

Contributo atmosferico all'inquinamento da PFAS in Umbria



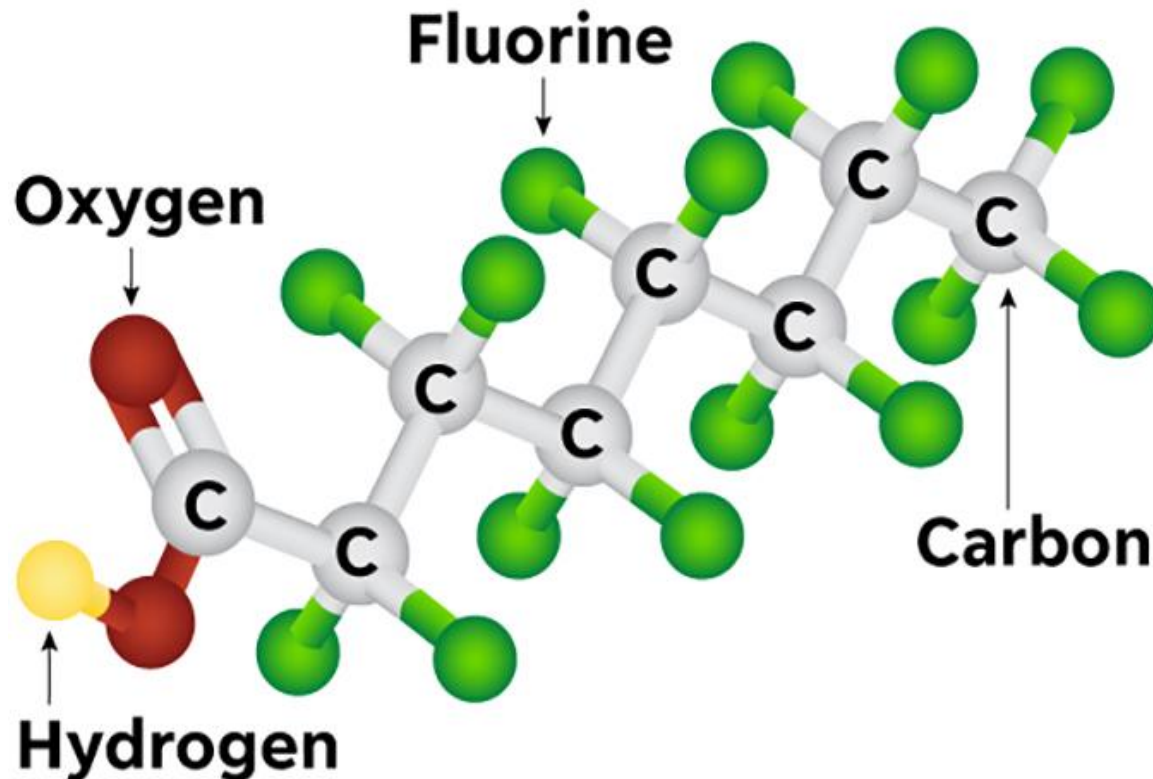
*IAS - Società Italiana di Aerosol
PM2026 – Napoli, 26 – 29 maggio*



Alice Angeli

PerFluoroAlkylated Substances

Composti chimici di sintesi costituiti da catene lineari o ramificate di atomi di carbonio legate a atomi di fluoro.



Il legame CARBONIO – FLUORO rende queste molecole particolarmente resistenti all'idrolisi, alla fotolisi, alla termolisi e alla degradazione microbica



FOREVER CHEMICALS

PFAS Sources



Fast food packaging



Photography

Shampoo



Paints

Aviation hydraulic fluid



Mining & oil well surfactants

Stain resistant product



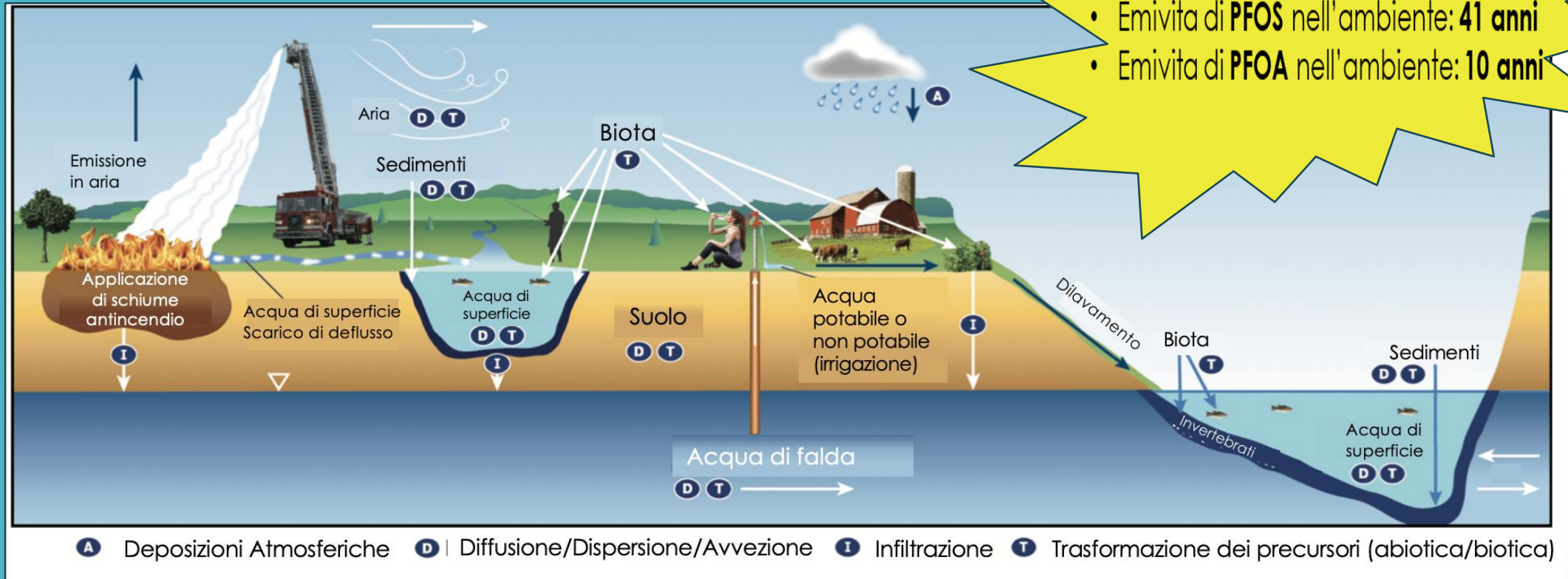
Pesticides & manufacturing emissions

Fire fighting foams



Non-stick cookware

Come si diffondono i PFAS nell'ambiente?



