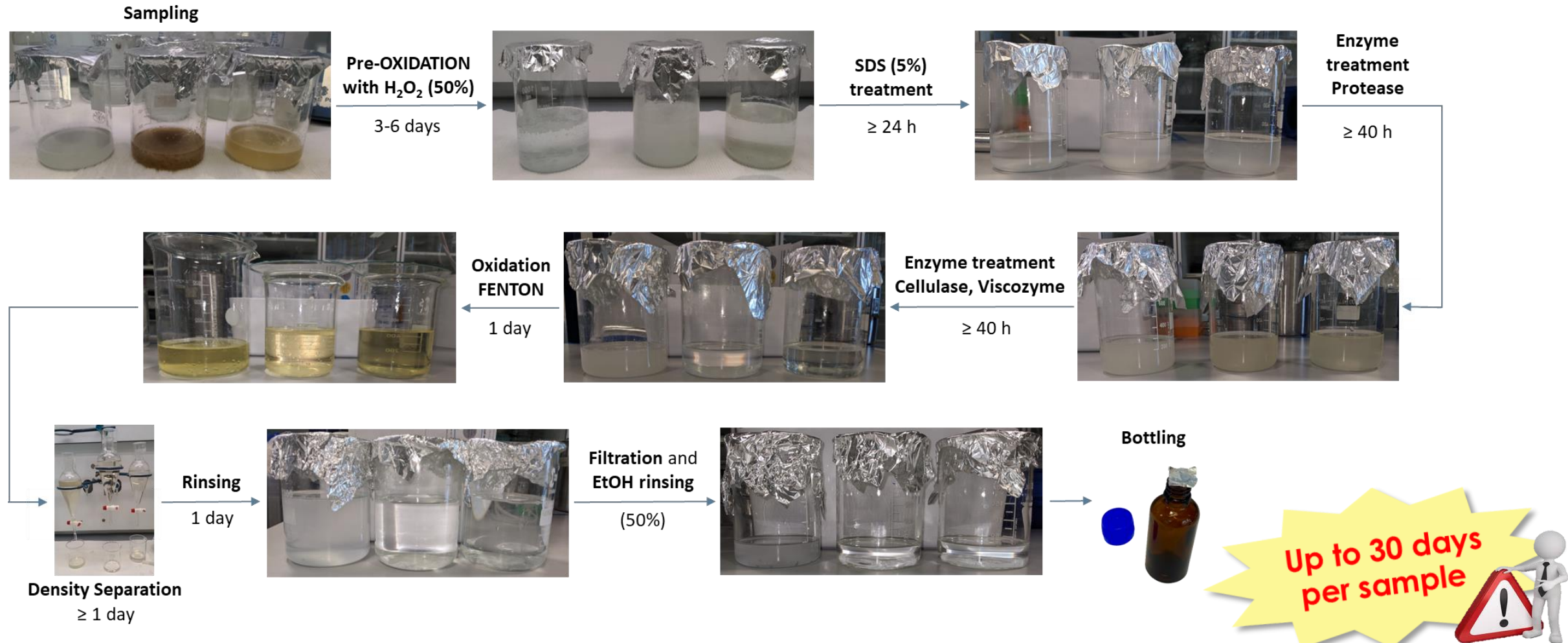
Art.21, comma 3: monitorare presenza di di **microplastiche nei fanghi per ID $\geq$ 10.000 AE, se pertinente e in particolare se sono riutilizzati in agricoltura**

+ REPORTING

Nuova UWWTD: cosa serve per ottemperare dal punto di vista tecnico ?

Misura della portata	Strutture e procedure di campionamento e filtrazione (xx L??) di acque reflue e fanghi, in ID e sugli sfiori
Estrazione delle microplastiche	Analisi delle microplastiche estratte

La fase di estrazione – Procedura tipo utilizzata nel progetto EU LIFE CASCADE...



Standard sulla estrazione ?

