

PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA

Indagine sulle discariche del Piemonte



Luglio 2026

Indice

1	PREMESSA.....	3
2	COSA SONO I PFAS	4
2.1	CLASSIFICAZIONE DEI PFAS	4
2.2	CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE	7
2.3	PFAS DI NUOVA GENERAZIONE	7
3	ORIGINE DELLA CONTAMINAZIONE ED EFFETTI SULLA SALUTE	8
3.1	INQUINAMENTO DIFFUSO DA PFAS	8
3.1.1	La situazione in Italia	9
3.1.2	Focus sul Veneto: il caso Miteni, Trissino (Vi).....	11
3.1.3	Focus sul Piemonte: il caso Solvay, Spinetta Marengo (AL).....	12
3.2	EFFETTI SULLA SALUTE UMANA	14
4	LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	16
4.1	ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE	16
4.2	ACQUE POTABILI.....	16
4.3	ACQUE REFLUE	17
4.3.1	Normativa comunitaria.....	17
4.3.2	Normativa italiana	18
4.3.3	Misure adottate dalle Regioni italiane	18
5	CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI PFAS	20
5.1	LE TECNICHE DI MISURA E ANALISI DEI PFAS NELLE ACQUE.....	20
5.2	LE PRINCIPALI CRITICITÀ	21
6	TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO DEI PFAS NELLE ACQUE.....	23
6.1	ADSORBIMENTO SU CARBONE ATTIVO.....	24
6.2	ADSORBIMENTO TRAMITE RESINE A SCAMBIO IONICO	25
6.3	FILTRI A MEMBRANA.....	26
6.4	FOAM-FRACTIONATION	27
6.5	EVAPORAZIONE SOTTOVUOTO	27
6.6	SUPERCRITICAL WATER OXIDATION	28
7	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA: ESITI DELL'INDAGINE DI A.R. PIEMONTE	30
7.1	PRODUZIONE ANNUA DI PERCOLATO.....	30
7.2	PRESENZA DI PFAS NEL PERCOLATO.....	32
7.3	DESTINAZIONE DEL PERCOLATO E COSTI DI TRATTAMENTO	36
8	L'OSSERVATORIO TECNICO-SCIENTIFICO PFAS.....	40

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		3 di 42

1 PREMESSA

I PFAS, acronimo inglese di “perfluorinated alkylated substances”, sostanze per- e poli-fluoroalchiliche nascono negli anni '40 come composti chimici di sintesi.

Sono sostanze tossiche, altamente stabili e resistenti ai principali processi naturali di degradazione per la presenza di legami molto forti tra atomi di fluoro e carbonio, e per questo definiti “forever chemicals”. Per le loro caratteristiche di durevolezza, resistenza al calore e impermeabilità all'acqua e ai grassi, i PFAS sono utilizzati nella produzione di una moltitudine di prodotti industriali e di consumo.

Nel 2025 A.R. Piemonte, su mandato della propria Assemblea (seduta del 30/4/2025), è intervenuta sulla questione della criticità nel ritiro del percolato di discarica, da parte degli impianti di trattamento, per presenza di PFAS, richiedendo alla Regione Piemonte la sospensione dei termini di applicazione dell'art. 74 della L.R. 25/2021.

L'Allegato A della norma citata fissa i valori limite di emissione (VLE) per le sostanze per- e poli-fluoroalchiliche (PFAS) negli scarichi in acque superficiali che i gestori degli impianti di trattamento di acque reflue sono tenuti a rispettare; il medesimo allegato definisce anche i termini temporali per il loro conseguimento, stabilendo dei valori limite, validi a partire da 36 mesi dalla sua entrata in vigore, molto restrittivi, soprattutto per PFOS e PFOA; le difficoltà nel raggiungimento di tali limiti da parte degli impianti di trattamento, hanno generato il blocco del ritiro del percolato da parte degli stessi.

In ragione della difficoltà a smaltire il percolato, alcuni gestori di discariche consortili hanno segnalato ad A.R. Piemonte il rischio di non riuscire a rispettare le prescrizioni autorizzative in termini di battente del percolato nel corpo discarica; A.R. Piemonte con Nota prot. 301 del 5/5/2025, ha dunque richiesto ai CAV e ai gestori delle discariche di fornire ogni informazione utile a valutare la dimensione del problema ed a proporre rimedi.

I risultati dell'indagine condotta, sono riportati nella Relazione redatta dagli uffici dal titolo “PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA, Analisi e dimensione del problema, criticità segnalate, prime proposte per una loro gestione”, trasmessa alla Regione con nota n° 355 del 26/05/2025, unitamente alla lettera del Presidente di A.R. Piemonte, con la quale si chiedeva di sospendere i termini di applicazione dei nuovi limiti di cui all'art. 74 della L.R. 25/2021, nelle more delle indicazioni provenienti dall'Unione Europea e dallo Stato Italiano, e di impiegare il periodo transitorio per un preventivo monitoraggio del contesto e per l'identificazione delle tecnologie più performanti per la cattura e la distruzione dei composti PFAS, coinvolgendo partner scientifici quali Politecnico, Università e Arpa.

Nel mese di luglio 2025 il Consiglio Regionale ha approvato un emendamento alla L.R. 25/2021: la Legge Regionale n. 9 dell'8 luglio 2025 ha istituito l'Osservatorio tecnico-scientifico per la riduzione dei PFAS (art.36) e ridefinito all'art. Art. 37 le “Norme di attuazione dell'articolo 74 della legge regionale 25/2021” stabilendo che:

“1. Al fine di un'ottimale implementazione della strategia di riduzione della presenza di PFAS in ambiente, i valori limite di emissione allo scarico ed i termini temporali per il loro conseguimento, indicati nell'allegato A di cui all' articolo 74 della legge regionale 25/2021, decorrono dalla data di entrata in vigore della presente legge”.

La citata modifica normativa sospende i termini di applicazione dei nuovi limiti di cui all'art. 74 della L.R. 25/2021, traslandoli di fatto di 36 mesi al fine di consentire alla Regione di approfondire il problema e di verificare le tecnologie e gli impianti disponibili, in attesa della promulgazione di norme Europee e nazionali.

Al fine di aggiornare il quadro sulle criticità nel trattamento del percolato di discarica per presenza di PFAS, con nota prot. 446 del 27/5/2026 A.R. Piemonte ha chiesto ai gestori di discarica di segnalare la permanenza di eventuali problematiche e di comunicare i seguenti dati:

- impianti attuali di destinazione del percolato (ragione sociale e indirizzo);
- tariffe applicate dall'impianto di trattamento;
- ogni informazione utile allo scopo.

Il presente documento PFAS, dopo un'ampia introduzione sui PFAS (caratteristiche chimico-fisiche, effetti sulla salute umana, tecniche di campionamento e analisi, tecnologie di abbattimento, normativa di riferimento) illustra le risultanze degli approfondimenti svolti da A.R. Piemonte sulla gestione del percolato di discarica e sull'incidenza della presenza di PFAS sui costi di trattamento.

2 COSA SONO I PFAS

I PFAS, sostanze per- e poli-fluoroalchiliche nascono negli anni '40 come composti chimici di sintesi. Oggi si contano oltre 8.000 specie chimiche classificate come PFAS. Sono sostanze tossiche, altamente stabili e resistenti ai principali processi naturali di degradazione per la presenza di legami molto forti tra atomi di fluoro e carbonio. Dal punto di vista ambientale e sanitario sono inquinanti tossici, persistenti e bioaccumulabili.

Per le loro caratteristiche di durevolezza, resistenza al calore e impermeabilità all'acqua e ai grassi, i PFAS sono utilizzati nella produzione di innumerevoli articoli di largo consumo:

- prodotti ad uso domestico (pentole antiaderenti rivestite in *Teflon*®, detersivi, lucidanti per pavimenti, rivestimenti, tappeti, imballaggi per alimenti, etc.);
- tessuti tecnici (GORE-TEX®, *Scotchgard*™).
- carta e imballaggi oleorepellenti;
- cosmetici e farmaci;
- articoli medicali (impianti, protesi mediche, teli e camici chirurgici);
- componenti meccanici nel settore automobilistico, aeronautico, aerospaziale e della difesa;
- produzione di cavi;
- placcatura dei metalli;
- lavorazione del petrolio e produzione mineraria;
- in edilizia per il rivestimento di materiali al fine di aumentare la resistenza agli incendi e ad agenti atmosferici (tessuto di vetro, piastrelle, cemento e metalli) e come additivo nelle pitture;
- settore elettronico ed energetico;
- prodotti antincendio (schiume e d equipaggiamento);
- pesticidi.



Fig. 1 - Utilizzi dei PFAS (Chang, 2022)

2.1 CLASSIFICAZIONE DEI PFAS

Dei circa 8.000 composti classificati come PFAS, almeno 4.700 sono sostanze chimiche registrate CAS (Chemical Abstract Service Registry Number) e solo una quarantina di esse è comunemente rilevabile da laboratori specializzati. Struttura e caratteristiche chimiche possono variare notevolmente, in termini di polarità, carica e volatilità. Tuttavia, l'attenzione si concentra principalmente su **PFOA** (acido perfluorooctanoico) e **PFOS** (acido perfluorooctanosulfonico), che risultano oggi essere i composti presenti in maggiore concentrazione, rispettivamente nelle acque e nei fanghi.

Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sono composti organici accomunati dalla presenza del gruppo perfluoroalchilico $C_n F_{2n+1}$. Questi composti possono presentare una catena alchilica sia lineare sia ramificata e si distinguono in:

- Sostanze perfluorurate, in cui tutti gli atomi di idrogeno nella catena C-H sono stati sostituiti da atomi di fluoro formando un gruppo CF_3 ;
- Sostanze polifluorurate, in cui almeno un atomo di fluoro è legato direttamente a un atomo di carbonio (gruppo CF_2), ma non tutti gli atomi di idrogeno sono sostituiti da fluoro.

La classificazione primaria dei PFAS distingue tra composti polimerici e non polimerici (Fig. 2).

I PFAS **polimerici** comprendono materiali come il politetrafluoroetilene (PTFE), che rappresenta un esempio tipico. Questi composti possono agire come potenziali precursori dei PFAS non polimerici durante i processi di degradazione.

I PFAS **non polimerici** sono ulteriormente suddivisi in:

- Acidi perfluoroalchilici (PFAAs): includono composti come l'acido perfluorooottanoico (PFOA), appartenente alla famiglia degli acidi perfluoroalchilici carbossilici, e l'acido perfluoro-ottanosulfonico (PFOS), della famiglia degli acidi perfluoroalchilici solfonici. In questa categoria rientrano anche i PFAS di nuova generazione, introdotti come sostituti del PFOA, tra cui il GenX (HFPO-DA) e l'ADONA (cC6O4).
- Precursori dei PFAAs: sono principalmente fluorotelomeri (es. 4:2 FTOH, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH), che possono degradarsi formando acidi perfluoroalchilici carbossilici come il PFOA e il PFNA.
- Altri potenziali PFAS: comprendono gli alcani perfluorurati (es. CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , noti come "PICs" Products of Incomplete Combustion). Questi composti a catena corta sembra si formino come prodotti di degradazione termica dei PFAS a catena lunga.

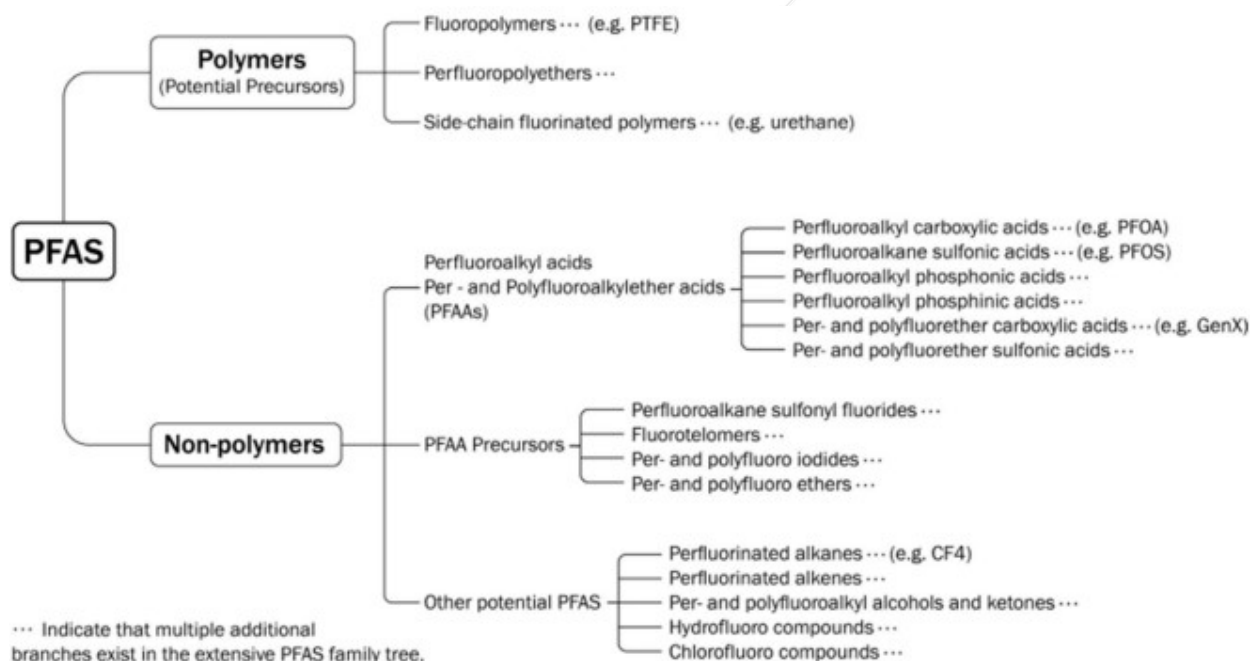


Fig. 2 – Classificazione dei PFAS (Winchell, 2020)

Un'altra classificazione (Ambave T.G. et al. 2022) distingue i PFAA in due categorie (Fig. 3):

- PFCA (acidi perfluoroalchilcarbossilici): caratterizzati dalla presenza di un gruppo funzionale carbossilico ($-COOH$);
- PFSA (acidi perfluoroalchilsolfonici) caratterizzati dal gruppo solfonico ($-SO_3H$).

Nell'ambito dei due gruppi, i composti possono essere ulteriormente distinti, sulla base del numero di atomi di carbonio che costituiscono la catena carboniosa, in composti a catena corta e a catena lunga (Fig. 4).

Per catena lunga si intende:

- PFCA con ≥ 8 atomi di carbonio (sette o più atomi di carbonio sono perfluorurati);

- PFSA con ≥ 6 atomi di carbonio (sei o più atomi di carbonio sono perfluorurati).

Per catena corta si intende:

- PFCA con ≤ 7 atomi di carbonio (sei o meno atomi di carbonio sono perfluorurati);
- PFSA con ≤ 5 atomi di carbonio (cinque o meno atomi di carbonio sono perfluorurati).

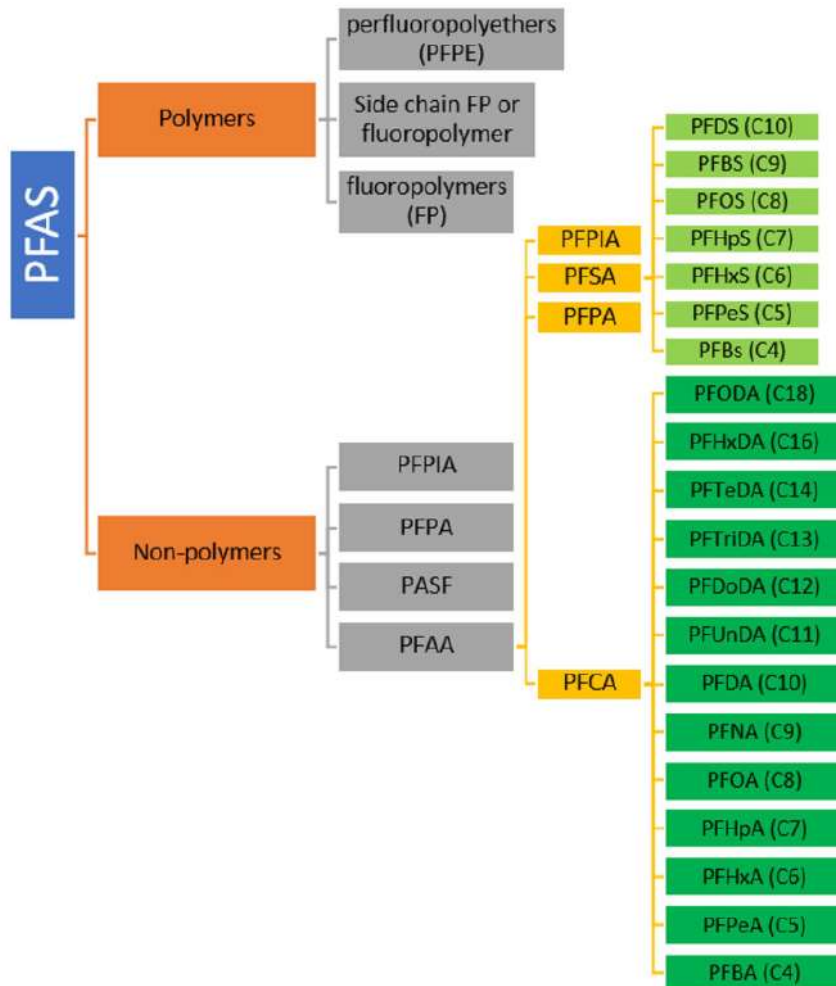


Fig. 3 – Classificazione dei PFAS. (Ambaye T.G. et al.,2022)

Number of Carbons	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PFCAs	Short-chain PFCAs				Long-chain PFCAs				
	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA
PFSAs	PFBS	PFPeS	PFHxS	PFHpS	PFOS	PFNS	PFDS	PFUnS	PFDoS
	Short-chain PFSAs		Long-chain PFSAs						

Fig. 4 – Classificazione dei PFCA e PFSA in base al numero di atomi di carbonio [e]

Il **PFOA** ha formula molecolare $C_8HF_{15}O_2$. La sua struttura presenta una catena lineare composta da otto atomi di carbonio: in sette di essi gli atomi di idrogeno sono stati sostituiti da atomi di fluoro, formando una coda perfluorurata altamente stabile, idrofobica e lipofobica. All'ottavo carbonio è invece legato un gruppo carbossilico ($-COOH$), che costituisce la testa polare e idrofila della molecola.