- Sversamento dei reflui industriali
- Smaltimento di prodotti contenenti PFAS (incenerimento, discariche)
- Rilascio da prodotti contenenti PFAS
- Spargimento di fanghi come ammendanti



Cementifici Gubbio



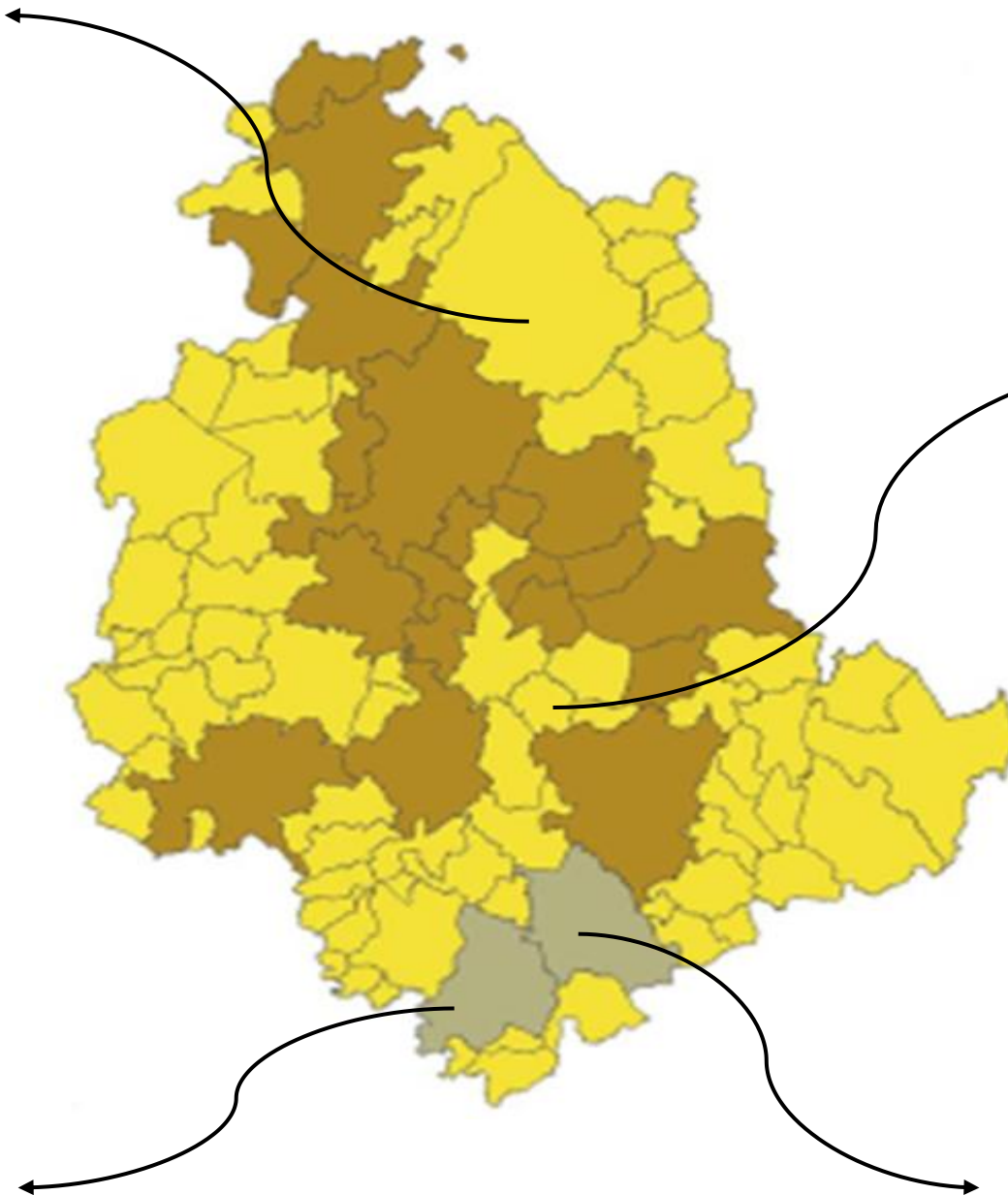
Monti Martani



Inceneritore Terni

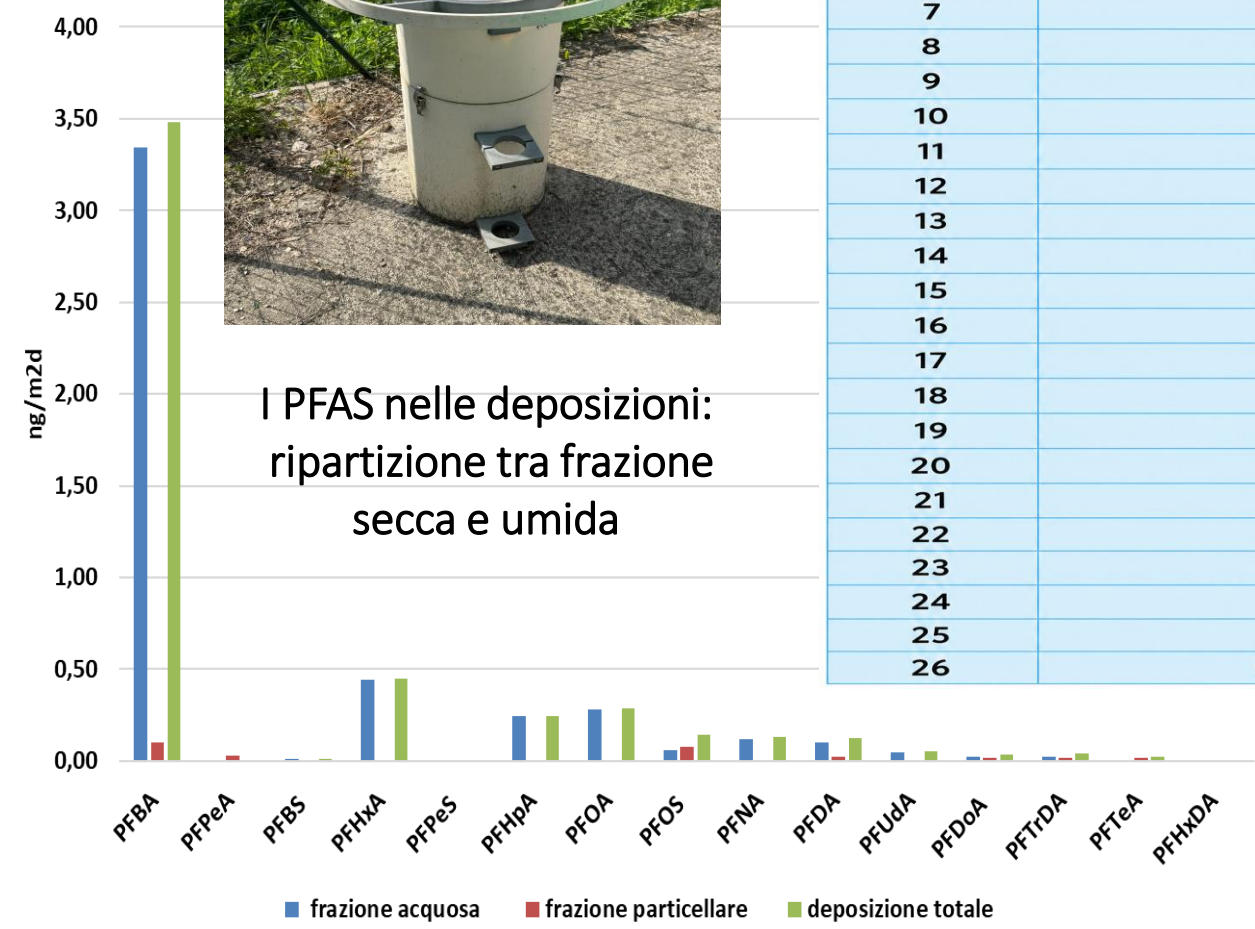


Acciaierie Terni





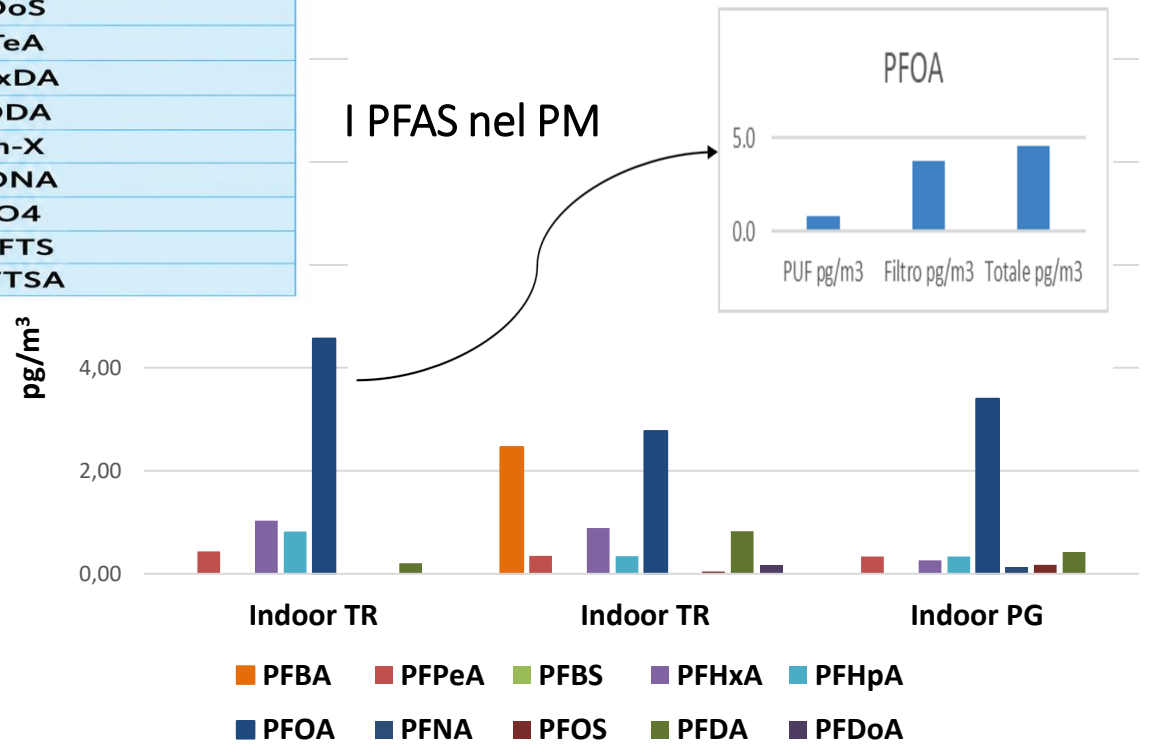
I PFAS nelle deposizioni:
ripartizione tra frazione
secca e umida



#	Congere analizzato
1	PFBA
2	PFPeA