Nuova UWWTD: numero impianti coinvolti (dati MASE aggiornati al 2020)

Stima tempi di estrazione....

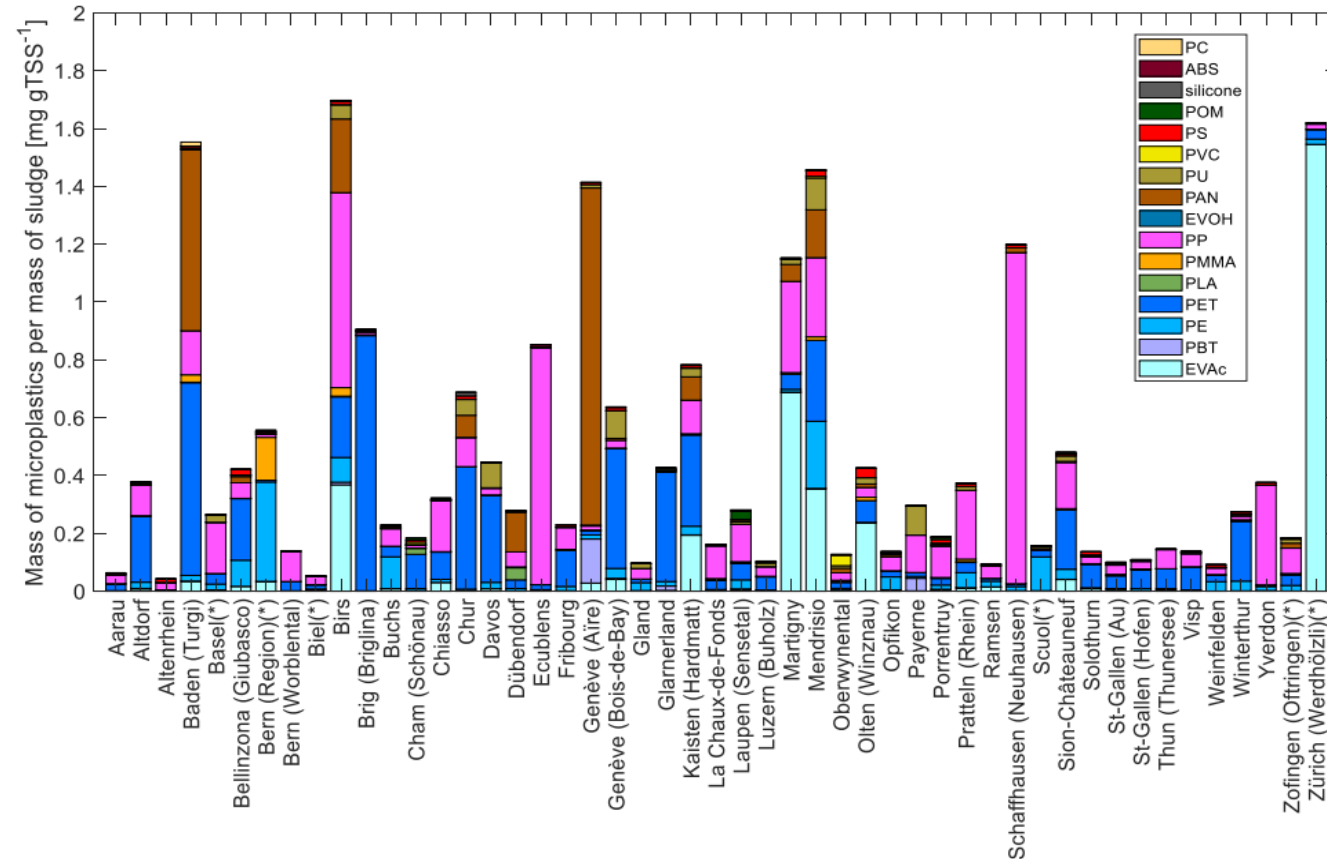
Taglia Impianti	numero impianti	numero impianti sul totale
	-	[%]
<1.000 AE	434	11,84
≥1000 -> 2.000 AE	314	8,57
≥2.000 -> 10.000 AE	1.595	43,52
≥10.000 -> 50.000 AE	922	25,16
≥50.000 -> 100.000 AE	222	6,06
≥100.000 -> 150.000 AE	66	1,8
≥150.000 -> 500.000 AE	82	2,24
≥500.000 AE	30	0,82
SITUAZIONE TOTALE	3.665	