Il **PFOS** ha formula molecolare $C_8HF_{17}O_3S$. La sua struttura è costituita da una catena lineare di otto atomi di carbonio, in cui gli atomi di idrogeno sono stati sostituiti da atomi di fluoro; questa porzione perfluorurata rende la molecola estremamente idrofobica e lipofobica. All'estremità della catena si trova un gruppo solfonico ($-SO_3H$), che conferisce alla molecola una componente polare e idrofila, favorendo l'interazione con ambienti acquosi e garantendo una certa solubilità in acqua.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		7 di 42

2.2 CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE

Il gran numero di sostanze appartenenti alla classe dei PFAS rende difficile una caratterizzazione omogenea ma, in generale, si può ritenere che essi siano:

- poco o per nulla biodegradabili (la presenza di forti legami carbonio-fluoro conferisce ai PFAS una elevata stabilità termica e chimica e quindi una bassa reattività, da cui deriva la “persistenza” in ambiente);
- non volatili;
- sufficientemente solubili in acqua (da cui deriva la mobilità che ha determinato un accumulo nelle acque di falda soprattutto in alcune aree particolarmente gravate da questa forma di inquinamento);
- adsorbibili sulla sostanza organica (da qui la loro caratteristica di “bioaccumulazione”).

Dal punto di vista chimico le caratteristiche dei PFAS, per lo più legate alla presenza del fluoro, sono le seguenti:

- accumulo di cariche negative sugli atomi di fluoro: la forte elettronegatività del fluoro concentra la carica negativa sulla periferia della molecola. Questo fenomeno conferisce ai PFAS dotati di un gruppo funzionale carbossilico o solfonico una spiccata acidità. Di conseguenza, essi si presentano in forma dissociata (anionica) in un ampio intervallo di pH ambientale, mostrando un'elevata mobilità nell'acqua (caratteristica amplificata nei PFAS a catena corta);
- bassa interazione intermolecolare e bassa energia superficiale: queste proprietà consentono ai PFAS che presentano una "testa" con un gruppo funzionale idrofilico (come quello carbossilico o solfonico) di comportarsi come tensioattivi. La loro "coda", dominata dai legami carbonio-fluoro (C-F), manifesta infatti una natura contemporaneamente idrofobica e lipofobica.

I processi effettuati negli impianti di trattamento delle acque possono produrre cambiamenti nelle proprietà dei PFAS originariamente presenti nel refluo, quali:

- trasformazione dei precursori: modificazione del gruppo funzionale alchilico di alcuni precursori degli acidi perfluoroalchilici (PFAA), a fronte dell'estrema stabilità della porzione completamente fluorurata.
- rilascio di PFAS a catena corta: formazione di molecole a catena corta (più mobili e difficili da trattenere) dovuta alla degradazione delle sole porzioni non fluorurate dei precursori polifluorurati.
- conversione in acidi perfluorocarbossilici (PFCA): trasformazione di alcuni precursori in PFCA (chimicamente più stabili) a seguito delle variazioni del potenziale redox o del pH nelle vasche di trattamento.

A questi processi si sovrappone l'effetto matrice: la presenza nell'acqua di altre sostanze concomitanti (come il carbonio organico, i sali minerali o gli anioni) non è un processo in sé, ma rappresenta una condizione ambientale che influenza le reazioni, favorendo e accelerando la conversione dei precursori in acidi perfluorocarbossilici (PFCA) stabili.

2.3 PFAS DI NUOVA GENERAZIONE

A seguito della graduale messa al bando dei PFAS tradizionali per effetto della Convenzione di Stoccolma entrata in vigore nel 2004, sono state introdotte sul mercato sostanze perfluorurate sostitutive ai PFAS di vecchia generazione.

Tali composti sembrano essere meno bioaccumulabili ma altrettanto persistenti negli ecosistemi. Tra i PFAS di nuova generazione si individuano: quelli a catena corta (es. PFBA e PFBS); quelli con tecnologia GenX (HFPO-DA; ADONA; C6O4; ADV. ecc.). Rispetto ai PFAS di vecchia generazione, la struttura è stata modificata, con l'inserimento di ossigeno tra i legami di Carbonio e Fluoro con la conseguenza di renderli più mobili nell'ambiente. Tali caratteristiche rendono queste molecole meno bioaccumulabili rispetto ai PFAS tradizionali, ma comunque persistenti nell'ambiente e nell'acqua [10].

I PFAS di nuova generazione hanno le seguenti caratteristiche:

- persistono per lunghi periodi nel suolo, nell'aria, nell'acqua sono trasportati per via aerea
- possono contaminare le acque
- possono migrare per lunghe distanze.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		8 di 42

3 ORIGINE DELLA CONTAMINAZIONE ED EFFETTI SULLA SALUTE

Il primo PFAS è stato il politetrafluoroetilene (PTFE), scoperto casualmente nel 1938 da Roy Plunkett, mentre lavorava per l'azienda DuPont: nel produrre gas refrigeranti, scoprì che un campione congelato e compresso di tetrafluoroetilene si era polimerizzato spontaneamente in un solido bianco ceroso per formare politetrafluoroetilene (PTFE), un fluoropolimero dalle caratteristiche straordinarie, resistente al calore e agli agenti chimici, considerato il materiale più scivoloso esistente.

Durante la Seconda Guerra Mondiale il materiale venne impiegato nel "Progetto Manhattan" per costruire la bomba atomica e nei rivestimenti dei carri armati.

Venne brevettato con il marchio Teflon nel 1945 e dall'anno successivo iniziò la commercializzazione dei primi prodotti, dalle pentole antiaderenti, ai rivestimenti antimacchia per tessuti e prodotti tessili. L'invenzione fu talmente rivoluzionaria per l'industria della plastica, che diede vita a infinite applicazioni in svariati settori: aerospaziale, delle comunicazioni, dell'elettronica, dei processi industriali e dell'architettura.

Due importanti aziende negli Stati Uniti hanno prodotto la maggior parte dei PFAS: 3M, produttore di *Scotchgard™*, ed E.I. du Pont de Nemours & Company, noto come DuPont, produttore di *Teflon®*.

La tossicità dei PFAS è diventata di pubblico dominio solo alla fine degli anni 90, sebbene diverse fonti dimostrerebbero che già trent'anni prima, DuPont e 3M fossero a conoscenza dei pericoli per la salute ad essi associati.

Nel 1999 l'avvocato Robert Bilott intentò causa alla DuPont per conto dell'allevatore Wilbur Tennant, di Parkersburg, in West Virginia. Il bestiame di Tennant stava morendo senza alcun motivo apparente e la sua fattoria si trovava a poca distanza dalla discarica usata dall'azienda DuPont per scaricare tonnellate di PFOA. Il processo, quasi vent'anni dopo, stabilì le responsabilità dell'azienda che fu condannata a risarcire l'allevatore con 16 milioni di dollari e la cittadinanza, che beveva acqua potabile contaminata, con 671 milioni di dollari. Fu la più grande sanzione civile mai ottenuta negli Stati Uniti in base alle leggi ambientali del periodo.

3.1 INQUINAMENTO DIFFUSO DA PFAS

La contaminazione da PFAS deriva da fonti dirette (processi industriali di produzione) e indirette (prodotti di consumo che li contengono e non corretto smaltimento dei rifiuti).

L'inquinamento da PFAS ha un impatto ampio e diffuso, come risulta evidente dalla Forever Pollution Map (Fig. 5), la prima mappa della contaminazione in Europa da PFAS, realizzata nel 2023 dal quotidiano francese Le Monde, disponibile al link seguente:

https://www.lemonde.fr/en/les-decodeurs/article/2023/02/23/forever-pollution-explore-the-map-of-europe-s-PFAS-contamination_6016905_8.html

La mappa mostra gli impianti di produzione di PFAS, le attività industriali che li utilizzano nel loro ciclo produttivo, i siti in cui è stata rilevata la contaminazione (attraverso campionamenti di suolo, acque superficiali e sotterranee) e quelli potenzialmente contaminati.

A febbraio 2024 in Europa, sono stati rilevati:

- 20 produttori di PFAS o impianti chimici,
- 23.000 siti contaminati da PFAS che sono stati rilevati nell'acqua, nel suolo o negli organismi viventi.

Tra i siti europei più inquinati da PFAS troviamo:

- il Belgio, dove, nel 2020, nei pressi dello stabilimento 3M di Zwijndrecht sono state riscontrate nelle acque sotterranee concentrazioni di PFOS pari a 68.900 µg/l;
- i Paesi Bassi, dove, nel 2023, in prossimità dello stabilimento Chemours di Dordrecht sono state riscontrate nelle acque sotterranee concentrazioni di PFOA di 3,03 µg/l (dati del 2023);
- l'Italia dove in Veneto, nel 2022, nei pressi dello stabilimento Miteni (Trissino, Vicenza) sono state riscontrate concentrazioni di PFOS+PFOA nelle acque sotterranee di 11 µg/l.

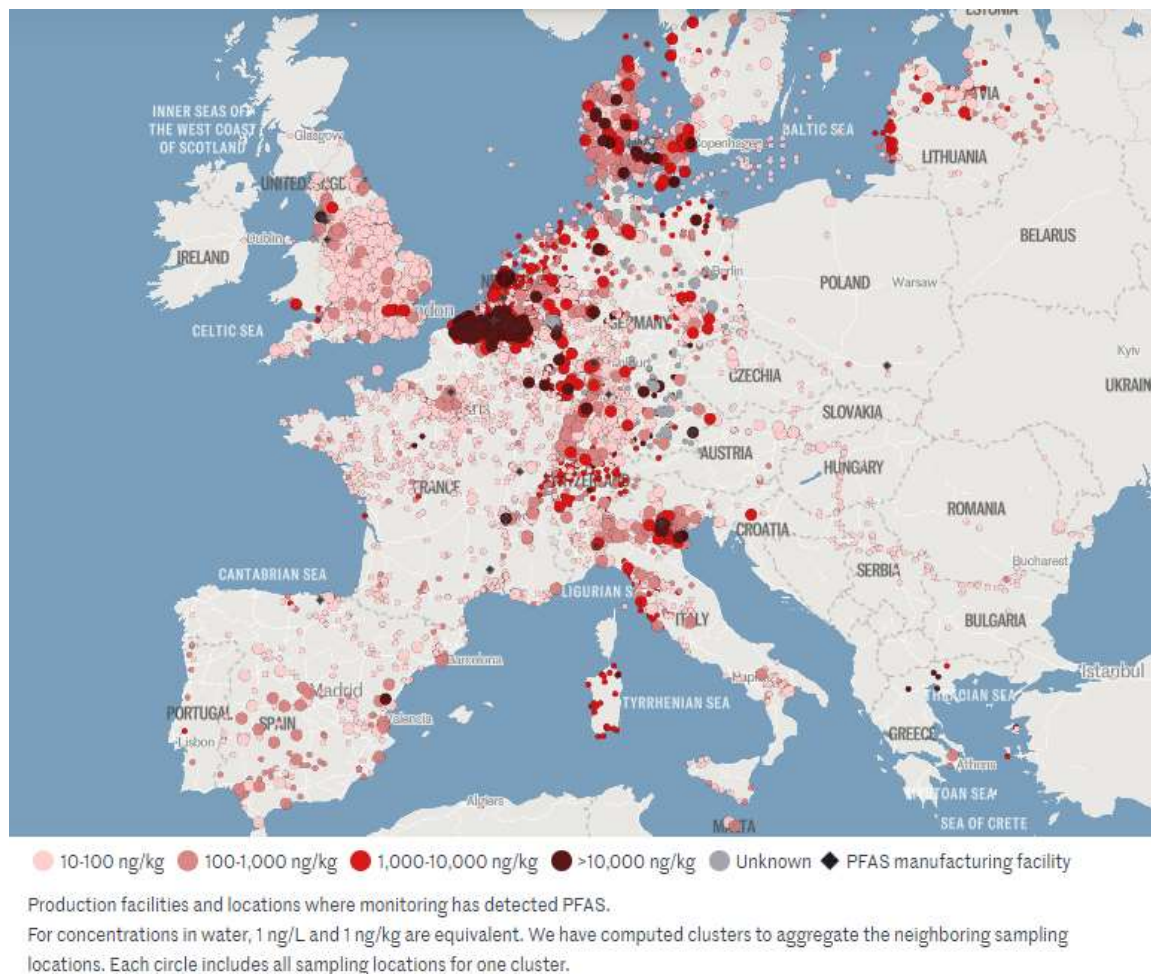


Fig. 5 – Mappa della contaminazione da PFAS in Europa (fonte: Forever Pollution Project, 2023)

3.1.1 La situazione in Italia

In Italia la contaminazione da PFAS, inizialmente ritenuta circoscritta ad una sola parte del Veneto, è stata poi riscontrata anche nelle regioni vicine: Lombardia, Piemonte e Toscana.

La presenza dei PFAS in Italia era stata accertata già nel 2007 quando il Prof. Michael MacLachlan, firmatario dello studio *Perforce* dell'Università di Stoccolma, nell'analizzare campioni d'acqua prelevati dalle foci dei 14 principali fiumi europei (tra cui Reno, Danubio, Elba, Oder, Senna, Loira e Po) aveva riscontrato la più alta concentrazione di PFOA nel fiume Po: 200 ng/l (Fig. 6).

MacLachlan individuò nella Solvay la principale fonte d'inquinamento, scrisse infatti ad un dirigente dell'azienda belga: *"Basandoci sulla nostra conoscenza del PFOA come produzione e utilizzo, riteniamo Solvay Solexis la principale fonte di emissione di PFOA nel fiume Po. Vi esortiamo ad indagare"*.

Queste prime scoperte hanno aperto la strada a nuove indagini e approfondimenti: nel 2011 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha commissionato uno studio ad IRSA-CNR (Istituto di Ricerca sulle Acque) per la valutazione del Rischio Ambientale e Sanitario associato alla contaminazione da PFAS nel Bacino del Po e nei principali bacini fluviali italiani (Po e tributari, Adige, Tevere, Arno), bacini con elevate pressioni antropiche (Brenta, Lambro) e le aree di transizione (Laguna di Venezia, Delta del Po).

Lo studio, concluso nel 2013, ha identificato le fonti inquinanti classificandole in:

- fonti puntuali: impianti fluoro chimici di Spinetta Marengo (AL) e Trissino (VI);
- fonti diffuse: distretti tessili-conciari dell'Arno e Bacino Olona-Lambro (Fig. 7).

Elevati livelli di inquinamento sono stati registrati in Veneto (Trissino, in provincia di Vicenza), Piemonte (Spinetta Marengo, in provincia di Alessandria), Lombardia e Toscana.

Una nuova indagine di Greenpeace Italia, basata su campionamenti effettuati nel gennaio 2024, ha rivelato che in Toscana anche il distretto cartario lucchese contribuisce all'inquinamento da PFAS,

accanto agli impatti dell'industria conciaria, tessile, florovivaistica e del cuoio, già evidenziati dallo studio del 2013 del CNR-IRSA e dai rilievi annuali di ARPAT.

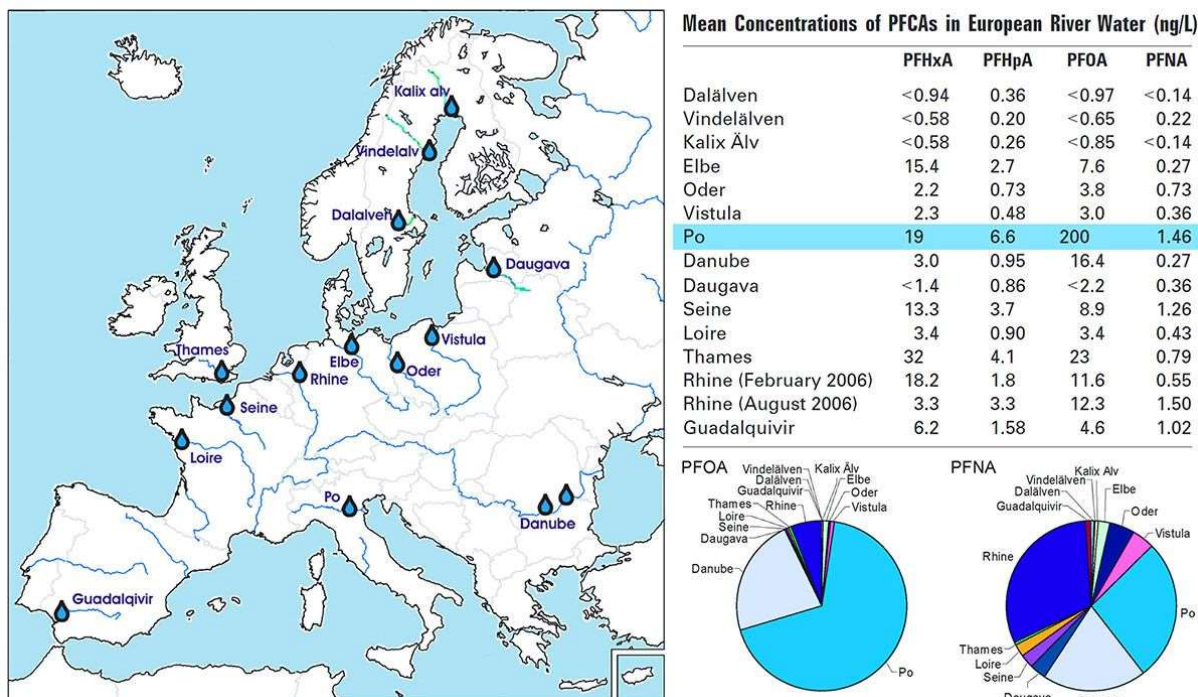


Fig. 6 – Analisi campioni d'acqua delle foci dei 14 principali fiumi europei, tra cui Reno, Danubio, Elba, Oder, Senna, Loira e Po (MacLachlan, Studio Perforce, 2007)

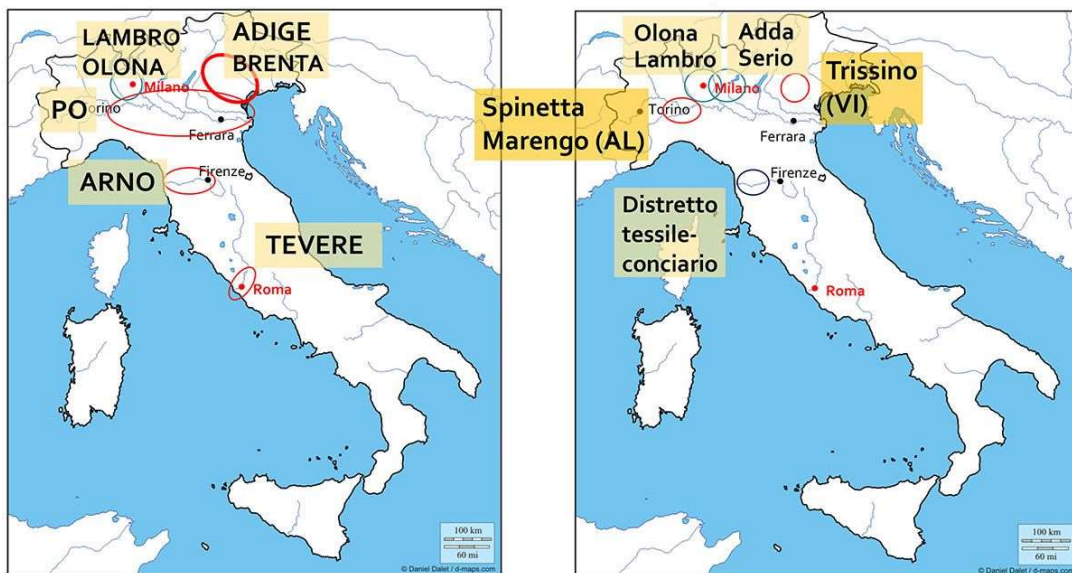


Fig. 7 – I bacini fluviali italiani e fonti puntuali e diffuse di inquinamento da PFAS (Studio IRSA-CNR 2011-2013)

Tra settembre e ottobre 2024, Greenpeace ha monitorato la presenza di PFAS nell'acqua potabile di 235 città in tutte le Regioni e le province autonome. Dalle analisi effettuate presso un laboratorio certificato, è emerso che i PFAS sono presenti nel 79% dei 260 campioni di acqua potabile analizzati.