3	PFBS
4	PFHxA
5	PFPeS
6	PFHpA
7	PFHxS
8	PFOA
9	PFHpS
10	PFNA
11	PFOS
12	PFDA
13	PFNS
14	PFUdA
15	PFDS
16	PFDoA
17	PFTriA
18	PFDoS
19	PFTeA
20	PFHxDA
21	PFODA
22	Gen-X
23	ADONA
24	C6O4
25	6:2 FTS
26	8:2 FTSA



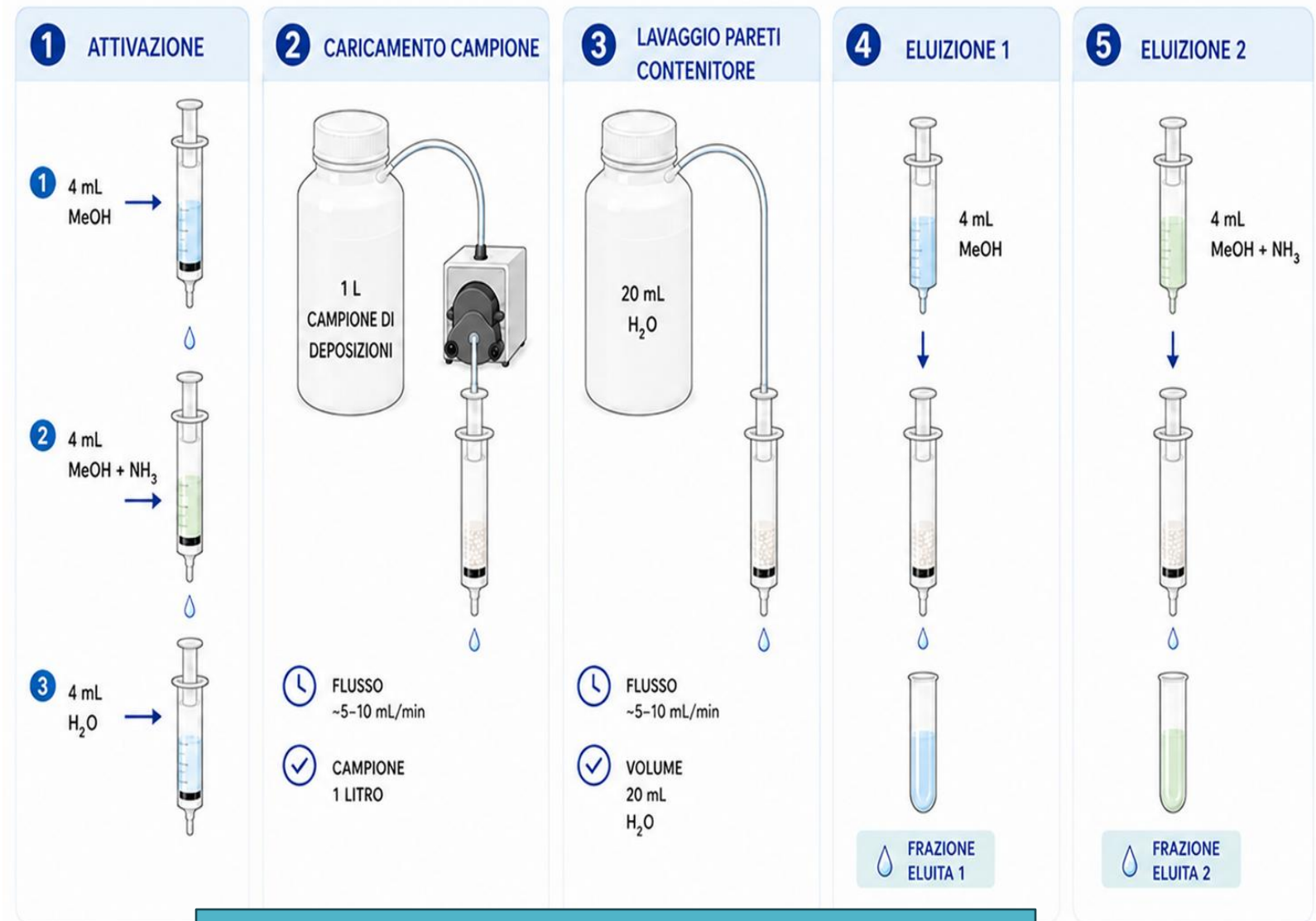
I PFAS nel PM



DEPOSIZIONI (metodo EPA 533+8327)

La scelta di ARPA è stata quella di utilizzare un metodo con preconcentrazione che permettesse di raggiungere limiti di quantificazione più bassi con la strumentazione a nostra disposizione.