1.210

112

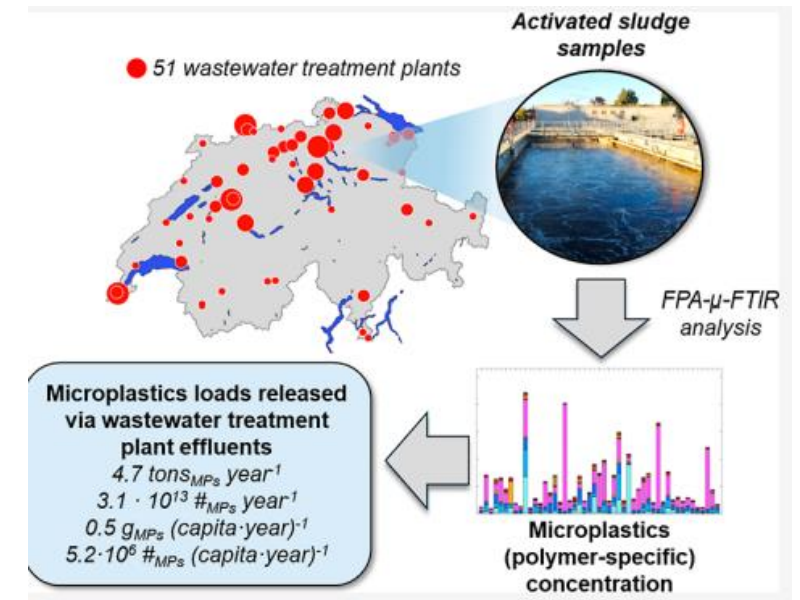
$(112 + 1210/2) \times 2 \text{ campioni/ID} \times 1 \text{ mese} = 717 \text{ mesi all'anno per estrazione}$
 ≈ 60 « soggetti » in Italia che operano full time per estrarre le MP solo dai campioni di refluo

Alternative di monitoraggio ed analisi MPs: correlare con TSS (1)