Le molecole più diffuse sono risultate, nell'ordine, il PFOA (nel 47% dei campioni), seguito dal composto a catena ultracorta TFA (in 104 campioni, il 40%) e il PFOS (in 58 campioni, il 22% del totale).

I risultati per tutte le regioni sono riportati nel report consultabile al link:

<https://public.tableau.com/app/profile/greenpeace.italy/viz/AcquaSenzaVeleni/Target100ngl>

La mappa interattiva consente di visualizzare i risultati dei campionamenti in relazione al parametro “Somma PFAS” riferito alla somma di 24 molecole.

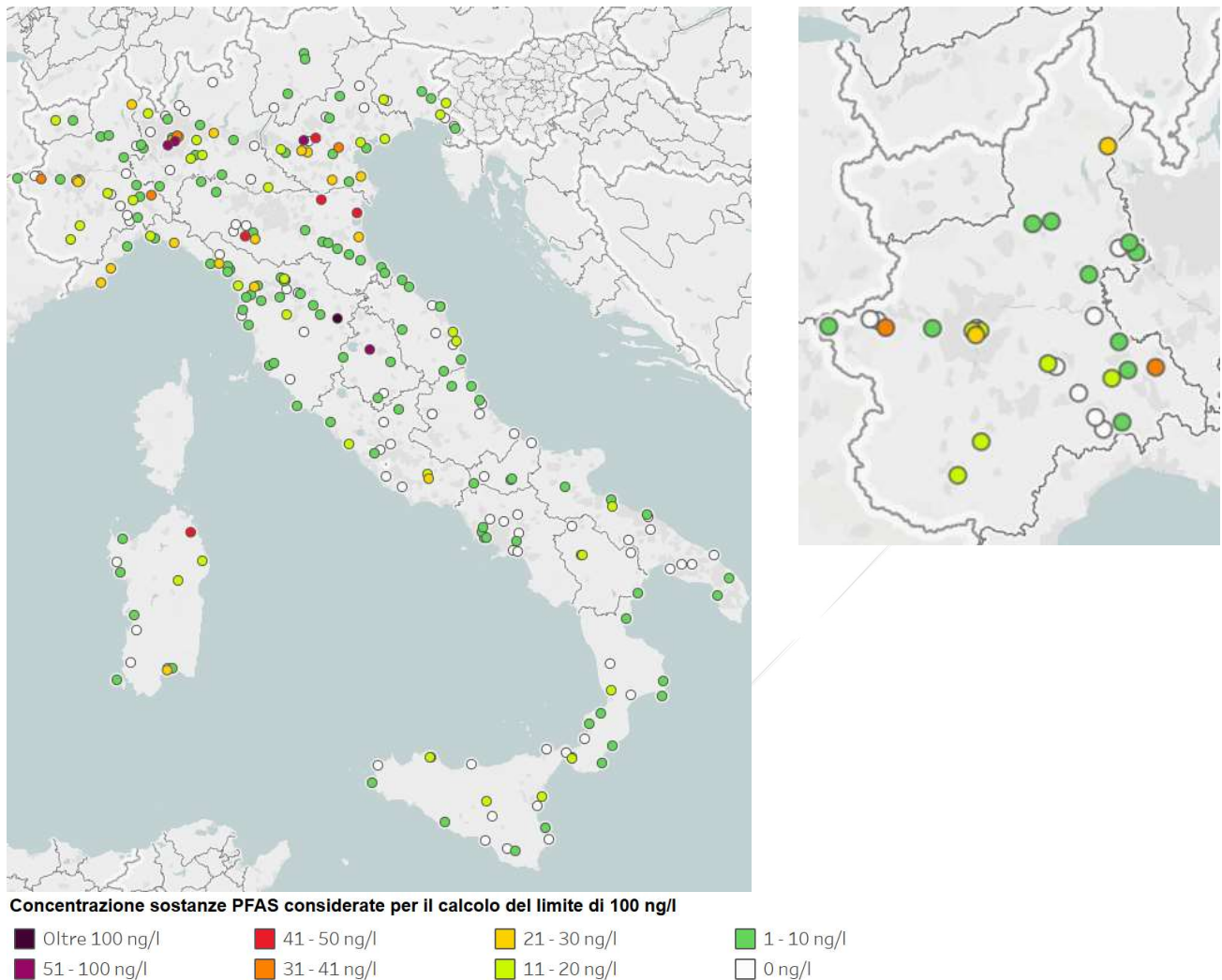


Fig. 8 – Parametro “Somma di PFAS”: mappa delle concentrazioni rilevate nei campioni di acqua potabile (Greenpeace, 2024)

Il Decreto Legislativo 18/2023 “Attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano” definisce, infatti, i limiti normativi entro cui la “somma di PFAS” può essere presente nell’acqua affinché possa essere considerata sicura per il consumo umano, ricomprendendo in tale sommatoria sia PFAS tradizionali sia PFAS di nuova generazione.

Nella Fig. 8 si riporta un estratto della mappa riferito a Italia e Piemonte da cui si evince che le concentrazioni rilevate nelle acque potabili in Piemonte sono comunque inferiori al limite previsto dalla Legge (0,1 µg/l pari a 100 ng/l).

3.1.2 Focus sul Veneto: il caso Miteni, Trissino (Vi)

Quello in Veneto è uno dei casi più gravi di contaminazione da PFAS in Europa: interessa un vasto territorio che si estende tra le province di Vicenza, Verona e Padova, per una superficie complessiva di circa 180 km² e una popolazione stimata di 300.000 abitanti.

La contaminazione delle acque superficiali, delle acque di falda e degli acquedotti pubblici da sostanze perfluoroalchiliche in Veneto ha come fonte principale lo scarico industriale della **Miteni** spa, un’industria chimica situata nel comune di Trissino (VI) che, dalla metà degli anni Sessanta, prima come RIMAR (gruppo Marzotto) e poi come Miteni spa, produce composti fluorurati [d].

La prima indicazione di inquinamento delle falde da fluoruri attorno al sito Rimar risale al 1977.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		12 di 42

La scoperta dell'inquinamento in corso è avvenuta a seguito dello Studio IRSA-CNR del 2013, di cui si è detto, che evidenziava come nel *“Nel bacino di Agno e Fratta Gorzone, anche a monte dello scarico del collettore A.Ri.C.A., sono state misurate concentrazioni di PFOA molto elevate, spesso superiori a 1000 ng/l, che destano una certa preoccupazione dal punto di vista ambientale. Ancora più preoccupazione desta la misura della concentrazione di queste sostanze nelle acque potabili campionate da punti di erogazione pubblici e privati. Nel bacino di Agno-Fratta Gorzone vi sono concentrazioni crescenti da nord a sud che raggiungono valori di PFOA superiori a 1000 ng/l e di PFAS totale superiore a 2000 ng/l.”* I ricercatori concludevano evidenziando *“Un possibile rischio sanitario per le popolazioni che bevono queste acque, prelevate dalla falda”*.

Dal 2013 la questione della contaminazione da PFAS (rinvenuti anche nelle acque potabili) nell'area di Trissino si è trasformata in un caso giudiziario e ambientale di risonanza nazionale, portando alla chiusura della Miteni nel 2018.

Gli ex dirigenti della Miteni sono accusati di reati ambientali gravi, tra cui avvelenamento delle acque e disastro ambientale.

Le analisi dell'Arpa Veneto hanno dimostrato che l'inquinamento ha avuto origine già negli anni '70 (l'attività produttiva era stata avviata nel 1965), ma per decenni non sono state adottate misure adeguate a prevenire la dispersione delle sostanze tossiche.

I PFAS sono stati trovati non solo nelle acque potabili, ma anche in alimenti e prodotti agricoli locali.

Le associazioni chiedono non solo una condanna esemplare per gli imputati, ma anche un'azione immediata per mettere in sicurezza gli acquiferi e impedire che l'inquinamento si propaghi ulteriormente.

In data 22 maggio 2025 si è concluso il processo "PFAS-Miteni" iniziato nel 2021 dopo 133 udienze nelle quali sono stati ascoltati decine e decine di testimoni e consulenti. La sentenza è attesa per il prossimo 26 giugno.

Intanto il 13 maggio 2025 il Tribunale di Vicenza ha condannato Inail a pagare il risarcimento per malattia professionale ai familiari di un ex operaio della Miteni, morto nel 2014 a 76 anni per un tumore, dopo aver trascorso 10 anni a contatto con le sostanze PFAS nell'azienda Miteni. Si tratta di una sentenza storica, la prima in Italia che apre la strada a possibili nuovi riconoscimenti giudiziari per le vittime di queste sostanze chimiche.

Il processo di primo grado sulla Miteni si è concluso il 26 giugno 2025 presso la Corte d'Assise di Vicenza con 11 condanne su 15 imputati (in totale 141 anni di carcere) per avvelenamento delle acque, disastro innominato, inquinamento ambientale, falso in bilancio. Il dibattimento ha riconosciuto la natura dolosa dei primi due reati.

Oltre alle condanne per gli imputati, la Corte ha stabilito anche i risarcimenti per le oltre 300 parti civili, fra privati ed enti pubblici: al Ministero dell'Ambiente è stato riconosciuto un risarcimento di 58 milioni di euro, alla Regione Veneto di 6,5 milioni, all'ARPA Veneto (Arpav) di 800 mila euro mentre per le singole persone i risarcimenti vanno dai 15 ai 20 mila euro; sono stati inoltre risarciti Comuni, società idriche e la Provincia di Vicenza [19].

3.1.3 Focus sul Piemonte: il caso Solvay, Spinetta Marengo (AL)

Lo stabilimento chimico di Spinetta Marengo ha una storia che inizia nei primi del Novecento. Fondato nel 1905 da un gruppo di imprenditori locali, l'impianto avviò la produzione di composti chimici di base, tra cui pigmenti, acidi e, in particolare, solfato.

Negli anni '30, in piena crisi economica, l'impianto viene acquisito dalla Montecatini, allora gigante dell'industria chimica italiana, che ne amplia le attività. Nel dopoguerra inizia una nuova fase di espansione, culminata nella fusione tra Montecatini ed Edison nel 1966, che porta la fabbrica sotto il controllo di Montedison, uno dei colossi industriali europei.

Negli anni '70, l'impianto si orienta sulla produzione di polimeri fluorurati, plastiche particolarmente resistenti. Questa direzione produttiva resta centrale fino agli anni '90, quando lo stabilimento passa prima ad Ausimont, controllata di Montedison, e poi nel 2002 alla multinazionale belga Solvay. In questo periodo la produzione di polimeri speciali e fluorurati — tra cui i PFAS — diventa uno dei fulcri dell'attività. Anche dopo il 2023, quando l'impianto viene formalmente trasferito a Syensqo la produzione di sostanze chimiche avanzate prosegue.

Nel 2007 lo studio Perforce coordinato dall'Università di Stoccolma indica il polo chimico della Solvay come la principale fonte di PFOA nel bacino del Po.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		13 di 42

Nello stesso anno una nota catena di supermercati chiede di acquistare un terreno poco distante dalla fabbrica. Per ottenere i permessi, vengono condotte analisi sulla falda che rilevano una contaminazione. Nel 2008, l'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR) avvia uno studio sulla diffusione dei PFAS nei corpi idrici italiani. La ricerca, durata 24 mesi, conferma che lo stabilimento di Spinetta Marengo è una delle principali fonti di PFOA.

Nel 2019, nuovi dati di ARPA Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale), rivelano che la contaminazione non riguarda solo le acque superficiali. Gli acquiferi continuano a essere compromessi, dimostrando che la barriera idraulica installata dall'azienda per contenere l'inquinamento è inefficace.

Indagini condotte da Greenpeace Italia nel 2024 dimostrano che il C6O4, una molecola appartenente alla categoria dei PFAS di nuova generazione e prodotta esclusivamente in questo stabilimento, è arrivata perfino nelle acque potabili di comuni lontani, da Torino alla Valle di Susa, fino alla provincia di Sondrio. Un'accusa a cui Syensqo ha risposto con un comunicato in cui, tra le altre cose, scrive: *“C6O4 è l'unico fluorotensioattivo ancora prodotto a Spinetta Marengo e viene gradualmente eliminato. È registrato nell'ambito della legislazione europea (REACH) e non è bioaccumulabile né biopersistente”*.

La vicenda giudiziaria legata alla contaminazione del sito di Spinetta Marengo ha un percorso che si snoda attraverso due filoni di inchiesta. Il primo riguarda l'inquinamento da cromo esavalente e risale al 2008, quando l'Arpa segnala alla Procura di Alessandria di aver rinvenuto la presenza di sostanze inquinanti (cromo esavalente e clorurati), verosimilmente riconducibili alle attività produttive del polo chimico, nelle acque di falda sottostanti un ex zuccherificio sito a 2 km dal sito industriale.

Gli imputati (dirigenti del Polo chimico) avrebbero contribuito all'avvelenamento dell'acqua della falda con la mancata manutenzione degli impianti, che avrebbe causato perdite di acqua con il conseguente innalzamento della falda sotterranea e il dilavamento dei terreni contaminati dalle discariche abusive contenenti rifiuti tossico nocivi. Inoltre, non avrebbero realizzato opere atte a confinare, eliminare o quanto meno ridurre l'inquinamento della falda. A dicembre 2019, la Corte di Cassazione si pronuncia condannando tre ex dirigenti di Ausimont e Solvay per disastro ambientale colposo.

Nello stesso anno, le indagini dell'ARPA Piemonte rivelano la costante presenza di inquinanti collegabili alle produzioni Solvay nelle acque di falda. I monitoraggi evidenziano l'inefficacia della barriera idraulica installata dall'azienda, teoricamente progettata per filtrare le acque contaminate e convogliarle a un apposito impianto di trattamento.

Il giugno 2020 segna una svolta nella vicenda con l'esposto del WWF Italia. L'inchiesta accelera significativamente nel febbraio 2021, quando il NOE conduce una vasta operazione di perquisizione presso lo stabilimento. Nell'agosto 2023 le autorità giudiziarie dispongono il sequestro preventivo di due discariche di gessi appartenenti al gruppo Solvay. Secondo gli inquirenti, queste strutture, che avrebbero dovuto essere dismesse, erano state illegalmente rimesse in funzione. La Procura ipotizza che i bacini, contenenti scarti di lavorazione e residui della depurazione delle acque, siano privi di adeguate coperture protettive, permettendo alle sostanze tossiche di disperdersi nell'ambiente circostante attraverso le correnti d'aria.

Il 6 maggio 2024 davanti alla Corte d'Assise di Alessandria è partito il nuovo procedimento penale per l'inquinamento causato dal polo chimico di Spinetta Marengo: la comparsa di PFAS di nuova generazione (cC6O4) sarebbe la prova che acqua e terra continuano a essere contaminate.

Nel giugno 2024 la Provincia di Alessandria emette due diffide ufficiali nei confronti di Solvay, imponendo all'azienda di rispettare rigorosamente i limiti per gli scarichi di PFAS e ordinando la sospensione delle attività produttive per 30 giorni.

La vicenda giudiziaria di Spinetta Marengo non si è ancora conclusa, ma è giunta a una svolta cruciale nel giugno 2026 con il rinvio a giudizio di due ex direttori per disastro ambientale colposo. Il 16 novembre 2026 si aprirà ufficialmente il secondo grande processo dibattimentale.

Contestualmente, Solvay Specialty Polymers è stata chiamata come responsabile civile, il che significa che potrebbe essere tenuta al risarcimento dei danni in caso di condanna degli imputati.