La tecnica SPE prevede il passaggio del campione su una fase fissa che blocca le sostanze da ricercare per poi eluirle con opportuno solvente



LQ da 0,001 a 0,327 ng/m²d
RECOVERY tra 50-150%

ESTRAZIONE PM 2.5

- 1** Prelievo di un punch di filtro PM2.5 (1,5 cm²)



2



soluzione estrazione
40mL MeOH+NH₃ 5%

3

Agitazione per 18h



- 4** Separazione dell'estratto



5

Centrifugazione dell'estratto per rimuovere eventuali particelle residue



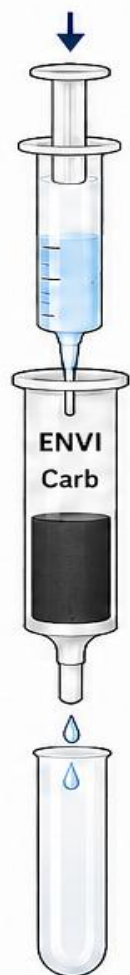
6

Concentrazione dell'estratto al rotavapor fino a pochi mL



1. ATTIVAZIONE

6 mL
MeOH + NH₃ 0,1%



scarto

2. ATTIVAZIONE

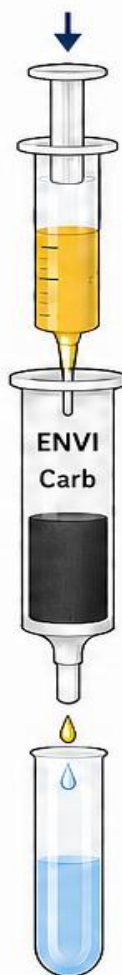
3 mL
MeOH



scarto

3. CARICAMENTO ED ELUIZIONE

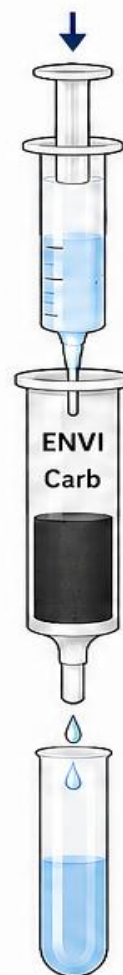
(estratto da PM 2.5
in MeOH + NH₃)



frazione
eluita
(raccolta)

4. LAVAGGIO DELLE PARETI

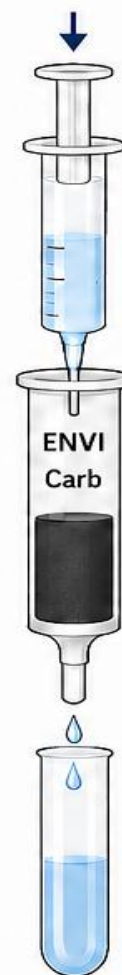
3 mL
MeOH



frazione
eluita
(raccolta)

5. ELUIZIONE

3 mL
MeOH + NH₃ 0,1%



frazione
eluita
(raccolta)

CONDIZIONI SPE

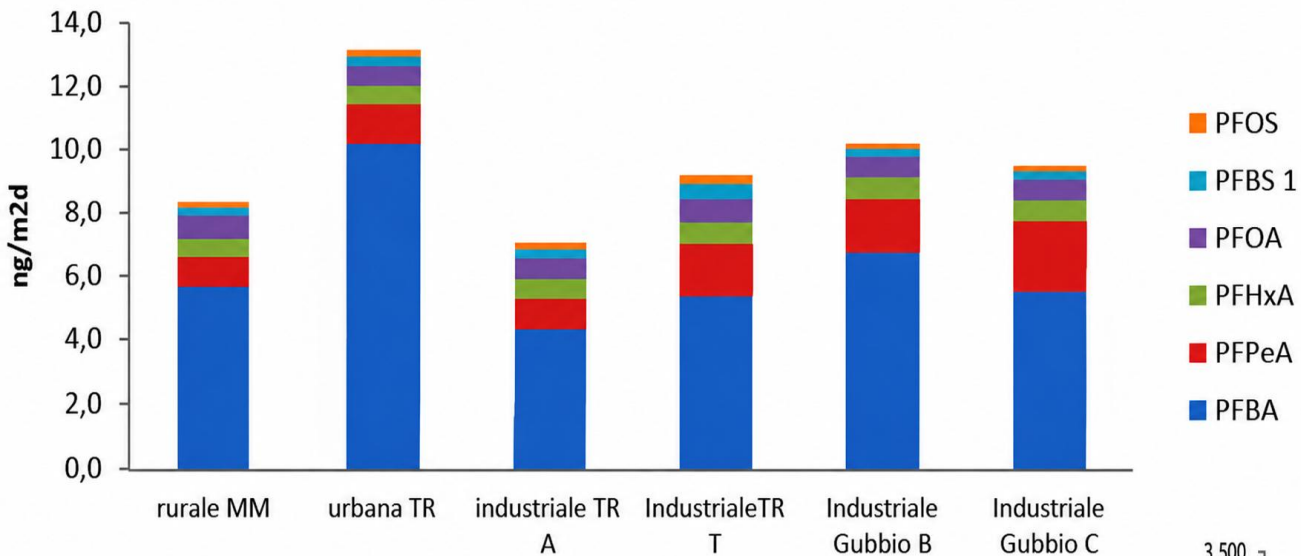
Cartuccia: ENVI Carb

Flusso: ~1 mL/min

Le fasi 3, 4 e 5
costituiscono
l'eluzione

Per 350 m³ di aria
LQ da 0,002 -
0,160pg/m³
RECOVERY 50-150%

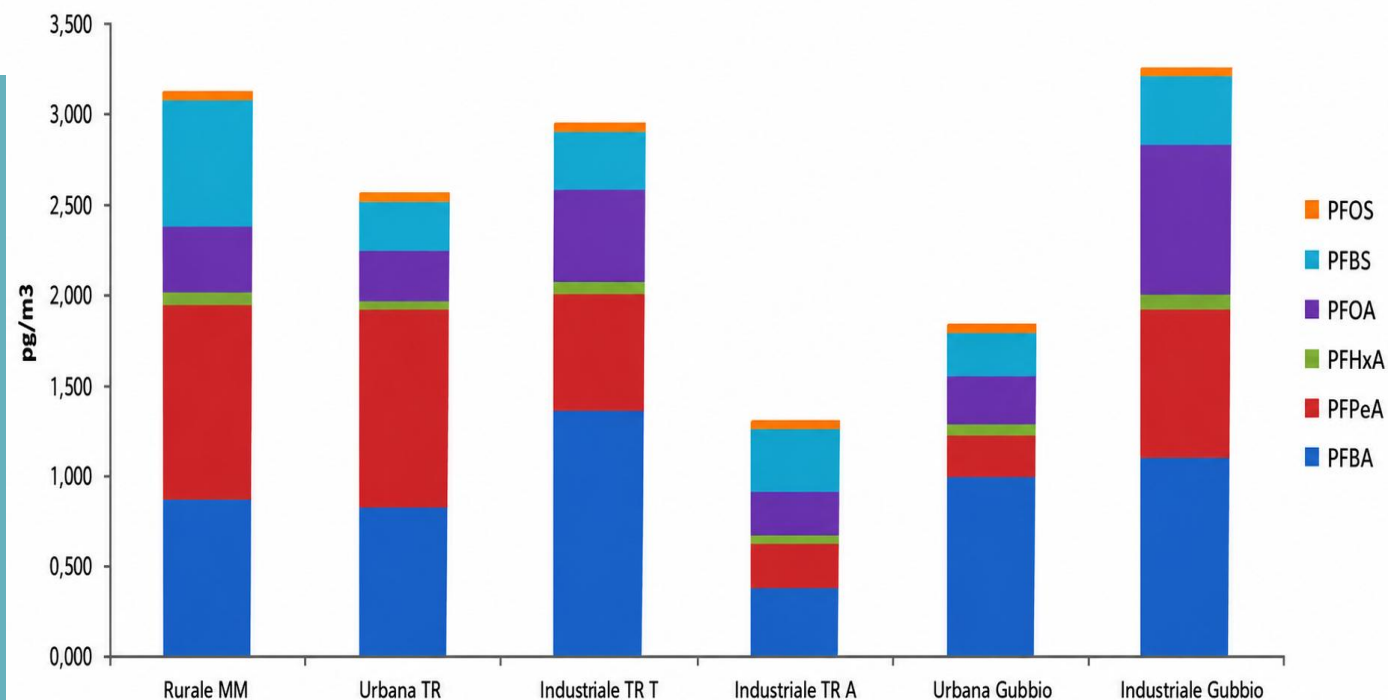
Caratterizzazione dei PFAS nelle deposizioni in diversi siti di campionamento