Microplastic Particle Loads Discharged by Swiss Wastewater Treatment Plants

<https://doi.org/10.1021/acsestwater.6c00366>

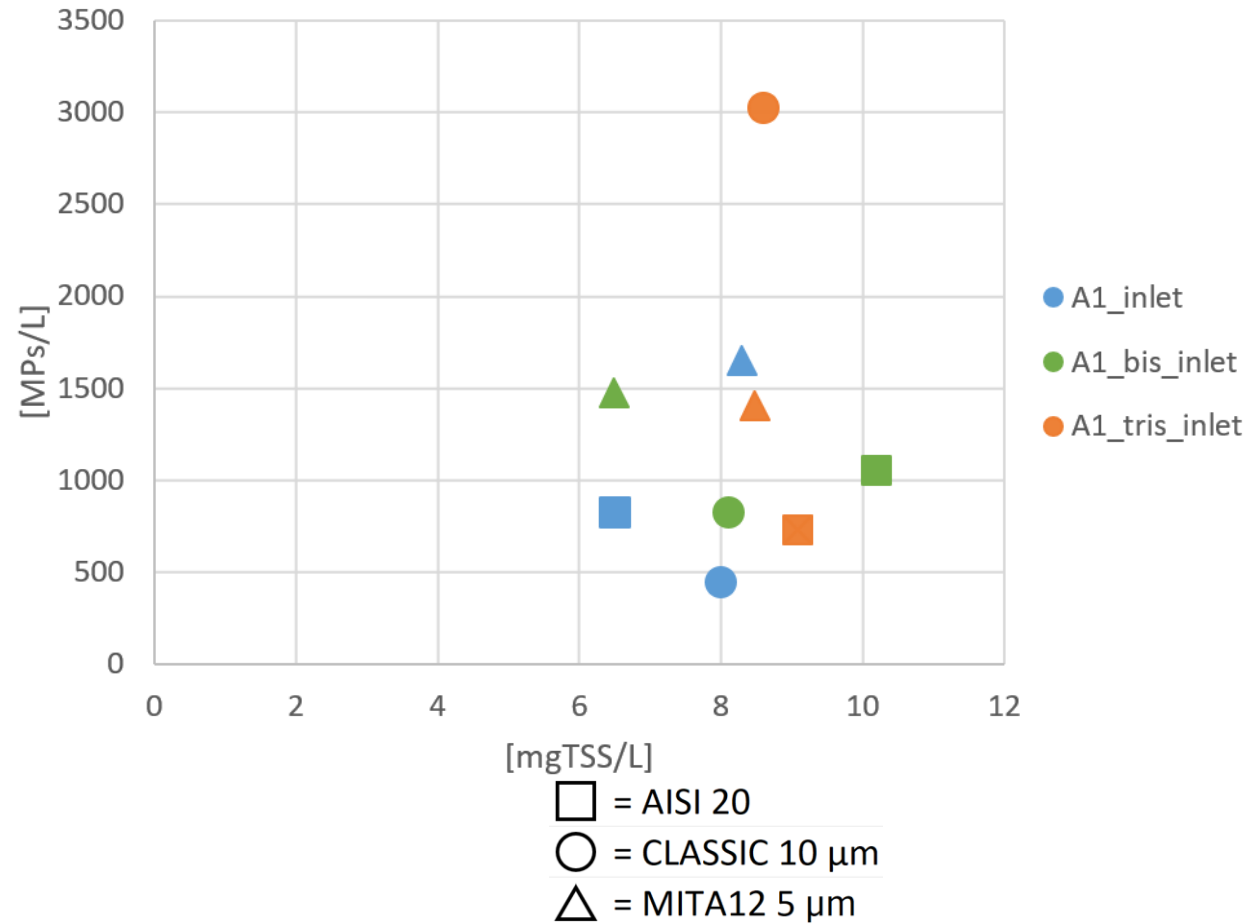


Volumi ingenti da filtrare out >> criticità

Soluzione: analisi MP su fanghi attivi/controlavaggi MBBR >> derivare MPs out da TSS out

Alternative di monitoraggio ed analisi MPs: correlare con TSS (2)

Concentrazione TSS vs MPs in filtrazione terziaria scala labo



Conclusioni & Prospettive

- Le MPs **sono un inquinante “senza pari”**, riconosciuto come emergente, **da monitorare sistematicamente** negli Impianti di depurazione e fanghi **entro il 2028**.
- Gli ID sono solo una delle fonti di immissione in ambiente.
- Le conoscenze scientifiche e tecniche **aumentano**, ma sono ancora *in fieri*.
- Dati e risultati ottenuti da prove/ricerche formeranno una base solida e adeguata a informare decisioni e soluzioni, quanto piu' **saranno state raccolte seguendo standard e linee guida uniformi, adottando procedure di controllo ed implementando regolari ring test**, via via **perfettibili**
- Aggiungere al protocollo di campionamento ed analisi di MP la richiesta di **un set minimo di informazioni sulle condizioni operative degli ID (SRT, CI, ..)**. Al fine di ricercare correlazioni tra rimozioni e condizioni operative (Zoccali, 2025).



POLITECNICO
MILANO 1863

DEPARTMENT OF CIVIL AND
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Grazie per l'attenzione !

Contatti

Politecnico di Milano, Italy
Building 4, 1st Floor
Phone: +39 02 2399 6434
francesca.malpei@polimi.it