L'azienda, negli anni precedenti, aveva raggiunto accordi economici con molte parti civili (comuni, associazioni e numerosi cittadini), per un valore complessivo di circa 2,5 milioni di euro. Di conseguenza, molte di esse hanno rinunciato a partecipare al processo: il Comune di Alessandria ha accettato un risarcimento di 100.000 euro per danno d'immagine e ha ritirato la propria costituzione di parte civile; oltre 300 residenti della zona hanno accettato indennizzi individuali (fino a 8.000 euro a testa), rinunciando a

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		14 di 42

proseguire la battaglia in tribunale. Le parti civili che restano nel processo si sono ridotte a meno di venti, tra cui associazioni ambientaliste come il WWF Italia e i comitati locali (come *Stop Solvay*), determinati a ottenere la bonifica del sito anziché semplici indennizzi monetari.

Il sito istituzionale della Regione Piemonte dedica una pagina all'inquinamento da PFAS nel polo chimico di Spinetta Marengo:

<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/sanita/prevenzione/inquinamento-PFAS-nel-polo-chimico-spinetta-marengo>

L'ARPA ha implementato un geoportale che mappa dettagliatamente la presenza di queste sostanze nel territorio.

https://webgis.arpa.piemonte.it/pfas_acque/home

La Regione Piemonte, in collaborazione con l'ASL di Alessandria, ha avviato nel 2022 il "Biomonitoraggio Integrato", un progetto nato dalla necessità di valutare l'esposizione umana ai contaminanti attraverso l'analisi di alimenti di origine animale e vegetale.

3.2 EFFETTI SULLA SALUTE UMANA

L'esposizione umana ai PFAS è principalmente dovuta all'ingestione di cibo o acqua contaminati.

Le popolazioni più esposte a PFOA e PFOS sono alcune categorie di lavoratori (produzione di prodotti chimici a base di fluoro), per i quali la principale via di esposizione è l'inalazione, secondariamente l'assorbimento cutaneo e l'ingestione di polvere.

In prossimità dei siti fortemente contaminati da PFAS, la popolazione è esposta principalmente attraverso il consumo di acqua potabile. PFOA e PFOS sono stati rinvenuti nei campioni di sangue delle popolazioni in tutto il mondo, con valori mediani che, nelle comunità prossime ai siti inquinati, sono più elevati di cento volte.

Una parte dell'accumulo corporeo potrebbe derivare anche da PFAS precursori che si trasformano poi in PFOA o PFOS nell'organismo.

Diversi studi hanno dimostrato che i PFAS presentano per l'uomo effetti tossici: una volta nell'organismo hanno un'emivita piuttosto lunga, si accumulano principalmente nel sangue e nel fegato e possono provocare epatotossicità, immunotossicità, neurotossicità, alterazioni ormonali nella riproduzione e nello sviluppo (Fig. 9).

La ricerca è tutt'ora in corso ma sono già noti gli effetti dell'esposizione umana ai PFAS, che comprendono cancro renale, cancro testicolare, malattia tiroidea, danni epatici e una serie di effetti sullo sviluppo a carico dei feti.

Di recente, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), l'agenzia contro il cancro dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), ha valutato la cancerogenicità dell'acido perfluorooottanoico (PFOA) e dell'acido perfluorooottanosolfonico (PFOS).

La sintesi delle valutazioni finali è pubblicata online su *The Lancet Oncology* (Volume 25, Issue 1p16-17 January 2024), mentre la valutazione dettagliata è pubblicata nel 2024 come volume 135 delle monografie IARC. Dopo una serie di test sugli animali e sull'uomo, è emerso che il PFOA è cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1), mentre il PFOS è probabilmente cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2B).

In particolare, nell'uomo esposto, il PFOA è risultato in grado di indurre alterazioni epigenetiche e ha dimostrato di essere immunosoppressivo. Inoltre, sono state riscontrate prove di cancro nell'uomo per il carcinoma a cellule renali e il cancro ai testicoli.

Per quanto attiene, infine, ai **PFAS di nuova generazione**, essi sembrano essere meno bioaccumulabili ma altrettanto persistenti negli ecosistemi. Attualmente la comunità scientifica sta ancora valutando i loro impatti sull'ambiente e sulla salute: al momento le informazioni disponibili rispetto a tossicità, diffusione e impatto ambientale sono piuttosto scarse. Inoltre, per molte di queste sostanze (ad es. C6O4), sono ancora in via di definizione le modalità necessarie per svolgere analisi specifiche e accurate.

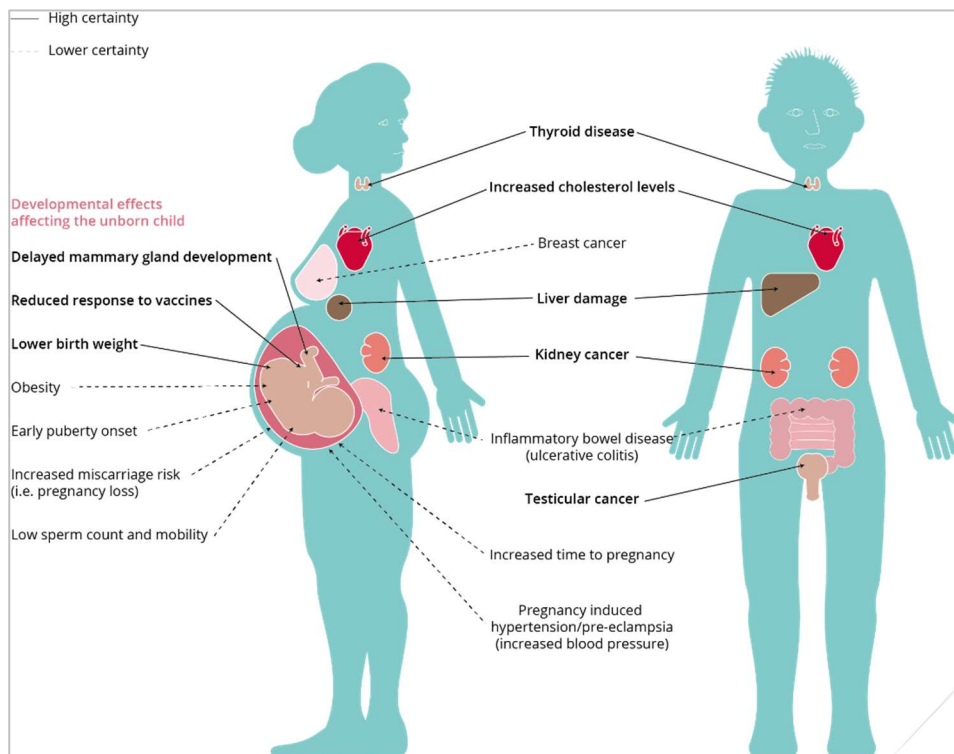


Fig. 9 – Effetti delle PFAS sulla salute umana e sullo sviluppo del feto (fonte: European Environment Agency, EEA.)

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		16 di 42

4 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo italiano ed europeo sui PFAS ha subito una profonda evoluzione negli ultimi anni; persiste, tuttavia, una netta separazione tra la severa disciplina applicata alle acque potabili e l'assetto normativo, ancora frammentato, che regola gli scarichi.

La recente Direttiva (UE) 2026/805, entrata in vigore nel maggio 2026, rappresenta l'aggiornamento normativo europeo più importante degli ultimi vent'anni in materia di tutela ambientale dei corpi idrici e, per ciò che concerne i PFAS, interviene direttamente alla fonte (fiumi, laghi e falde idriche), con l'obiettivo di bloccare l'inquinamento prima che arrivi agli impianti di potabilizzazione.

4.1 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

La Direttiva (UE) 2026/805, pubblicata il 20 aprile 2026 ed entrata formalmente in vigore il 10 maggio 2026, rappresenta l'aggiornamento normativo europeo più importante degli ultimi vent'anni in materia di tutela ambientale dei corpi idrici, modificando contemporaneamente i tre pilastri della legislazione idrica UE: la Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), la Direttiva sulle Acque Sotterranee (2006/118/CE) e la Direttiva sugli Standard di Qualità Ambientale (2008/105/CE). Gli Stati membri avranno tempo fino al 21 dicembre 2027 per recepirla nelle proprie leggi nazionali.

Se la Direttiva 2020/2184 si concentrava solo sull'acqua del rubinetto, la nuova Direttiva 2026/805 interviene direttamente alla fonte (fiumi, laghi e falde acquifere).

- Nelle acque sotterranee (falde): i dati hanno mostrato che i PFAS sono presenti in oltre il 70% dei punti di monitoraggio UE. La direttiva inserisce ufficialmente un sottoinsieme specifico di molecole PFAS nell'elenco degli inquinanti monitorati a livello europeo, vincolando gli Stati a rispettare rigorosi standard di qualità per ottenere il "buon stato chimico" delle falde.
- Nelle acque superficiali (fiumi e laghi): in passato l'unico composto monitorato era il PFOS. Con la Direttiva 2026/805, l'elenco delle "sostanze prioritarie" viene ampliato per includere un sottoinsieme strutturato di PFAS, con Standard di Qualità Ambientale (SQA) fortemente restrittivi.

La norma esorta gli Stati membri a mappare la totalità dei PFAS (compresi quelli a catena corta ed emergenti) applicando in modo omogeneo le tecniche di screening messe a punto per le acque potabili. La direttiva non si limita ai PFAS, ma affronta l'intero spettro della contaminazione chimica moderna introducendo limiti per:

- Farmaci: per la prima volta vengono normati capillarmente residui di antibiotici, antinfiammatori e analgesici nelle acque naturali.
- Pesticidi di nuova generazione: vengono inclusi i neonicotinoidi e altri fitofarmaci recentemente giudicati pericolosi dalla ricerca scientifica.
- Interferenti endocrini e Bisfenoli: sostanze plastiche in grado di alterare il sistema ormonale della fauna acquatica e dell'uomo.

L'impatto tecnico e legale per le aziende che gestiscono scarichi industriali è enorme per via di due novità procedurali:

- Nuova definizione di deterioramento: si configura deterioramento dello stato di un corpo idrico quando si registra l'abbassamento anche di una sola classe di stato di un singolo elemento di qualità (approccio one-out, all-out). Questo significa che le Autorità non potranno più bilanciare un inquinamento chimico da PFAS mostrando che l'acqua è biologicamente pulita.
- Ripercussioni sulle autorizzazioni industriali (AIA e AUA): Poiché fiumi e falde dovranno rientrare in parametri chimici rigidissimi entro scadenze precise, le Regioni e le ARPA dovranno rivedere al ribasso i limiti di concentrazione concessi nei decreti di scarico delle singole industrie.

4.2 ACQUE POTABILI

La disciplina per le acque destinate al consumo umano si basa sul recepimento della Direttiva UE 2020/2184 (Drinking Water Directive), che ha introdotto per la prima volta limiti vincolanti per i PFAS nell'acqua destinata al consumo umano con facoltà degli Stati membri di includere uno od entrambi i seguenti parametri:

- 0,1 µg/l (microgrammi/litro) per la somma di 20 PFAS specifici;
- 0,5 µg/l per il totale dei PFAS.

Dopo un iniziale rinvio stabilito dalla Legge di Bilancio italiana per dare più tempo ai gestori idrici, i nuovi stringenti limiti di legge sono pienamente entrati in vigore in Italia il 13 luglio 2026 tramite il D.Lgs. 102/2025 (correttivo del D.Lgs. 18/2023)

I limiti in vigore da luglio 2026 sono i seguenti:

- Somma di 4 PFAS (Limite Nazionale Restrittivo): 0,02 µg/L (20 nanogrammi/litro). È una soglia introdotta dall'Italia sulla base dei pareri scientifici EFSA (European Food Safety Authority) per le quattro molecole più tossiche e bioaccumulabili: PFOA, PFOS, PFNA e PFHxS.
- Somma di PFAS: 0,10 µg/L (100 nanogrammi/litro). Questo parametro si applica alla somma di 30 molecole di PFAS regolamentate. La direttiva UE 2020/2184 fissa un elenco standard di 20 PFAS considerati rappresentativi, identificati per la loro lunghezza della catena carboniosa (da 4 a 12 atomi di carbonio modificati con fluoro). Tra i principali composti inclusi figurano: gli acidi perfluorocarbossilici (come PFOA, PFNA, PFHxA, PFBA) e gli acidi perfluorosolfonici (come PFOS, PFHxS, PFBS). Nel recepimento italiano tramite il D.Lgs. 102/2025, questa lista specifica è stata estesa a 30 sostanze per includere composti più recenti come il GenX e il cC6O4, ma mantenendo fisso il tetto comunitario di 100 ng/l.
- PFAS Totali: 0,50 µg/L (500 nanogrammi/litro). Si riferisce alla totalità dei composti per- e polifluoroalchilici misurati con metodologie standardizzate europee.

La normativa italiana ed europea prevede per il 2027 l'introduzione di una soglia specifica per il TFA (acido trifluoroacetico), un sotto-composto molto mobile e diffuso, attualmente sotto stretta osservazione da parte dell'Agenzia Europea per la Chimica (ECHA).

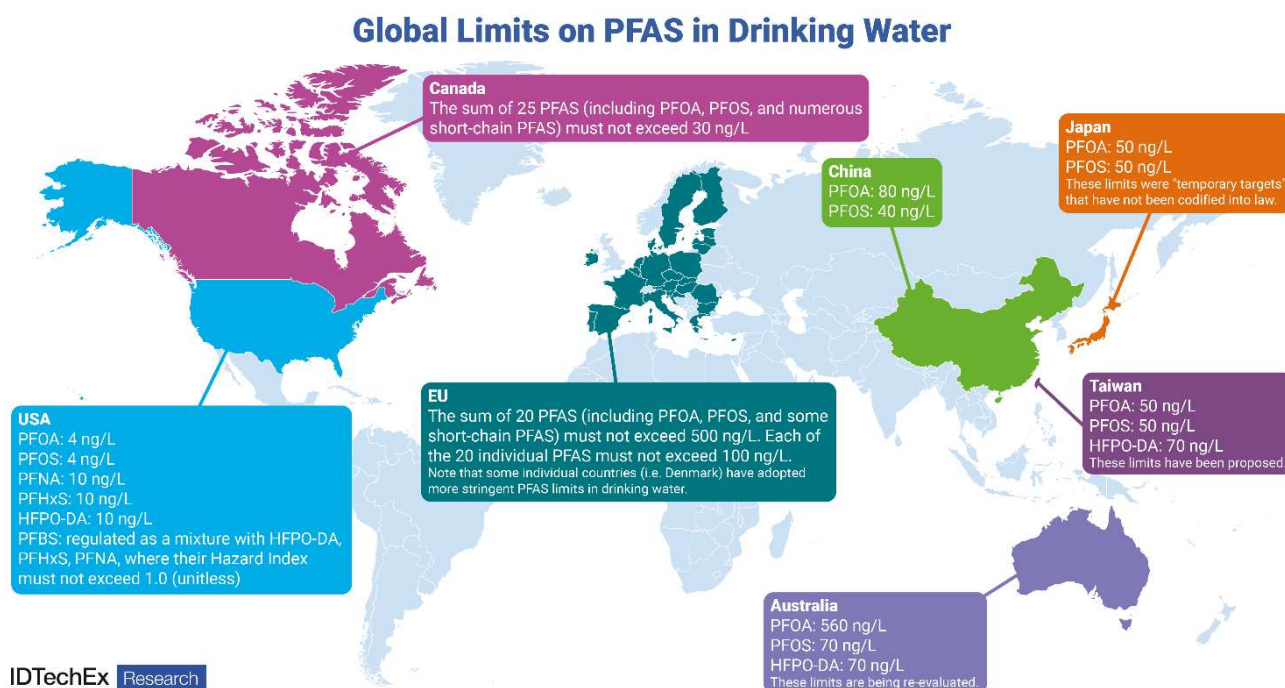


Fig. 10 – Limiti di PFAS nelle acque destinate al consumo umano a livello mondiale (fonti: IDTechEx Research)

4.3 ACQUE REFLUE

A differenza delle acque superficiali/ sotterranee e delle acque destinate al consumo umano, allo stato attuale la normativa non prevede limiti sui PFAS per le acque reflue ma il solo monitoraggio delle concentrazioni negli scarichi, come meglio dettagliato di seguito.

4.3.1 Normativa comunitaria

La Direttiva (UE) 2024/3019 concernente il trattamento delle acque reflue urbane è il pilastro normativo europeo che ridisegna completamente la gestione della depurazione e delle fognature civili e industriali. Sostituisce la storica Direttiva 91/271/CEE compiendo un passo fondamentale verso una gestione più integrata dei microinquinanti, tra cui i PFAS.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		18 di 42

Gli Stati membri hanno tempo fino al 31 luglio 2027 per recepirli all'interno degli ordinamenti nazionali (in Italia modificherà radicalmente la Parte III del Testo Unico Ambientale, D.Lgs. 152/2006).

La normativa impone un controllo sistematico dei PFAS all'interno del sistema fognario pubblico.

- Controllo sia in ingresso che in uscita: i gestori degli impianti di depurazione urbana hanno l'obbligo di monitorare i PFAS sia nelle acque reflue grezze in ingresso (per mappare la provenienza degli scarichi industriali che scaricano in fognatura) sia all'uscita, nei punti di scarico finale nei fiumi.
- Metodologia UE armonizzata: la Commissione Europea adotterà entro il 2 gennaio 2027 atti di esecuzione vincolanti per standardizzare la misurazione dei parametri "Totale PFAS" e "Somma PFAS" specificamente tarati sulla matrice complessa delle acque reflue (all'art. 21 c. 5).
- La direttiva introduce una classificazione tecnologica a quattro stadi per gli impianti di depurazione, inserendo un obbligo a lungo termine: gli impianti di trattamento delle acque reflue urbane in aree con popolazione superiore a 100.000 abitanti saranno tenuti a implementare un **trattamento quaternario** attraverso tecnologie avanzate (es. adsorbimento su carbone attivo, osmosi inversa, ozonizzazione) entro il 2033-2045, con l'obiettivo di rimuovere principalmente farmaci e cosmetici.
- Per finanziare i costosissimi adeguamenti tecnologici necessari ai trattamenti quaternari (come i sistemi a ozonizzazione o filtri a carboni attivi avanzati), la Direttiva applica per la prima volta la Responsabilità Estesa del Produttore (EPR) al settore idrico: le industrie responsabili dell'immissione di farmaci e cosmetici nel ciclo idrico saranno obbligate a contribuire finanziariamente ai costi di rimozione nei depuratori pubblici.