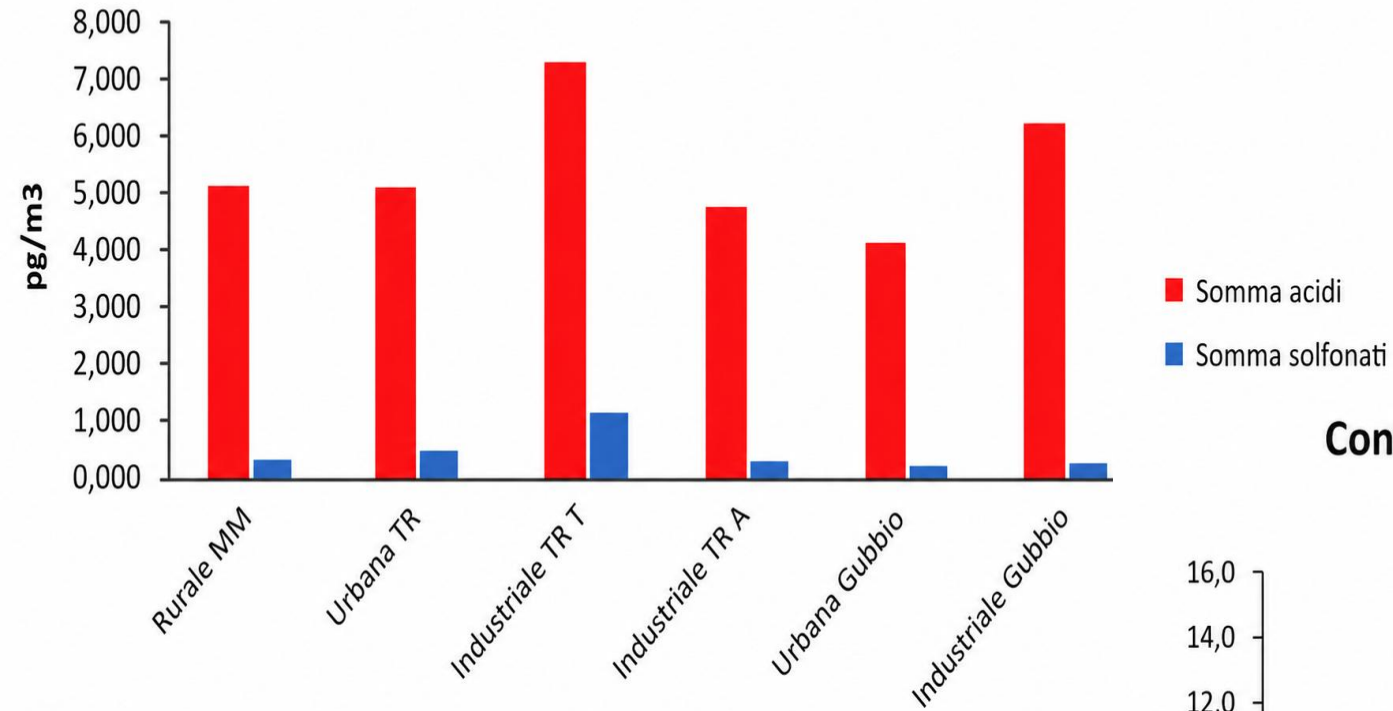
- PFBA predominante nelle deposizioni
- PFOA e PFPeA più presenti nel particolato

Prevalenza composti a corta catena, spesso caratterizzati da maggiore mobilità ambientale.

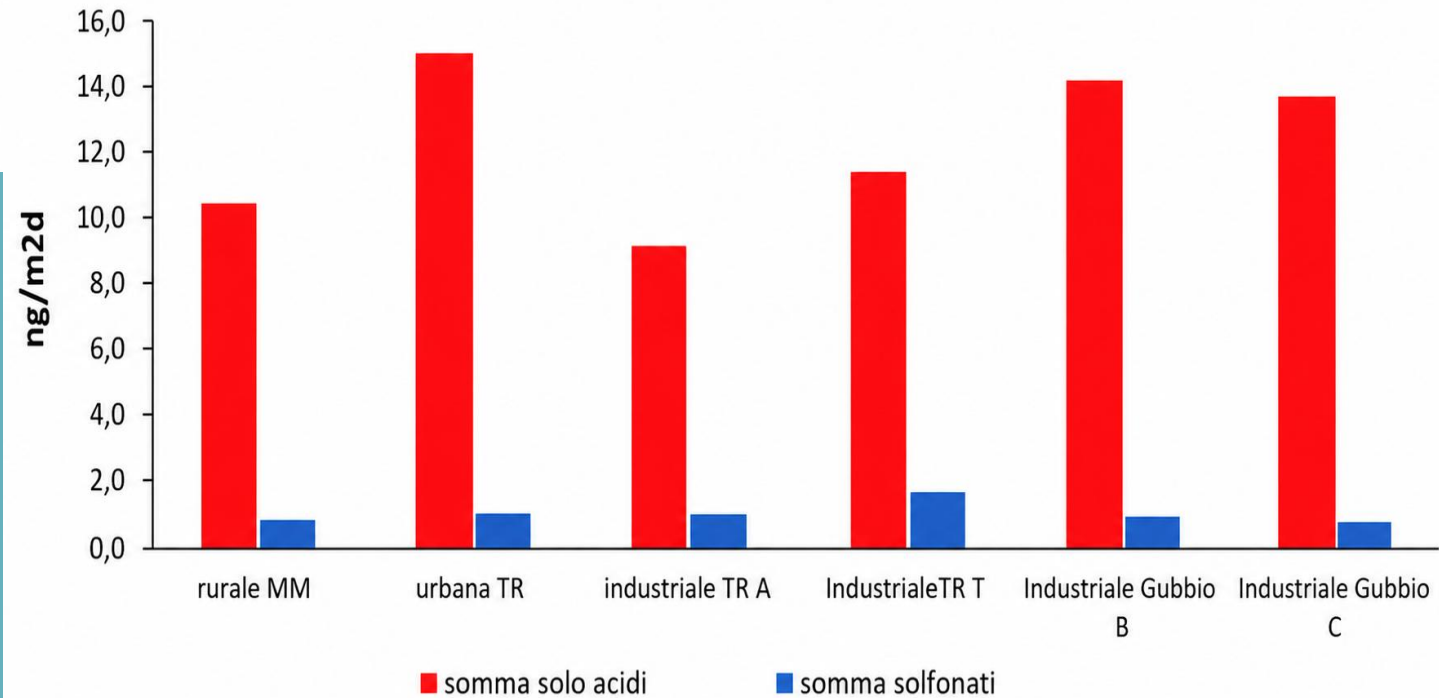
Caratterizzazione dei PFAS nel PM_{2,5} in diversi siti di campionamento