A livello europeo è in discussione la **proposta di restrizione universale dei PFAS** all'interno del Regolamento REACH. L'obiettivo a lungo termine dell'UE è quello di bandire la produzione e l'uso di circa 10.000 sostanze PFAS, riducendone progressivamente le emissioni industriali alla fonte.

4.3.2 Normativa italiana

Attualmente, in Italia, non esiste una normativa nazionale specifica che stabilisca limiti vincolanti per i PFAS nelle acque reflue.

Il Decreto Legislativo 152/2006 (Testo Unico Ambientale), non include i PFAS tra le sostanze per le quali sono previsti limiti di scarico nelle tabelle dell'Allegato 5, Parte III. Ad oggi, infatti, le principali misure attengono al monitoraggio della qualità dei corpi idrici.

Il Disegno di Legge n. 2392, intitolato "Misure urgenti per la riduzione dell'inquinamento da sostanze poli e perfluoroalchiliche (PFAS) e per il miglioramento della qualità delle acque destinate al consumo umano", prevedeva nello specifico l'introduzione di limiti rigorosi per gli scarichi industriali di PFAS nelle acque reflue (Art. 1) e per la sicurezza delle acque potabili (Art. 2). L'iter del testo si è interrotto definitivamente a **giugno 2022** presso la 13^a Commissione permanente (Territorio, ambiente, beni ambientali) del Senato.

Tuttavia, i suoi contenuti hanno fortemente influenzato la linea politica italiana, offrendo la base concettuale che ha spinto il legislatore a introdurre il limite nazionale restrittivo di 20 ng/L per i 4 PFAS principali all'interno del D. Lgs. 102/2025 sulle acque potabili. Il DDL rimane il testo di riferimento normativo per le commissioni parlamentari che stanno discutendo come recepire entro il 31 luglio 2027 i nuovi obblighi europei sugli scarichi e sulle acque reflue.

4.3.3 Misure adottate dalle Regioni italiane

In assenza di una normativa nazionale specifica, solo due regioni italiane hanno adottato misure proprie per regolamentare i PFAS nelle acque reflue: il Piemonte e il Veneto, le due regioni che per prime, in Italia, hanno dovuto affrontare il problema della presenza dei PFAS nelle acque superficiali e profonde.

La **Regione Piemonte**, al momento, è l'unica regione italiana ad aver stabilito limiti di emissione per diverse molecole PFAS negli scarichi idrici in acque superficiali, attraverso l'articolo 74 della Legge Regionale 19 ottobre 2021 n. 25 ed il connesso Allegato A.

Tali limiti sono validi su tutto il territorio regionale e sono riferiti al singolo campione rilevato.

L'Allegato A definisce anche i termini temporali per il loro conseguimento dalla data di entrata in vigore del provvedimento, nello specifico:

- per il PFOS (acido perfluorooctansolfonico) il limite passa dal valore iniziale di 0,02 µg/l (valido nei primi 36 mesi dall'entrata in vigore) a 0,00065 µg/l (dopo 36 mesi dalla data di entrata in vigore);

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		19 di 42

- analogamente per il PFOA (acido perfluorottanoico) il limite si riduce da 0,30 µg/l (valido nei primi 36 mesi dall'entrata in vigore) a 0,10 µg/l (dopo 36 mesi dalla data di entrata in vigore).

La L.R. 9/2025 (Legge annuale di riordino dell'ordinamento regionale. Anno 2025), c.d. Omnibus, è intervenuta sulla materia con:

- l' Art. 36 che istituisce l'Osservatorio tecnico-scientifico, composto da personale interno della Regione o figure esterne a titolo gratuito, volto a supportare la strategia di riduzione della presenza di PFAS in ambiente, l'adozione di buone pratiche da parte dei soggetti coinvolti, il monitoraggio e controllo del loro rilascio nell'ambiente, il monitoraggio dei tempi di implementazione delle iniziative stabilite in attuazione della norma.
- l' Art. 37 che sospende i termini di applicazione dei nuovi limiti di cui all'art. 74 della L.R. 25/2021, traslandoli di fatto di 36 mesi:
 - ✓ «1. Al fine di un'ottimale implementazione della strategia di riduzione della presenza di PFAS in ambiente, i valori limite di emissione allo scarico ed i termini temporali per il loro conseguimento, indicati nell'allegato A di cui all' articolo 74 della legge regionale 25/2021, decorrono dalla data di entrata in vigore della presente legge.
 - ✓ 2. Ogni sei mesi l'Osservatorio tecnico-scientifico riferisce sull'implementazione dell'attività alla commissione consiliare competente in materia ambientale».

La **Regione Veneto** ha affrontato la questione dei PFAS principalmente attraverso provvedimenti amministrativi adottati caso per caso in condizioni sito-specifiche. L'attenzione principale è stata rivolta alle acque di falda, in ragione dell'inquinamento generato dalla Miteni (si veda cap. 3.1.2) che ha generato una diffusa presenza di PFAS negli acquiferi del territorio.

Al fine di tutelare i corpi idrici in condizioni critiche, sono stati fissati poi in taluni casi anche limiti allo scarico, ma attraverso approcci sito-specifici e non come limiti generalizzati.

Un esempio è rappresentato dal caso del Consorzio A.Ri.C.A (Consorzio che gestisce per conto delle Regione Veneto il Collettore delle acque di cinque impianti di depurazione del Vicentino) che opera nel territorio definito dal 2013 “Zona Rossa” e quindi di massima vigilanza.

La Regione ha proceduto al riesame delle Autorizzazioni Integrate Ambientali (AIA) per inserire prescrizioni sui limiti di PFAS negli scarichi. Al Consorzio sono stati imposti limiti stringenti dal 2017 in avanti in occasione dei Rinnovo dell'autorizzazione allo scarico nel corso d'acqua attraverso Decreti Direttoriali (l'ultimo è il Decreto n. 386 del 23/12/2024 per il rinnovo dell'autorizzazione fino al 2028).

L'autorizzazione allo scarico per il Consorzio A.Ri.C.A è stata rilasciata con i seguenti vincoli sulle sostanze perfluoroalchiliche PFOS e PFOA:

- Perfluoro Ottan Solfonato (PFOS lineare) ≤ 0,03 microgrammi/litro;
- Acido Perfluoro Ottanoico (PFOA lineare) ≤ 0,10 microgrammi/litro.

I limiti adottati per le sostanze perfluoroalchiliche hanno un valore provvisorio e si riferiscono alla mediana calcolata sui valori desunti dai rapporti di prova dei campioni fiscali eseguiti da ARPAV dal 1 gennaio al 31 dicembre di ogni anno.

Nella Tabella che segue si riporta una comparazione tra gli approcci adottati dalle due Regioni e a livello nazionale.

Tab. 1- Attività antropiche identificate da ARPA Veneto come potenziali sorgenti di emissioni/rilasci dei PFAS

	PIEMONTE	VENETO	ALTRE REGIONI	ITALIA
Provvedimento	L.R. 25/2021	Decreto del Direttore	n.a.	n.a.
Ambito di applicazione	Territorio regionale	Sito specifico in funzione di criticità (Caso A.Ri.C.A.)	n.a.	n.a.
Valore limite PFOS [µg/l]	0,00065	0,03	Nessuno	Nessuno
Valore limite PFOA [µg/l]	0,1	0,1	Nessuno	Nessuno
Modalità rilevazione	Valore puntuale	Mediana sui valori rilevati nell'arco di 12 mesi	n.a.	n.a.

5 CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI PFAS

Il campionamento e la misura delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nelle diverse matrici ambientali rappresentano una sfida complessa per la natura stessa di queste molecole e per la loro presenza ubiquitaria a livelli di concentrazione bassissimi, spesso nell'ordine dei nanogrammi per litro (ng/l) o parti per trilione (ppt).

Le tecniche di campionamento e monitoraggio variano a seconda della matrice:

- Acque (potabili, sotterranee, superficiali e reflue): è la matrice più monitorata, si utilizzano campionamenti medio-compositi o discreti a seconda del corpo idrico.
- Suolo, sedimenti e fanghi: Matrici solide ad alto contenuto di sostanza organica. Il campionamento richiede carotaggi o campioni superficiali integrati. L'estrazione dei PFAS da queste matrici è complessa a causa del forte legame chimico con le particelle del suolo.
- Aria e particolato Atmosferico: I PFAS possono essere trasportati per via aerea sia in fase gassosa che adsorbiti sul particolato (PM10, PM2.5). Si utilizzano campionatori ad alto volume con filtri in fibra di quarzo o poliuretano espanso, oltre a tecniche di campionamento passivo per le deposizioni atmosferiche.
- Biota e catena alimentare: monitoraggio di pesci, vegetali e tessuti animali, fondamentale per valutare il bioaccumulo lungo la catena trofica.

I PFAS vengono ricercati anche in: packaging, rifiuti, schiume antincendio, ecc.

5.1 LE TECNICHE DI MISURA E ANALISI DEI PFAS NELLE ACQUE

Dato che i PFAS sono molecole altamente persistenti e tossiche anche a concentrazioni infinitesimali, per le acque potabili sono richiesti bassissimi limiti di rilevazione (dell'ordine dei ng/l) generando così sfide importanti per la loro quantificazione.

Un primo metodo di screening non mirato (untargeted) fondamentale per rilevare la contaminazione totale da composti organofluorurati in acqua, tra cui la stragrande maggioranza dei PFAS, è la misura dell'**AOF** (Adsorbable Organic Fluorine, ovvero Fluoro Organico Adsorbibile).

Mentre le analisi tradizionali cercano una lista ristretta di specifiche molecole (es. 24 o 60 tipi di PFAS "target"), l'analisi dell'AOF quantifica il fluoro totale legato a qualsiasi matrice organica presente nel campione, offrendo una stima complessiva e reale del livello di contaminazione, inclusi i PFAS emergenti o i prodotti di degradazione.

Il processo standard (regolato a livello internazionale da norme come la DIN 38409-59 o l'EPA Method 1621) si articola in tre fasi principali:

1. Adsorbimento su carbone attivo: il campione d'acqua viene fatto passare attraverso una cartuccia contenente carbone attivo granulare (GAC). Grazie alle proprietà chimiche dei PFAS (incluse le loro *caratteristiche anfipatiche*), i composti organofluorurati si legano saldamente al carbone, mentre il fluoro inorganico naturale (come i fluoruri solubili in acqua) viene lavato via.
2. Combustione ad alta temperatura: il carbone attivo, che ha trattenuto i composti organici, viene bruciato in un forno speciale a temperature elevatissime (superiori a 950 °C) in presenza di ossigeno e vapore acqueo. Questa combustione distrugge i legami C-F e trasforma tutto il fluoro organico in acido fluoridrico (HF) gassoso.
3. Cromatografia Ionica di Combustione (CIC): Il gas HF viene convogliato e intrappolato in una soluzione assorbente acquosa. Questa soluzione viene inviata direttamente a un cromatografo ionico (sistema CIC) per misurare la concentrazione di ioni fluoruro (F⁻). Il risultato finale esprime la concentrazione totale di fluoro organico nell'acqua.

La tecnologia più adatta per determinazione dei vari composti PFAS è la **cromatografia liquida associata alla spettrometria di massa** (LC-MS). In particolare, il gold standard analitico è rappresentato dalla tecnica LC-MS/MS (Cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa tandem).

Questa tecnica è l'unica in grado di garantire contemporaneamente due requisiti fondamentali: separare decine di PFAS diversi e identificarli con precisione millimetrica a livelli di parti per trilione (ng/L). Prima si separano le diverse sostanze presenti nel campione (LC), poi si identificano e misurano i singoli PFAS (MS).

Il processo consiste nei seguenti passaggi:

1. *Preparazione del campione.*

Si prende una quantità nota di acqua. Spesso i PFAS vengono prima concentrati, perché possono essere presenti a livelli estremamente bassi (ng/l). Una tecnica frequente è la SPE – Solid Phase Extraction: l'acqua passa attraverso un materiale che trattiene i PFAS; successivamente questi vengono estratti in un volume molto più piccolo di solvente.

2. Cromatografia liquida (LC) - separazione.

Il campione concentrato viene iniettato nell'apparecchio e trasportato da un solvente attraverso una colonna cromatografica. La colonna contiene una fase stazionaria con cui le varie molecole interagiscono in maniera diversa. Di conseguenza sfruttando proprio la natura anfifilica dei PFAS (la loro struttura chimica presenta contemporaneamente una parte idrofoba e una parte idrofila), le molecole interagiscono in modo diverso con il materiale interno della colonna. I PFAS con la coda di carbonio più corta vengono rilasciati prima; quelli con la coda più lunga escono dopo. I vari tipi di PFAS (es. PFOS, PFOA, PFHxS) fuoriescono dalla colonna separati l'uno dall'altro a tempi diversi (chiamati tempi di ritenzione).

3. Spettrometria di massa (MS)

Quando una sostanza esce dalla colonna, entra nello spettrometro di massa, che agisce come una "bilancia molecolare". Il processo è schematizzabile in tre fasi:

- Ionizzazione: Le molecole ricevono una carica elettrica (vengono ionizzate) in modo da poter essere guidate da campi magnetici.
- Frammentazione (Tandem MS/MS): Lo strumento pesa la molecola intera (ione padre), poi la "rompe" facendola urtare contro un gas e pesa i frammenti ottenuti (ioni figli).
- Il "Codice a Barre": Ogni PFAS si rompe sempre nello stesso identico modo, generando un'impronta digitale di frammenti unica. Questo permette di identificare univocamente il composto.

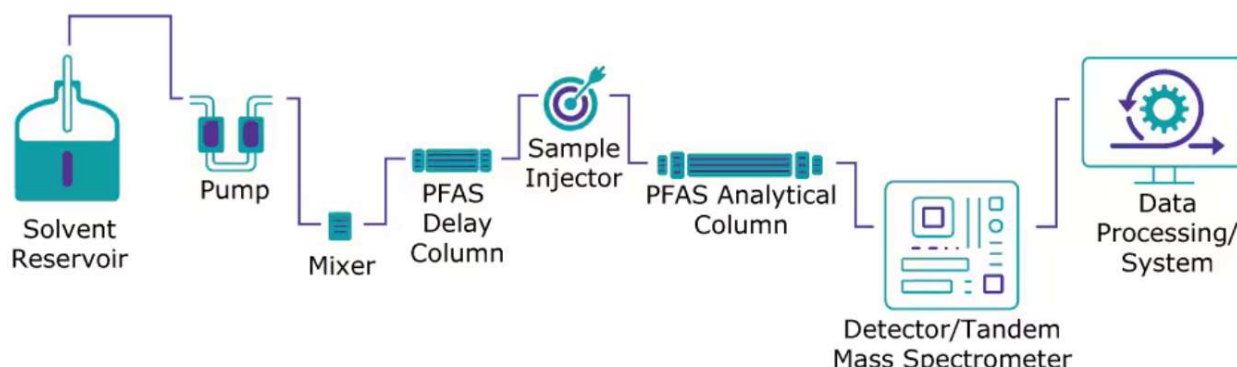


Fig. 11 – Strumento LC-MS/MS comprendente una colonna di ritardo PFAS [21].

5.2 LE PRINCIPALI CRITICITÀ

Una delle sfide di queste analisi risiede nel fatto che molti reagenti e attrezzature di laboratorio possono rilasciare alcuni PFAS, interferendo potenzialmente con i risultati. La contaminazione di fondo può provenire da componenti contenenti fluoropolimeri (ad esempio PTFE) o da solventi in fase mobile. L'uso di una colonna di ritardo PFAS specifica può impedire che la contaminazione di fondo da PFAS interferisca con i risultati del campione (Fig. 11).

Le proprietà chimico-fisiche dei PFAS (idrofobici sulla catena fluorurata, idrofilici sulla testa polare) e il loro larghissimo impiego industriale generano criticità enormi durante tutte le fasi:

- Rischio di sovrastima per via della contaminazione crociata (Cross-Contamination): i PFAS sono ovunque, anche negli indumenti e nella strumentazione usata dai tecnici di laboratorio; il rischio di introdurre PFAS "esterni" nel campione è pertanto alto.
 - Campionamento: È vietato l'uso di contenitori in vetro (adsorbimento) o di materiali contenenti Teflon (PTFE), Gore-Tex, plastica fluorurata, fogli di alluminio e persino post-it o pennarelli indelebili idrorepellenti. Si devono usare solo contenitori in polietilene ad alta densità (HDPE) o polipropilene (PP).

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		22 di 42

- Abbigliamento del Personale: gli operatori non devono indossare abiti trattati con idrorepellenti, scarpe antinfortunistiche in Gore-Tex o cosmetici/creme solari il giorno del campionamento.
- Tubi in teflon della strumentazione: per evitare che i PFAS rilasciati dallo strumento si sovrappongano al campione, è obbligatorio installare una colonna di ritardo (delay column) tra la pompa del solvente e l'iniettore, oltre a utilizzare kit "PFC Free".
- Rischio di sottostima per effetto di adsorbimento: i PFAS a catena lunga (≥ 10 atomi di carbonio) manifestano una forte tendenza ad adsorbirsi sulle pareti dei contenitori o sui sistemi di filtrazione (specialmente se in vetro). Se il campione non viene gestito correttamente o se viene filtrato con membrane non idonee, una quota significativa di analita viene persa prima dell'iniezione, portando a un falso negativo o a una sottostima del dato reale.
- Evoluzione dei Target analitici e Standard di riferimento: il panorama chimico è in continua mutazione. A causa dei bandi normativi sui PFAS storici a catena lunga (come PFOA e PFOS), l'industria ha introdotto PFAS a catena corta o sostitutivi (es. GenX, cC6O4, ADONA, o l'ubiquitario acido trifluoroacetico - TFA). Molti laboratori riscontrano difficoltà nel reperire i Materiali di Riferimento Certificati (CRM) e gli standard interni marcati isotopicamente, indispensabili per la quantificazione accurata dei PFAS introdotti di recente sul mercato.

6 TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO DEI PFAS NELLE ACQUE

Le tecnologie attualmente disponibili per il trattamento dei PFAS si pongono l'obiettivo di concentrare o trasferire il contaminante da un mezzo all'altro, rendendo necessaria un'ulteriore fase di trattamento finale della soluzione concentrata per distruggere i contaminanti.

In particolare, il trattamento delle acque contenenti PFAS si articola in due macro-fasi essenziali:

- le tecnologie di separazione/concentrazione, che estraggono l'inquinante dalla matrice acquosa riducendo il volume;
- le tecnologie di distruzione molecolare, che spezzano i legami carbonio-fluoro per eliminare definitivamente il contaminante senza lasciare rifiuti tossici.

Sul mercato sono disponibili diverse tecnologie di trattamento dei PFAS nelle matrici acquose, alcune usate su base industriale, altre emergenti (Fig. 12).

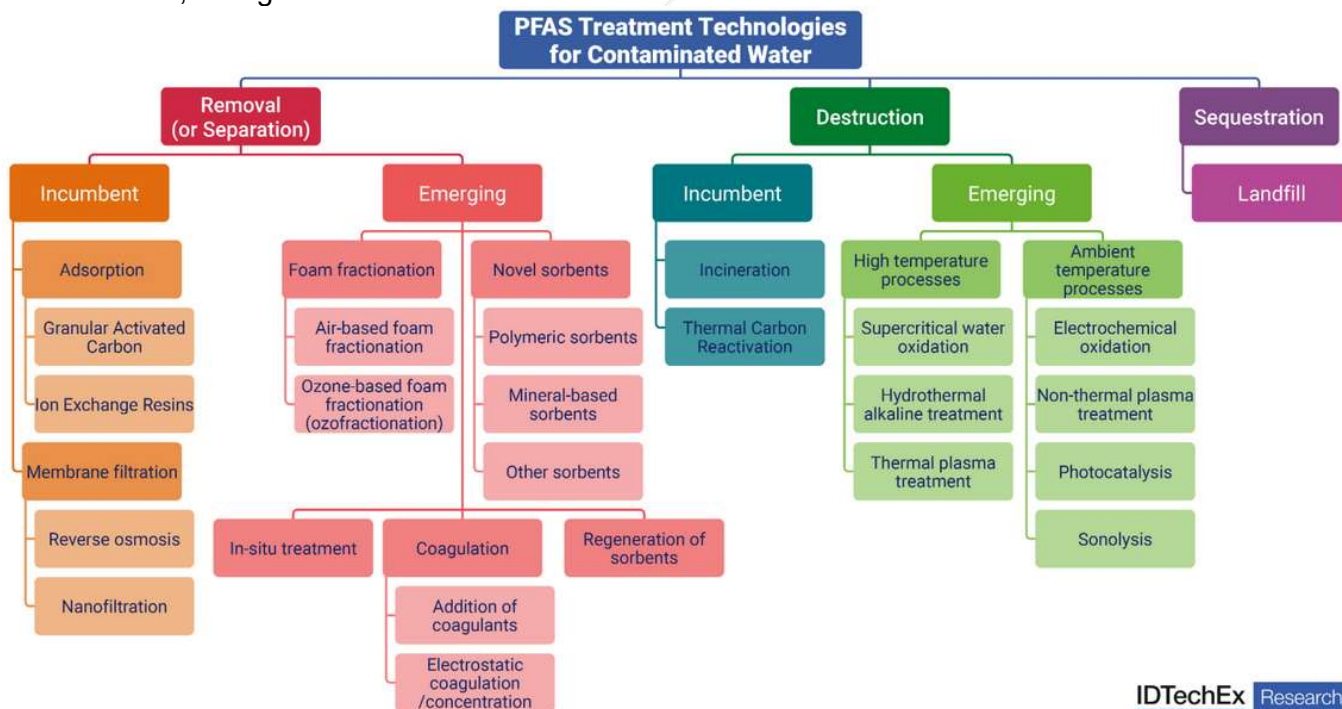
La scelta della tecnica da impiegare per il trattamento della matrice acquosa dipende dai seguenti fattori:

- Caratteristiche dei PFAS da rimuovere: stato ionico dei PFAS (anionico, cationico, non-ionico), isomerizzazione, etc;
- Caratteristiche qualitative della matrice da trattare: presenza di contaminanti competitivi, salinità dell'acqua, variabilità della matrice;
- Caratteristiche quantitative: volumi da trattare, disponibilità di un impianto di smaltimento finale dei contaminanti separati (es. inceneritore), costi di trasporto all'impianto di smaltimento finale.

Le tecnologie di *separazione* di PFAS in ambiente acquoso comprendono processi fisico-chimici, come l'adsorbimento attraverso carbone attivo e resine a scambio ionico. Altri trattamenti fisico-chimici impiegati comprendono i sistemi a Filtro-Membrana e l'Evaporazione Sottovuoto.

Per quanto riguarda le tecnologie di *distruzione*, attualmente i PFAS sequestrati dall'ambiente vengono distrutti mediante incenerimento.

Altre tecnologie emergenti di distruzione, ancora in fase di studio, sono: la degradazione fotocatalitica, i processi di ossidazione avanzata (AOP), i processi di riduzione avanzata (ARP), l'ossidazione elettrochimica, la degradazione sono-chimica.



IDTechEx Research

Fig. 12 – Classificazione delle tecnologie di trattamento dei PFAS nelle acque suddivise tra consolidate e emergenti (fonte: IDTechEx Research)

Le tecnologie comunemente disponibili per il trattamento delle acque (ad esempio il trattamento con carbone attivo granulare, GAC) rimuovono le molecole a catena più lunga.

Tuttavia, il mondo industriale si sta orientando verso l'utilizzo di PFAS a catena più corta in sostituzione di quelli a catena più lunga perché spesso sono considerati meno tossici e non sono ancora soggetti alle restrizioni internazionali (Convenzione di Stoccolma).

La rimozione di molecole PFAS a catena corta ed ultra corta (es. TFA) richiede tecnologie più avanzate (osmosi inversa, RO e nanofiltrazione, NF).

Tali soluzioni possono comportare costi ancora più elevati, grandi consumi di energia e la generazione di un rifiuto (salamoia) da smaltire.

Gli inquinanti catturati vengono poi smaltiti o attraverso il trattamento termico dei concentrati (a temperatura superiore ai 1000 °C) nel caso tecniche di separazione fisica, o attraverso la rigenerazione dei carboni attivi utilizzati per l'adsorbimento dei PFAS.

		Removal <10%			Removal 10-90%			Removal > 90%		
Compound		M.W. (g/mol)	AER	COAG/ DAF	COAG/ FLOC/ SED/ G- or M-FIL	AIX	GAC	NF	RO	MnO ₄ , O ₃ , ClO ₂ , Cl ₂ , CLM, UV,
	PFBA	214	assumed	assumed						
	PFPeA	264								
	PFHxA	314								
	PFHpA	364								
	PFOA	414								
	PFNA	464		unknown		assumed	assumed			
	PFDA	514		unknown		assumed	assumed			
	PFBS	300								
	PFHxS	400								
	PFOS	500								
	FOSA	499	unknown	unknown		unknown	assumed	unknown	assumed	unknown
	N-MeFOSAA	571	assumed	unknown		assumed	assumed	assumed		unknown
	N-EtFOSAA	585		unknown		assumed	assumed	assumed		unknown ^a

a - <10% removal by Cl₂ and KMnO₄; "assumed": treatment performance is assumed based on the PFAA size/charge and/or known removal data of shorter or longer chain homologues
 AER: Aeration, AIX: Anion Exchange, CLM: Chloramination, Cl₂: Hypochlorous/Hypochlorite, ClO₂: Chlorine Dioxide, COAG: Coagulation, DAF: Dissolved Air Flotation, O₃: Ozone, FLOC: Flocculation, GAC: Granular Activated Carbon Filtration, G-FIL: Granular Filtration, M-FIL: Microfiltration, MnO₄: Permanganate, RO: Reverse Osmosis, SED: Sedimentation, UV: UV Photolysis, UV-AOP: UV Photolysis with Advanced Oxidation (Hydrogen Peroxide)

Fig. 13 – Efficienza di rimozione delle varie tecnologie in basi alle caratteristiche chimico-fisiche dei PFAS

Di seguito vengono sinteticamente descritte le principali tecnologie utilizzate nel trattamento acque.

6.1 ADSORBIMENTO SU CARBONE ATTIVO

Il processo di filtrazione su carbone attivo è un processo chimico-fisico di trasferimento di massa (le molecole di PFAS vengono trattenute sulla superficie del carbone attivo tramite legami fisici e chimici); una volta saturato, il carbone attivo deve essere sostituito o rigenerato per mantenerne l'efficacia.

I due principali tipi di carbone attivo utilizzati nelle applicazioni di trattamento delle acque sono il carbone attivo granulare (GAC) e il carbone attivo in polvere (PAC).

L'utilizzo del GAC (più diffuso) avviene come letto costituente di unità filtranti. Il carbone attivo esausto può essere rigenerato oppure scartato e sostituito con carbone nuovo. Il GAC esaurito deve essere smaltito correttamente: ad oggi la rigenerazione termica è l'unica tecnologia applicata a livello industriale per la degradazione dei PFAS.

Il carbone attivo è adatto per il trattamento di acque potabili ed acque reflue, meno per acque di processo e percolati.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		25 di 42

Tra i vantaggi:

- elevate prestazioni di rimozione di PFAS;
- efficacia per composti a catena corta;
- bassi costi di investimento;

Tra gli svantaggi:

- sensibilità a contaminanti competitivi;
- necessaria sostituzione periodica e smaltimento delle masse filtranti esauste.

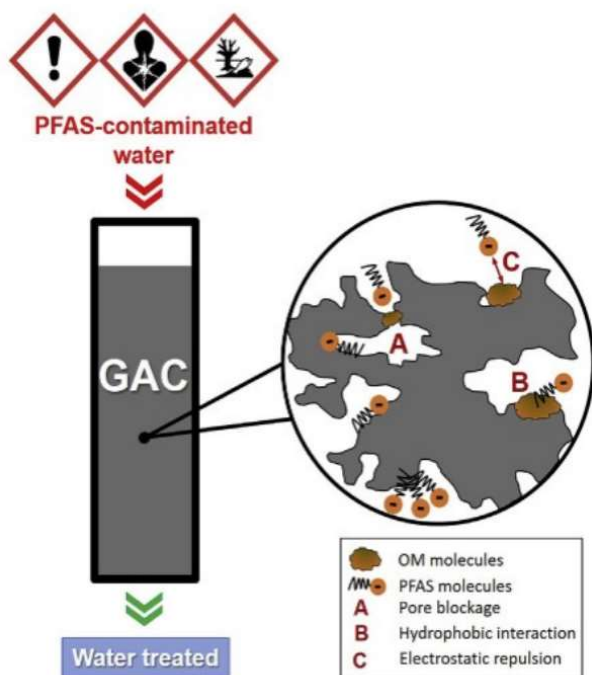


Fig. 14 – Adsorbimento di PFAS su carbone attivo granulare (fonte: Gagliano et al., 2020)

6.2 ADSORBIMENTO TRAMITE RESINE A SCAMBIO IONICO

Lo scambio ionico consiste nello scambio di ioni aventi la stessa carica. Queste interazioni avvengono tra resina e soluzione filtrata. I filtri a resina sono costituiti da un letto di materiale sintetico, quale il polistirene, con elevata capacità di scambio ionico. Sfruttano interazioni elettrostatiche ed idrofobiche con le molecole in sospensione nel liquido filtrato.

Nel trattamento di inquinanti PFAS la resina lega l'estremità idrofila ionizzata (gruppo funzionale) della molecola, rilasciando una quantità equivalente di uno ione innocuo, generalmente cloruro, nell'acqua trattata.

Questa tecnologia è conveniente per il trattamento di elevati volumi di liquido a bassa concentrazione di inquinanti, quindi sia per acque potabili sia per acque reflue.

Tra i vantaggi:

- elevate prestazioni di rimozione di PFAS;
- bassi costi di investimento.

Tra gli svantaggi:

- sensibilità a contaminanti competitivi;
- necessaria di sostituzione periodica e smaltimento delle masse filtranti esauste.

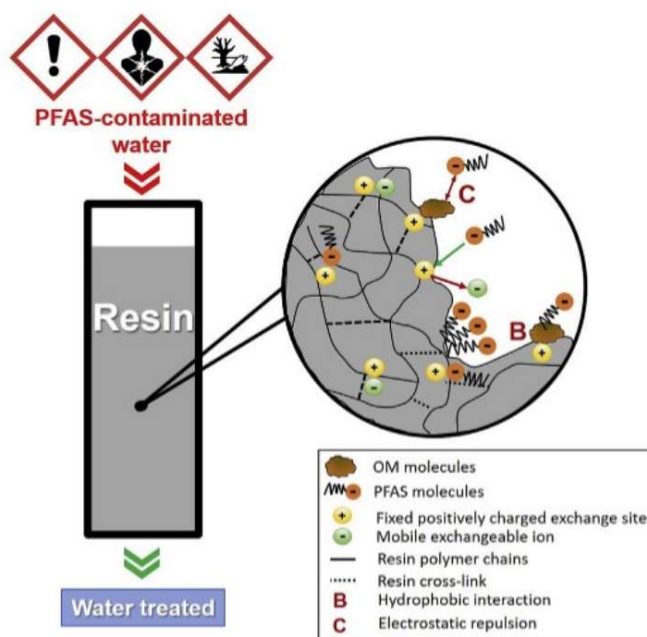


Fig. 15 – Adsorbimento di PFAS su resina (fonte: Gagliano et al., 2020)

6.3 FILTRI A MEMBRANA

Le membrane intercettano le molecole in sospensione attraverso un meccanismo di esclusione sia dimensionale (predominante) che elettrostatico; sono generalmente considerate efficienti per il trattamento di grandi volumi di liquido a bassa concentrazione di inquinante da rimuovere.

Le membrane a nanofiltrazione (NF) e ad osmosi inversa (RO) sono tecnologie ampiamente utilizzate nella depurazione di acque non potabili e nel riciclo delle acque in svariati settori industriali. Permettono di ottenere un permeato depurato, e un concentrato di contaminanti (salamoia) che va ulteriormente trattato.

La *Nanofiltrazione* (NF) è una tecnologia di filtrazione a membrana, attuata in condizioni di elevato flusso d'acqua e bassa pressione operativa. Il filtro è costituito da una membrana i cui pori hanno diametro nanometrico, che permette il passaggio selettivo delle particelle in base alle loro dimensioni ed alle loro proprietà di carica.

L'*Osmosi Inversa* (RO), detta anche *Iperfiltrazione* è una tecnologia utilizzata per rimuovere contaminanti dall'acqua forzando la soluzione in pressione, attraverso una membrana. Nel processo di osmosi inversa viene applicata una pressione alla soluzione più concentrata, tale da vincere la naturale pressione osmotica, ottenendo così un'inversione del flusso spontaneo.

I filtri-membrana sono adatti per il trattamento di acque reflue, acque di processo e percolati.

Tra i vantaggi:

- Contemporanea eliminazione di altri inquinanti;
- Elevata rimozione di PFAS anche in matrici complesse;
- Possibilità di più trattamenti in serie: carboni/resine + NF/RO.

Tra gli svantaggi:

- Elevata produzione di concentrato;
- Elevati costi di smaltimento.

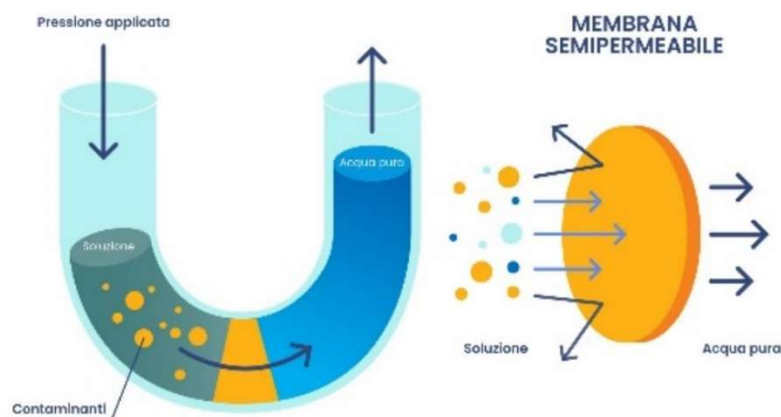


Fig. 16 – Osmosi inversa (fonte: Gagliano et al., 2020)

6.4 FOAM-FRACTIONATION

Questo processo è utilizzabile per tutte le sostanze surfattanti e risulta quindi efficace anche per i PFAS. È molto economico sia dal punto di vista dei costi di investimento che dei costi di esercizio.

Si basa sull'immissione di bolle d'aria o azoto dal basso del reattore: le bolle, risalendo all'interno della soluzione, aderiscono alle sostanze surfattanti grazie all'affinità che queste molecole hanno per natura con tutte le superfici, comprese quindi quelle delle bolle.

Una volta arrivate sul pelo superficiale della soluzione, si forma uno strato di schiuma che va estratto e ulteriormente trattato.

Tra i vantaggi:

- economicità del processo;
- semplicità di gestione;

Tra gli svantaggi c'è la bassa efficacia per i PFAS a catena corta a meno che non vengano aggiunti tensioattivi chimici il cui impatto va attentamente valutato.