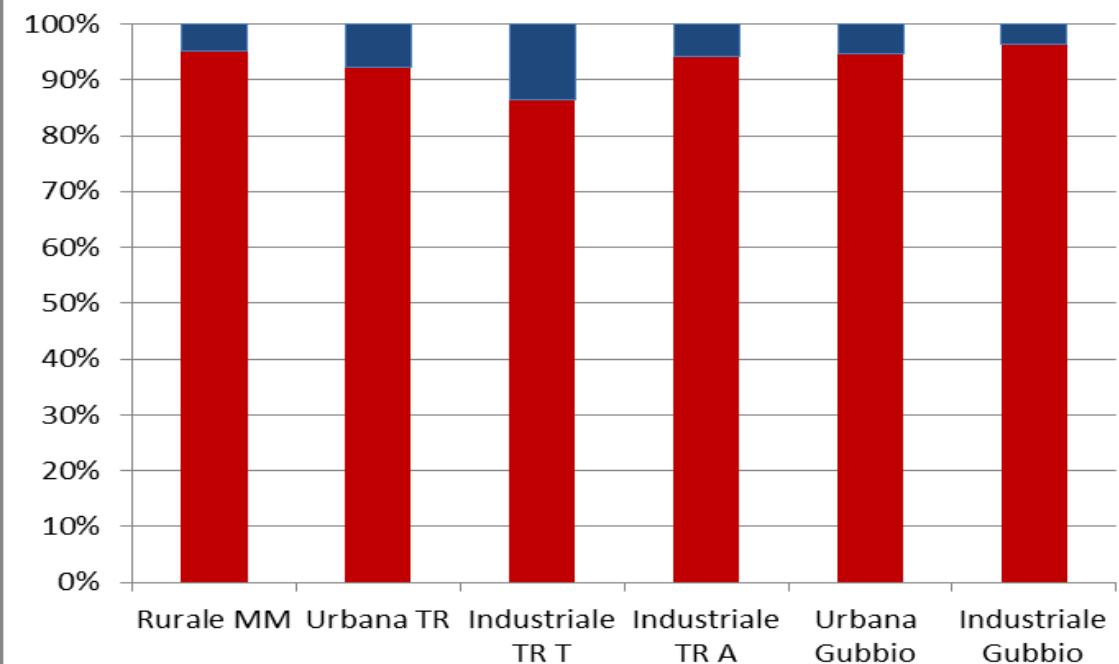
Confronto tra acidi e solfonati nel PM2,5 in diversi siti di campionamento