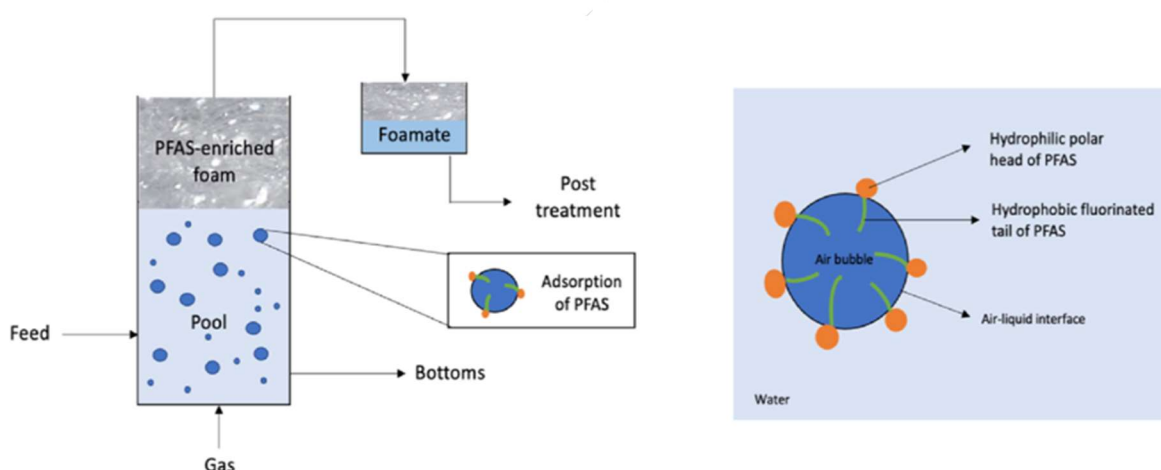


Fig. 17 – Schema del processo foam fractionation (fonte: Chyi En We et al., 2024)

6.5 EVAPORAZIONE SOTTOVUOTO

L'evaporazione sottovuoto è una tecnica di trattamento utilizzata per la rimozione di inquinanti da percolati di discarica o scarti industriali liquidi ad elevate concentrazioni di inquinanti.

La temperatura di ebollizione di un liquido è influenzata dalla pressione esterna al quale esso è sottoposto. In un sistema sottovuoto, la pressione è ridotta rispetto alla pressione atmosferica, abbassando così il punto di ebollizione dell'acqua.

L'evaporazione sottovuoto è adatta per il trattamento di acque di processo e percolati.

Tra i vantaggi:

- contemporanea eliminazione di altri inquinanti;
- recupero idrico spinto e ridotta produzione di concentrati.

Tra gli svantaggi:

- costi di investimento elevati;
- trattamento energivoro;
- possibili trascinamenti di PFAS a basso peso molecolare in funzione della concentrazione.

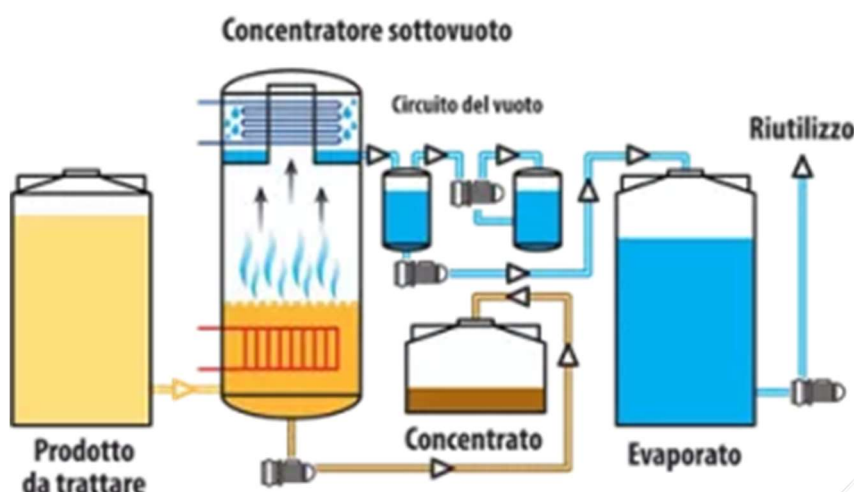


Fig. 18 – Schema del processo dell'evaporazione sottovuoto, fonte: [15]

6.6 SUPERCRITICAL WATER OXIDATION

L'Ossidazione in Acqua Supercritica (SCWO - Supercritical Water Oxidation) è una delle tecnologie più promettenti per la distruzione dei PFAS nelle acque reflue e nei fanghi contaminati. A differenza dei metodi tradizionali come i carboni attivi o l'osmosi inversa, che si limitano a trasferire o concentrare i PFAS, la SCWO è una tecnologia distruttiva, ossia ha come obiettivo quello di rompere definitivamente i legami carbonio-fluoro.

Il principio si basa sul portare l'acqua oltre il suo punto critico, pari a circa 374 °C e 22,1 MPa (221 bar). In queste condizioni l'acqua assume proprietà intermedie tra quelle di un liquido e di un gas e diventa un ambiente particolarmente favorevole alle reazioni di ossidazione.

Nel processo SCWO, il flusso contenente PFAS viene portato in condizioni supercritiche e miscelato con un agente ossidante, tipicamente ossigeno, aria o perossido di idrogeno. Le elevate temperature e pressioni, insieme all'ambiente fortemente ossidante, favoriscono la rottura delle molecole organiche e, nel caso dei PFAS, dei legami carbonio-fluoro (C-F), particolarmente resistenti.

L'obiettivo è ottenere una mineralizzazione dei PFAS: il carbonio organico viene convertito principalmente in CO₂, mentre il fluoro viene trasformato in fluoruro inorganico (F⁻), che può successivamente essere gestito nel trattamento degli effluenti.

Un aspetto importante è distinguere la SCWO dalle tecnologie come carboni attivi, resine a scambio ionico o osmosi inversa: queste ultime rimuovono i PFAS dall'acqua trasferendoli in un'altra fase e producendo quindi un residuo concentrato da trattare; la SCWO mira invece alla distruzione chimica dei PFAS. Per questo motivo risulta particolarmente interessante per il trattamento di concentrati di PFAS, eluati di rigenerazione, schiume antincendio e altri rifiuti liquidi ad alta concentrazione, mentre l'applicazione diretta a grandi volumi di acqua molto diluita può risultare meno conveniente dal punto di vista energetico ed economico.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		29 di 42

Poiché trattare enormi volumi di acqua a bassissime concentrazioni direttamente con la SCWO sarebbe economicamente insostenibile, l'approccio industriale standard prevede un sistema combinato:

- Fase di concentrazione: si usano membrane, schiume o resine a scambio ionico;
- Fase di distruzione (SCWO): il volume ridotto e altamente concentrato (percolato di discarica, fanghi o rigenerati di resine) viene inserito nel reattore SCWO per la distruzione finale.

Esistono applicazioni della SCWO a scala commerciale per la distruzione dei PFAS, soprattutto negli Stati Uniti; tuttavia, non si tratta di una tecnologia “matura e diffusa” come carboni attivi o osmosi: è più corretto parlare di prime applicazioni commerciali full-scale, con diversi impianti operativi e altri in fase di diffusione.

Il caso più significativo è il PFAS Annihilator®, sviluppato da Battelle e commercializzato da Revive Environmental.

Nel 2023 è entrato in funzione a Grand Rapids, Michigan, in un'applicazione commerciale autorizzata per trattare concentrati derivanti da percolato di discarica: il sistema era associato al trattamento di oltre 600 m³/giorno di percolato, con concentrazione dei PFAS prima della fase SCWO.

Inoltre, secondo il programma SERDP/ESTCP del Dipartimento della Difesa statunitense, Revive dispone a Columbus, Ohio, di tre unità PFAS Annihilator full-scale operative, utilizzate commercialmente per trattare concentrati di schiume antincendio, stock di vecchie schiume fluorurate ritirate da aeroporti e siti militari.

Tra le principali criticità della tecnologia vi sono le elevate pressioni e temperature operative, la corrosione dei materiali, la possibile precipitazione di sali e conseguente formazione di depositi nel reattore, oltre alla necessità di verificare l'effettiva mineralizzazione attraverso il bilancio del fluoro e l'eventuale presenza di prodotti intermedi.



Fig. 19 – Multiple PFAS Annihilator SCWO units (Grand Rapids, Michigan) [22]

7 PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA: ESITI DELL'INDAGINE DI A.R. PIEMONTE

A marzo 2025, sono pervenute ad A.R. Piemonte segnalazioni da parte di alcuni gestori di discariche consortili in merito alla difficoltà a conferire il percolato presso gli impianti di depurazione.

In particolare, a causa dei nuovi limiti sui PFAS della L.R. 25/2021, entrati in vigore alla fine del 2024, e dei conseguenti monitoraggi effettuati da ARPA Piemonte, alcuni impianti di depurazione che accoglievano anche il percolato di discarica (rifiuto identificato con CER 190703) hanno deciso di interromperne in via cautelativa il ritiro.

I gestori di discarica hanno dunque evidenziato il rischio di non riuscire a rispettare le prescrizioni autorizzative in termini di battente di percolato all'interno del corpo discarica, qualora non si riuscisse a trovare sbocchi alternativi.

A.R. Piemonte è stata investita della questione dall'Assemblea nella seduta del 30/4/2025.

Con Nota prot. 301 del 5/5/2025, A.R. Piemonte ha chiesto ai CAV e ai gestori delle discariche di segnalare eventuali criticità nello smaltimento del percolato, fornendo ogni informazione utile.

A seguito dell'istituzione dell'Osservatorio tecnico-scientifico per la riduzione dei PFAS (art. 36 Legge Regionale 8 luglio 2025, n. 9) alle cui sedute plenarie partecipa anche A.R. Piemonte e al fine di monitorare la problematica della presenza di PFAS nel percolato (come richiesto nell'Assemblea di A.R. Piemonte del 30/4/2025), con Nota Prot. 473 del 16 luglio 2025 è stato richiesto ai gestori delle discariche di compilare uno specifico foglio xls, fornendo informazioni circa i quantitativi annui di percolato prodotti, l'impianto di destinazione, le modalità di recapito (scarico in fognatura o conferimento tramite autobotti), la tariffa di smaltimento.

È stata inoltre richiesta, ai fini di costituire, organizzare e aggiornare un data-base relativo alle caratteristiche del percolato, la trasmissione delle analisi chimiche effettuate sul medesimo.

A fine maggio 2026 A.R. Piemonte ha effettuato una ulteriore indagine sulle discariche dell'ambito per verificare l'eventuale persistenza di criticità dovute alla presenza di PFAS nella gestione del percolato.

Si riportano di seguito le risultanze delle indagini effettuate in termini di:

- Quantitativo annuo di percolato prodotto;
- Presenza di PFAS nel percolato;
- Impianti di destinazione e costi del trattamento dopo l'entrata in vigore dei limiti più restrittivi previsti dalla L.R. 25/2021 e poi dopo il ripristino di quelli meno restrittivi in ragione della modifica normativa apportata dall'Omnibus 2025 (si veda par. 4.3.3).

7.1 PRODUZIONE ANNUA DI PERCOLATO

La produzione annua di percolato da discarica è fortemente dipendente dalla piovosità: dalla Tabella che segue si può notare come il quantitativo prodotto nell'anno 2024 dalle discariche oggetto di indagine (25 esaurite e 10 in esercizio) sia circa doppio di quello registrato nell'anno 2023 (565.241 tonnellate nel 2024 contro 259.613 dell'anno prima).

In effetti per il Piemonte il 2023 è stato un anno leggermente più secco della norma climatica, con un deficit di circa 8% rispetto alla media 1991-2020: sono caduti 944 mm di pioggia.

Il 2024 è stato invece un anno eccezionalmente piovoso (1.496 mm di pioggia), risultando il secondo anno più piovoso dal 1958, superato soltanto dal 1977.

Si noti come la discarica esaurita E25 (volumetria totale complessivamente autorizzata pari a 19.738.000 m³) con quantitativo di percolato di 187.598 tonnellate rappresenti da sola un terzo della produzione totale registrata in regione nel 2024 (Fig. 22).

Tab. 2- Produzione di percolato delle discariche piemontesi.

Produzione Annuale [t]	2023	2024
Discariche attive	70.281	152.510
Discariche esaurite	189.331	412.731
Totale	259.613	565.241

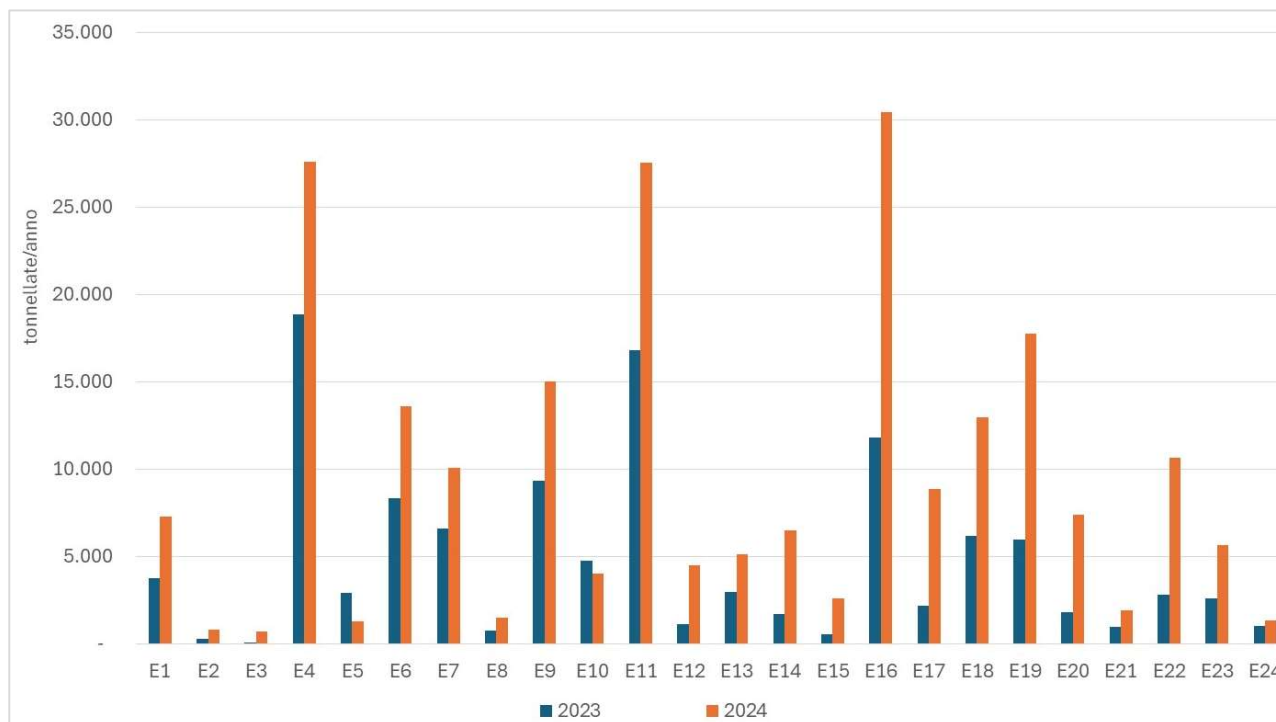


Fig. 20 – Discariche esaurite: produzione annua di percolato, anni 2023 e 2024

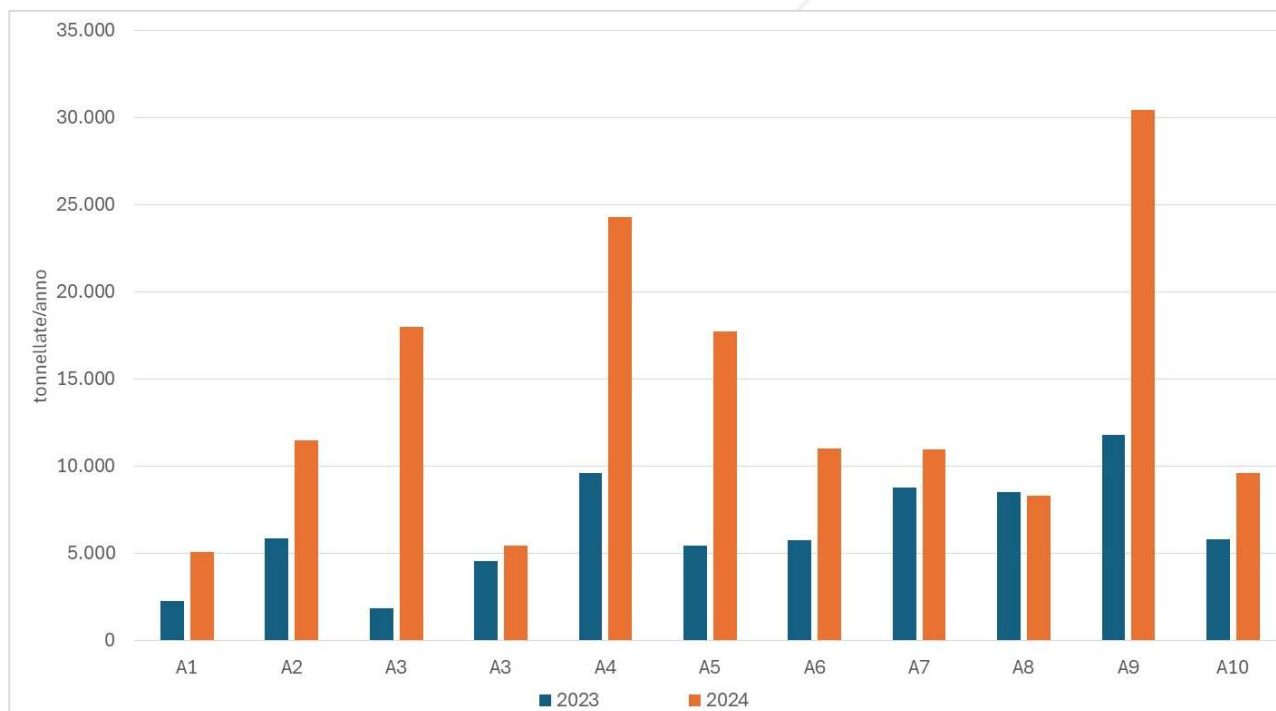


Fig. 21 – Discariche attive: produzione annua di percolato, anni 2023 e 2024

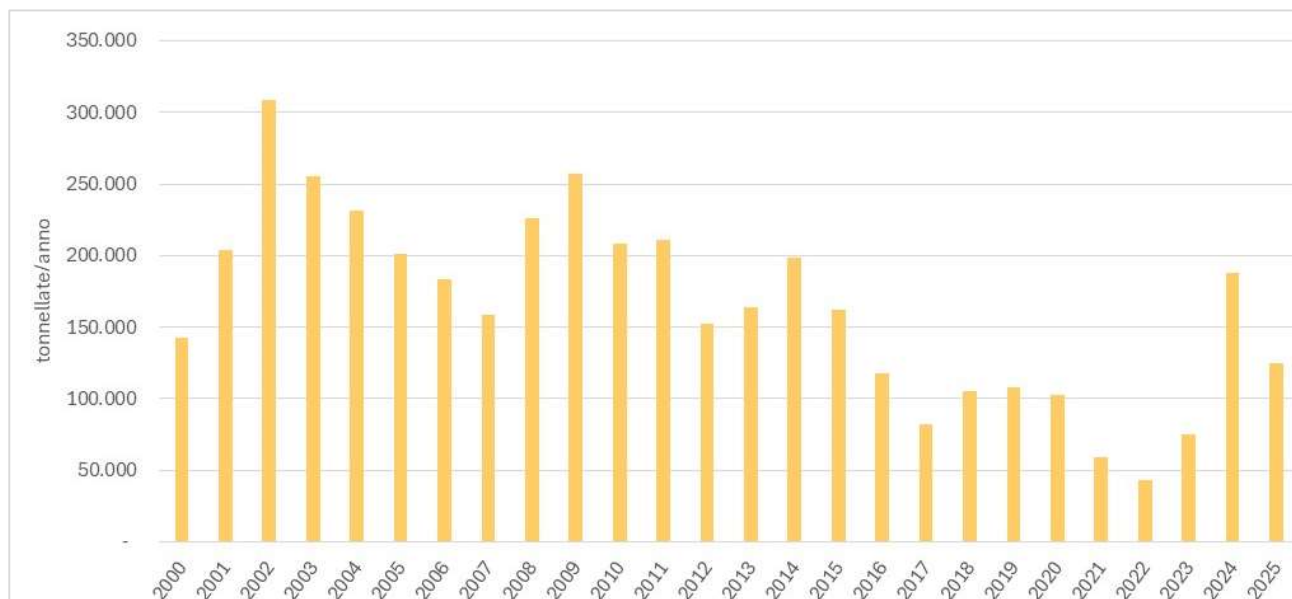


Fig. 22 – Discarica esaurita E25: produzione annua di percolato, anni 2000-2025

7.2 PRESENZA DI PFAS NEL PERCOLATO

Dai rapporti di prova, inviati dai gestori di discarica, eseguiti sui campioni di percolato prelevati nei pozzi di estrazione o nelle vasche di accumulo, è stato possibile ricavare le concentrazioni di PFOA e PFOS e confrontarli con i limiti di legge previsti dalla L.R. 25/2021 nei primi 36 mesi e dopo 36 mesi dalla data di entrata in vigore della Legge (Tab. 3).