Confronto tra acidi e solfonati nei deposimetri in diversi siti di campionamento

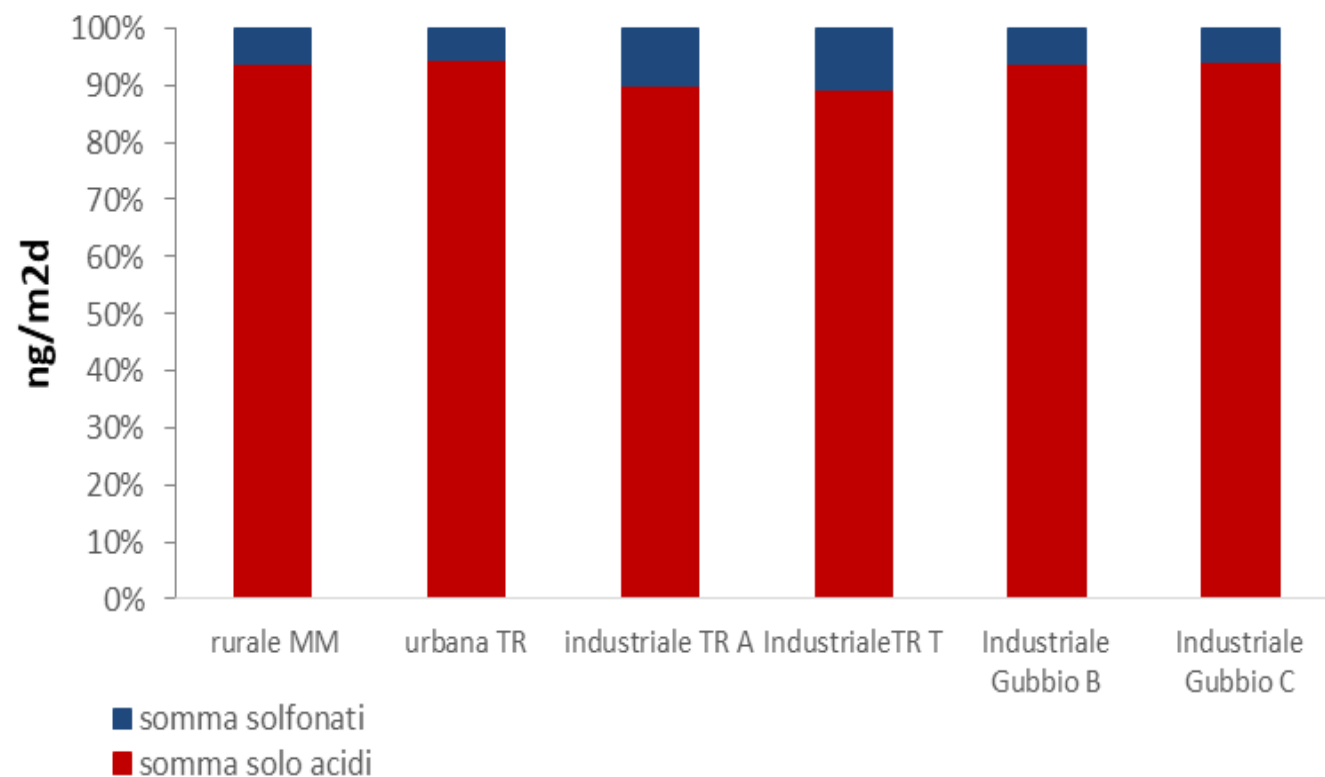


Ripartizione tra Acidi e Solfonati nel PM2,5

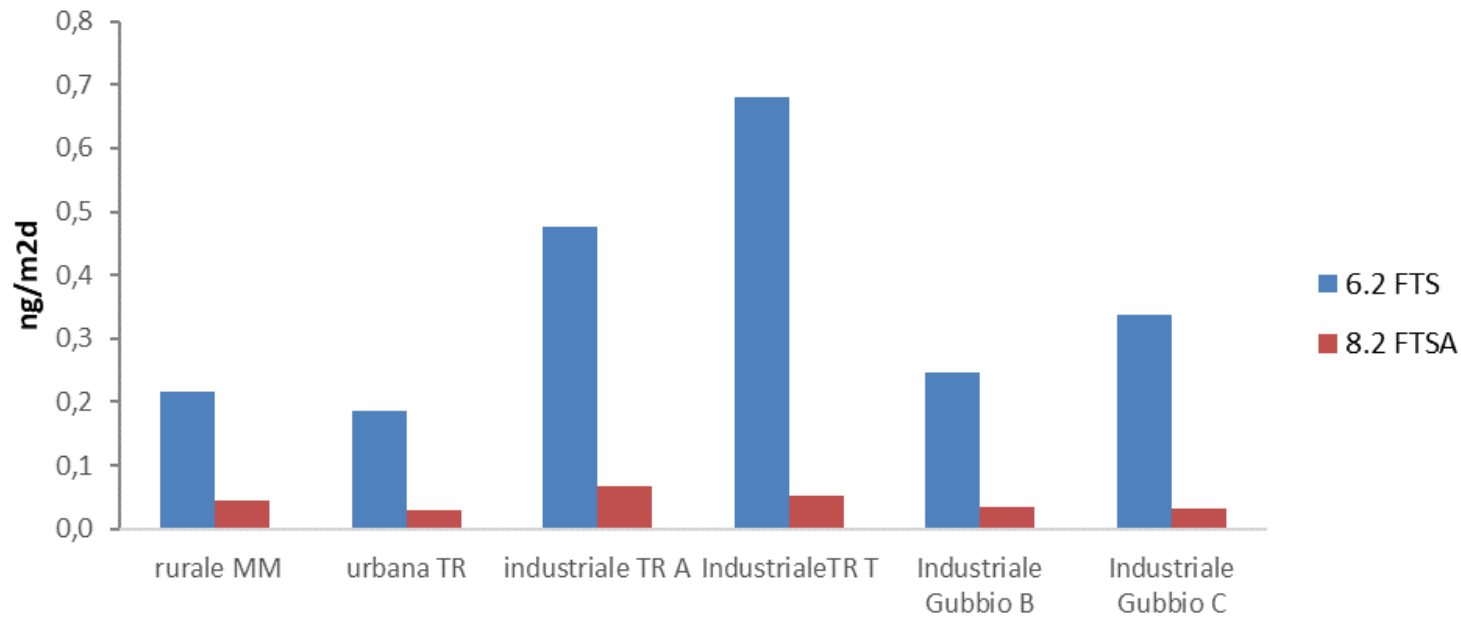


Oltre il 90% dei PFAS, nelle deposizioni e nel PM2.5 è a carattere Acido.

Ripartizione tra acidi e solfonati nei deposimetri

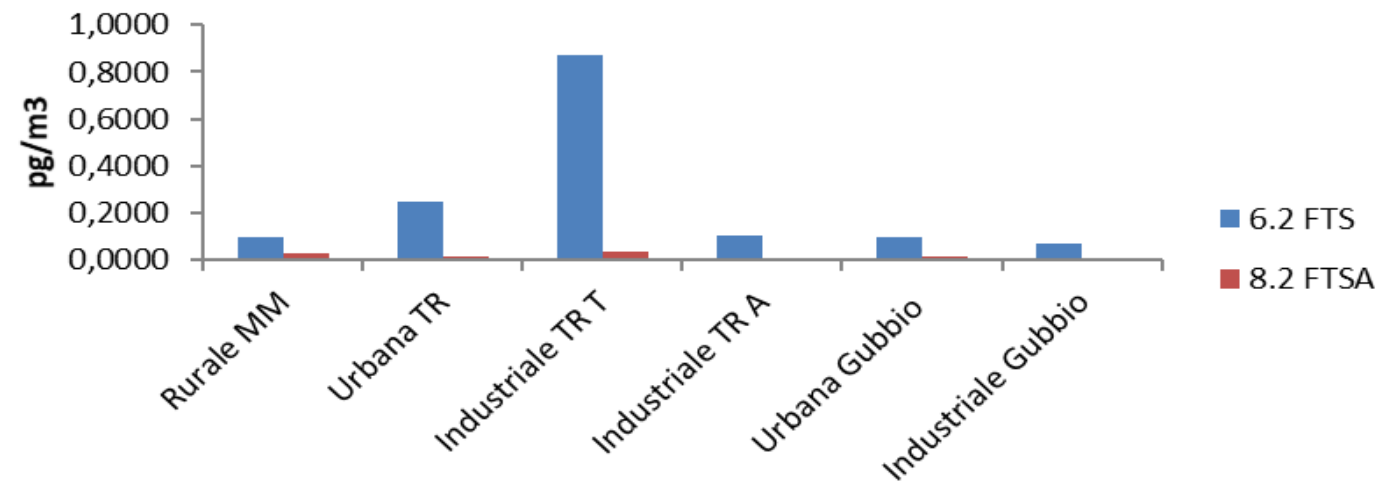


Fluorotelomeri solfonati nelle deposizioni indiversi siti di campionamento

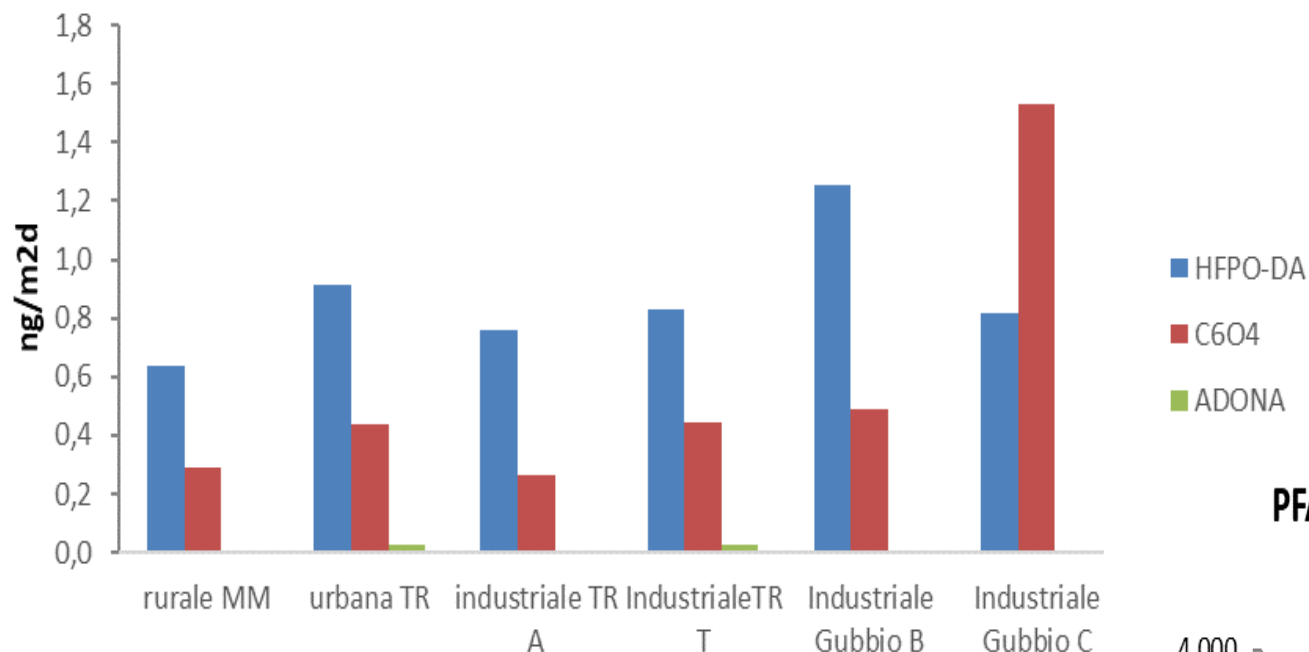


I siti influenzati da attività industriale tendono a presentare profili differenti rispetto alle aree urbane e rurali, specie per i fluorotelomeri solfonati per cui notiamo un diretta correlazione con le attività siderurgiche.

Fluorotelomeri solfonati nel PM_{2,5} in diversi siti di campionamento

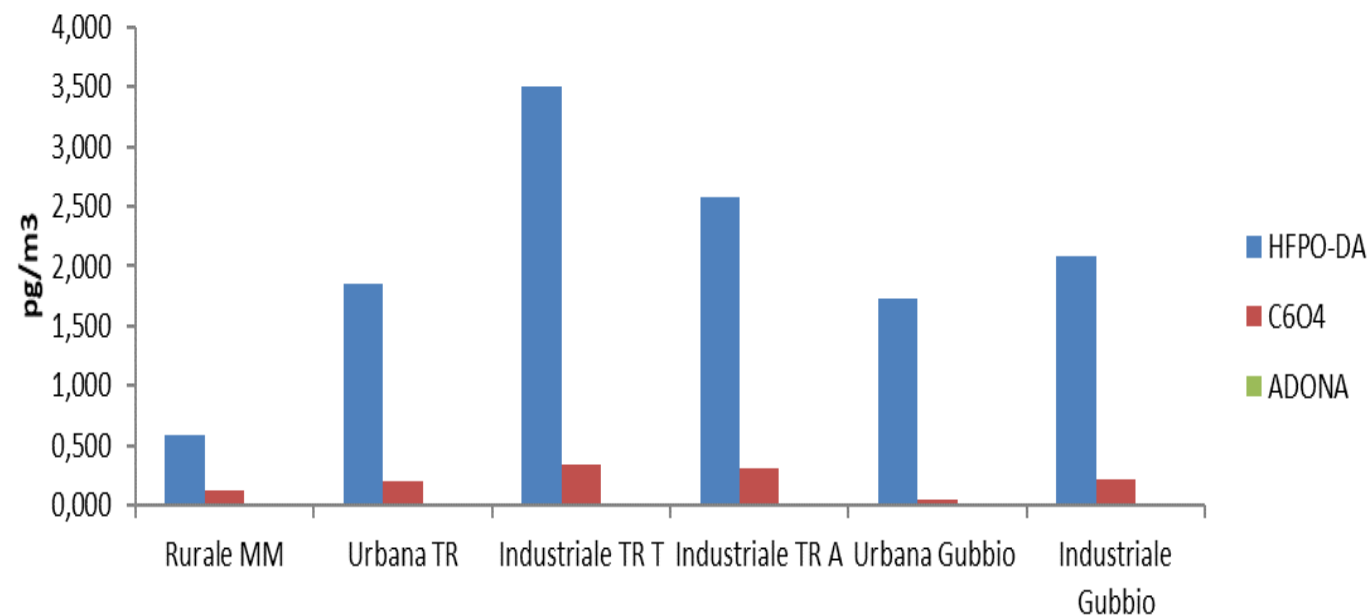


PFAS di nuova generazione nelle deposizioni in diversi siti di campionamento



Short Chain/Alternative PFAS usati soprattutto nell'industria dei fluoropolimeri, cioè materiali molto resistenti a calore, corrosione e agenti chimici.

PFAS di nuova generazione nel PM 2,5 in diversi siti di campionamento



Studio / Fonte Bibliografica	Area Geografica e Condizioni	Flusso di Deposizione (ng/m ² d)
RSC (2026) The global atmospheric cycle of forever chemicals	Giappone (Aree urbane/suburbane)	40,8 – 186
Pfotenhauer et al. / NADP (2022/2024) PFAS concentrations and deposition in precipitation	Grandi Laghi (USA) (8 stazioni di monitoraggio settimanale)	5,7 (Mediana) [Range: 1,3 – 47,4]
Jiatong et al. / NADP (2023) Assessment of PFAS Deposition via Precipitation	Costa Est degli Stati Uniti (Stazioni rurali e di sfondo)	< 0,1 – 3,0
Estudio de Alianzas Científicas / ACS (2022) Planetary Boundary for PFAS	Nord-Est Globale (Vicino impianti chimici)	200 – 3400
Shimizu et al. (2024) Preferential Partitioning of PFAS	Deposizione secca (Dry Flux) (Fase gassosa e particolato)	11 – 290 (Media: 72)
Arctic Contaminant Cycling (Rapporti High Arctic)	Artico Canadese e Norvegese (Aree remote di solo trasporto a lungo raggio)	0,3 – 2,4
	Rurale Remota - Monti Martani, Umbria, Central Italy	7,6 - 20,4
	Urbana -Umbria, Central Italy	6,3 - 34
	Industriale - Umbria, Central Italy	4,8 - 26,7

Confronto coi valori di concentrazione nel PM 2.5 riportati in letteratura

Riferimento*	Anno	Tipo	Sito Europeo	ΣPFAS (pg/m ³)
61	2005	RR	Waldhof, Germany	2–20
61	2005	U	Hamburg, Germany	4–29
96	2005	RR	Kjeller, Norway	—
96	2005	U	Manchester, UK	—
96	2005–2006	SR	Hazelrigg, UK	—
100	2006	RR	Mace Head, Ireland	—
101	2007–2008	M/MR	N. Atlantic Ocean, Baltic Sea, Germany	4.3
101	2007–2008	SR	Barsbuettel, Germany	3.1–5.7
66	2007–2008	SR	Geesthacht, Germany	1.8–3.5
102	2007–2008	SR	Geesthacht, Germany	2.8
103	2009	SR	Lüneburg and Lüchow, Germany	>0.1 to >24.5
104	2010	RR	Alicante, Spain	6.05–38.8
104	2010	U	Zurich, Switzerland	--
52	2012–2014	RM	Mt. Uetliberg, Switzerland	0.65
72	2018–2019	RR	Křešín, Czech Republic	0,42
72	2018–2019	M	Birkenes, Norway	0,73
	2026	U	Umbria, Central Italy	4,4 -5,6
	2026	R	Umbria, Central Italy	4,1 -6,9
	2026	I	Umbria, Central Italy	3,5- 10.5

RR = Rural Remote
 U = Urban
 SR = Suburban Rural
 M/MR = Marine /
 Marine Remote
 RM = Remote
 Mountain
 M = Marine
 I = Industriale

Conclusioni:

- Il metodo analitico sviluppato è idoneo alla determinazione di PFAS nella matrice aria;
- I dati preliminari mostrano un inquinamento diffuso nelle varie tipologie di sito indagati con una prevalenza di fluotelomeri e PFAS di nuova generazione nei siti industriali;
- I livelli di concentrazione rilevati sia nelle deposizioni che nel PM sono in linea con i dati ricavati dalla letteratura in siti confrontabili coi nostri;
- Lo studio si configura come un'indagine preliminare e pertanto la matrice aria necessita di ulteriori approfondimenti e di essere esteso ad un intervallo temporale sufficiente ad evidenziare eventuali andamenti stagionali;

Obiettivi futuri:

- Applicare il monitoraggio anche per i congeneri più leggeri come i fluorotelomeri;
- Valutare anche la loro distribuzione tra fase solida e fase gassosa mediante l'inserimento di un PUF o altro materiale assorbente oltre al filtro come supporto di campionamento.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



agenzia regionale per la protezione ambientale

Il Team di lavoro:

Dott.ssa Mara Galletti

Dott.ssa Gaia Piccini

Dott.ssa Alice Angeli

Dott. Andrea Pileri

Contatti:

Alice Angeli

a.angeli@arpa.umbria.it