Si rammenta che i suddetti limiti non sono da applicare al percolato, che una volta prelevato viene comunque inviato all'impianto di trattamento per ridurne il carico inquinante, ma si applicano agli scarichi in acque superficiali, il rispetto è dunque un obbligo del gestore dell'impianto di trattamento acque reflue. Tuttavia, la D.G.R. 14 giugno 2022 n. 60-5220 (*Indicazioni esplicative ed elementi interpretativi di supporto alla prima applicazione dei disposti di cui all'art. 74 della L.R. 25/2021*), all'Allegato 1 all'art. 6 (Prime indicazioni per Enti di governo d'ambito e gestori del servizio idrico integrato) al punto 3 prevede che:

«i Gestori, in quanto responsabili dei valori di emissione degli scarichi dei rispettivi impianti, sono titolati a valutare se accogliere o meno il conferimento in fognatura di reflui contenenti PFAS, qualora l'effetto finale allo scarico di tale conferimento, al netto dei trattamenti utilizzati, sia il mancato rispetto dei valori limite di emissione allo scarico di cui alla norma.»

Quindi il gestore dell'impianto di trattamento delle acque potrebbe non accogliere scarichi contenenti PFAS qualora il proprio impianto non sia dotato di tecnologie idonee al loro abbattimento.

In tal senso le misure che i gestori delle discariche effettuano sul percolato forniscono un'idea dell'entità della presenza di PFAS nei percolati di discarica e possono orientare la scelta verso le più idonee tecnologie di trattamento.

Relativamente alle discariche attive (Tab. 4), le ultime misure disponibili al momento dell'indagine, mostrano il superamento dei VLE per PFOA e PFOS, previsti nei primi 36 mesi dalla data di entrata in vigore della legge, soltanto per due discariche su sette (discariche A8 e A10), mentre il limite previsto dopo 36 mesi viene, per entrambi i parametri, in tre casi su sette (discariche A6, A8, A10); per le discariche A1 e A7 è rispettato per il limite per il PFOA ma non è detto che lo sia per il PFOS (VLE pari a 0,00065 µg/l pari a 0,65 ng/l) dal momento che il metodo di analisi utilizzato non ha una sensibilità sufficiente a determinare con precisione il tenore ma qualifica le concentrazioni semplicemente come inferiori ad una certa soglia (rispettivamente 0,01 e 0,003).

Per quanto attiene alle discariche esaurite i livelli di PFOA e PFOS riscontrati sono in generale più alti rispetto a quelli delle discariche attive e superiori, in sei casi su dodici, ai VLE fissati dalla normativa regionale nei due step temporali di cui si è detto (valori in grassetto nella Tab. 5).

Tab. 3 - VLE negli scarichi in acque superficiali previsti dalla L.R. 25/2021

VLE ex L.R. 25/2021 [µg/l]	PFOS	PFOA
Nei primi 36 mesi dalla data di entrata	0,02	0,3
Dopo 36 mesi dalla data di entrata	0,00065	0,1

Tab. 4- Discariche attive del Piemonte, concentrazioni di PFOA e PFOS nel percolato

Discarica Attiva	Provincia	PFOS Concentrazione [µg/l]	PFOA Concentrazione [µg/l]	Data prelievo
A1	Alessandria	<0,01	<0,01	13/11/2024
A3	Alessandria	<0,00065	<0,01	13/05/2025
A4	Alessandria	<0,00065	<0,01	13/05/2025
A5	Asti	<0,00037	0,0058±0,0023	07/04/2025
A6	Cuneo	0,0029	0,61	04/06/2025
A7	Cuneo	<0,003	0,003±0,001	16/06/2025
A8	Cuneo	0,045 ±0,015	0,85 ±0,23	11/06/2025
A10	Torino	0,059	2,5	07/04/2025

Tab. 5 - Discariche esaurite del Piemonte, concentrazioni di PFOA e PFOS nel percolato

Discarica Esaurita	Provincia	PFOS Concentrazione [µg/l]	PFOA Concentrazione [µg/l]	Data prelievo
E1	Alessandria	0,02	0,22	26/02/2025
E2	Alessandria	<0,01	<0,01	05/11/2024
E3	Asti	0,000156±0,000062	0,0087±0,0035	08/07/2025
E5	Biella	0,34 ±0,11	41,0 ±12,0	09/06/2025
E6	Biella	1,18 ±0,39	10 ±2,7	09/06/2025
E9	Cuneo	0,236 ±0,078	1,13 ±0,31	26/06/2025
E11	Torino	<0,019	0,86	23/05/2025
E13	Torino	0,19	2,7	07/07/2025
E14	Torino	0,053±0,018	0,342±0,098	28/05/2025
E22	Torino	<0,00063	0,040 ± 0,020	07/10/2024
E23	Torino	0,11	1,3	07/04/2025
E25	Torino	0,41	7,6	10/04/2025

Si è fatto un approfondimento specifico sulla discarica esaurita E25; dal momento che si dispone di un notevole numero di analisi chimiche (prelievi in diverse giornate e in pozzi di estrazione differenti) è stato possibile analizzare variazioni nel tempo e nello spazio delle concentrazioni di PFAS nel percolato.

Si tratta di una discarica con una volumetria complessivamente autorizzata pari a 19.738.000 m³, coltivata dal 1984 al 2009, che ha accolto nel corso degli anni rifiuti urbani indifferenziati, rifiuti speciali e fanghi di depurazione delle acque reflue, con conferimenti che in alcuni anni hanno superato le 900.000 tonnellate (Fig. 23).

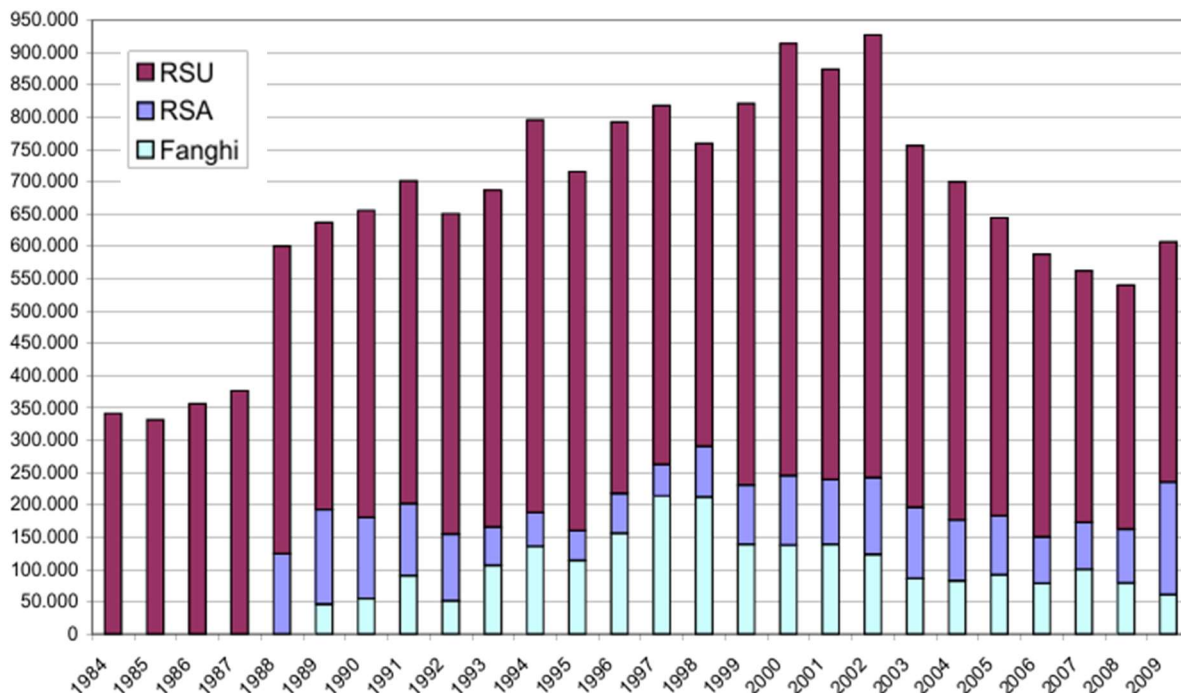


Fig. 23 – Discarica esaurita E25: rifiuti smaltiti nel periodo 1984-2009

Si può notare come le concentrazioni di **PFOA** misurate nel percolato allo scarico all'impianto di trattamento (Fig. 25) si mantengano in genere sotto i 4 $\mu\text{g/l}$ (con un unico picco che raggiunge i 10 $\mu\text{g/l}$, misura del 14/4/2025), superiori dunque di 13 volte rispetto al Valore Limite di Emissione vigente (VLE 0,3 $\mu\text{g/l}$) fissato dalla normativa regionale (L.R. 25/2021) per lo scarico in acque superficiali e di 40 volte rispetto al VLE valido a 36 mesi dall'entrata in vigore della Legge (0,1 $\mu\text{g/l}$).

Si noti come le analisi eseguite sul percolato prelevato dai diversi pozzi ubicati nel corpo discarica in una medesima giornata (10/4/2025) rivelino una certa variabilità delle concentrazioni a seconda dei punti di prelievo, da ascrivere presumibilmente alle diverse tipologie di rifiuti presenti nelle varie zone (Fig. 25).

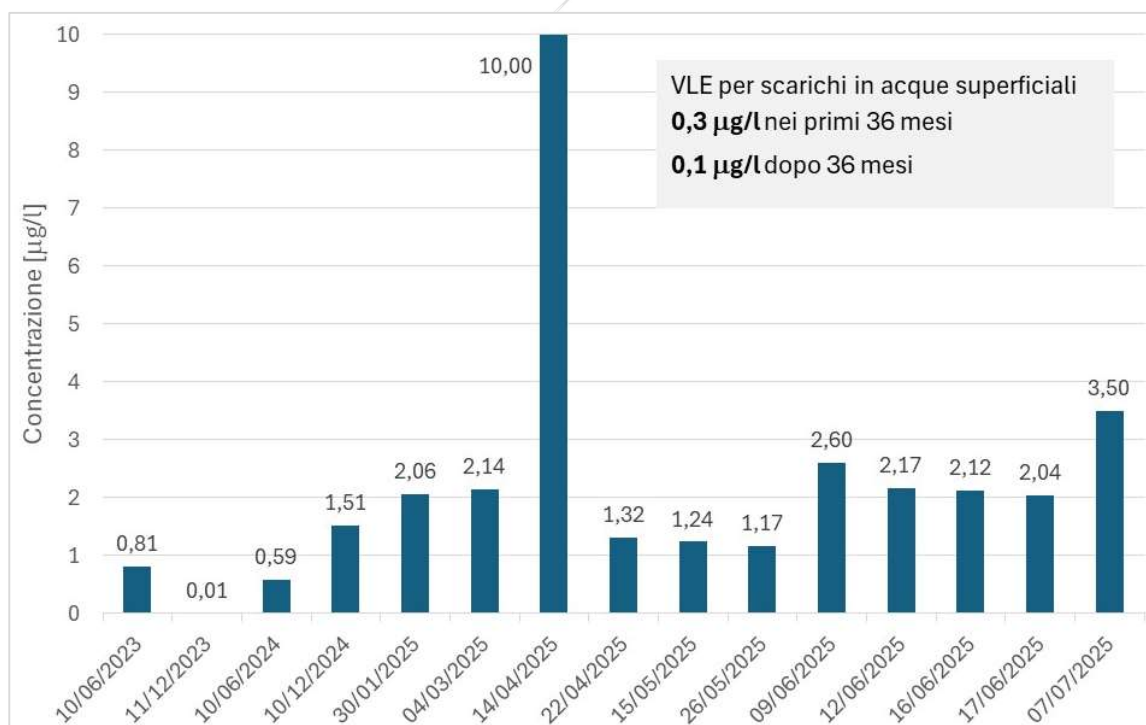


Fig. 24 – Discarica esaurita E25: concentrazioni di PFOA nel percolato inviato a impianto di depurazione

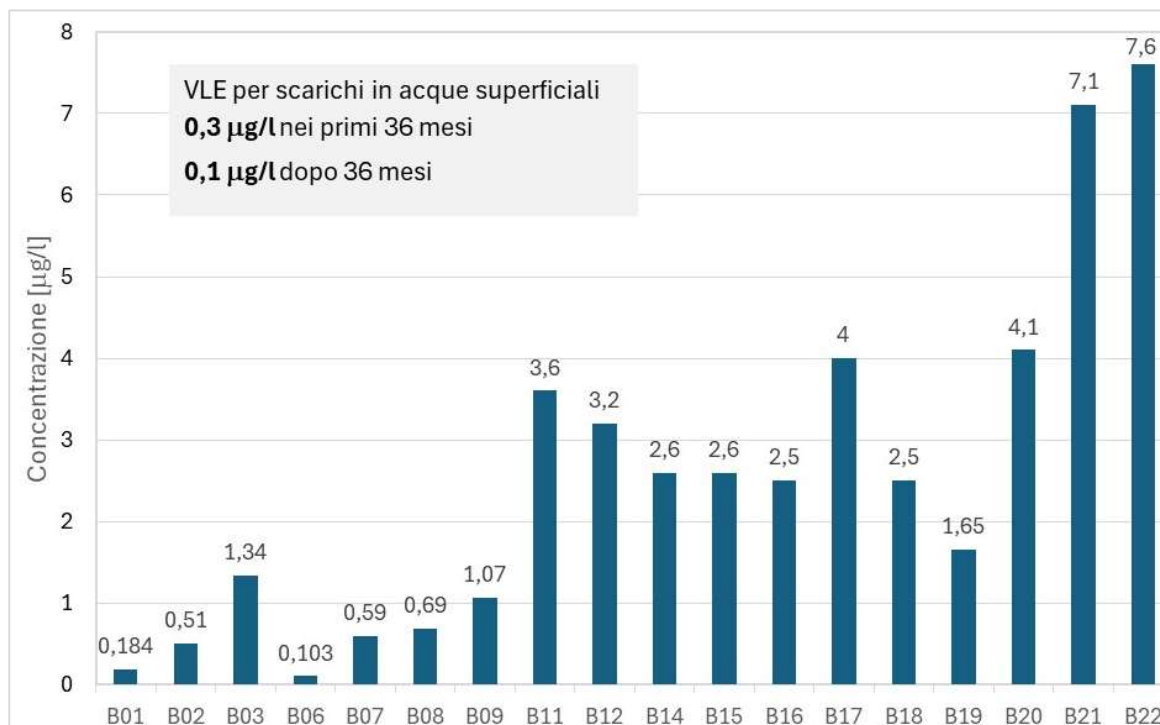


Fig. 25 – Discarica esaurita E25: concentrazioni di PFOA nei pozzi del percolato (misure del 10/4/2025)

Le concentrazioni di **PFOS** rilevate nel percolato, prima del trattamento (Fig. 26), restano in genere inferiori a 0,5 µg/l (valore massimo registrato pari a 0,97 µg/l nella giornata del 14/4/2025) ma comunque superiori di circa 25 volte al VLE vigente per scarichi in acque superficiali (0,02 µg/l) e di 769 volte al VLE valido a 36 mesi dall'entrata in vigore della L.R. 25/2021 (pari a 0,00065 µg/l).

Anche per il PFOS, come per il PFOA si rileva una certa variabilità delle concentrazioni a seconda del pozzo in cui viene effettuato il prelievo in una medesima giornata (10/4/2025) anche in questo caso da ascrivere presumibilmente alle diverse tipologie di rifiuti presenti nelle varie zone (Fig. 27).

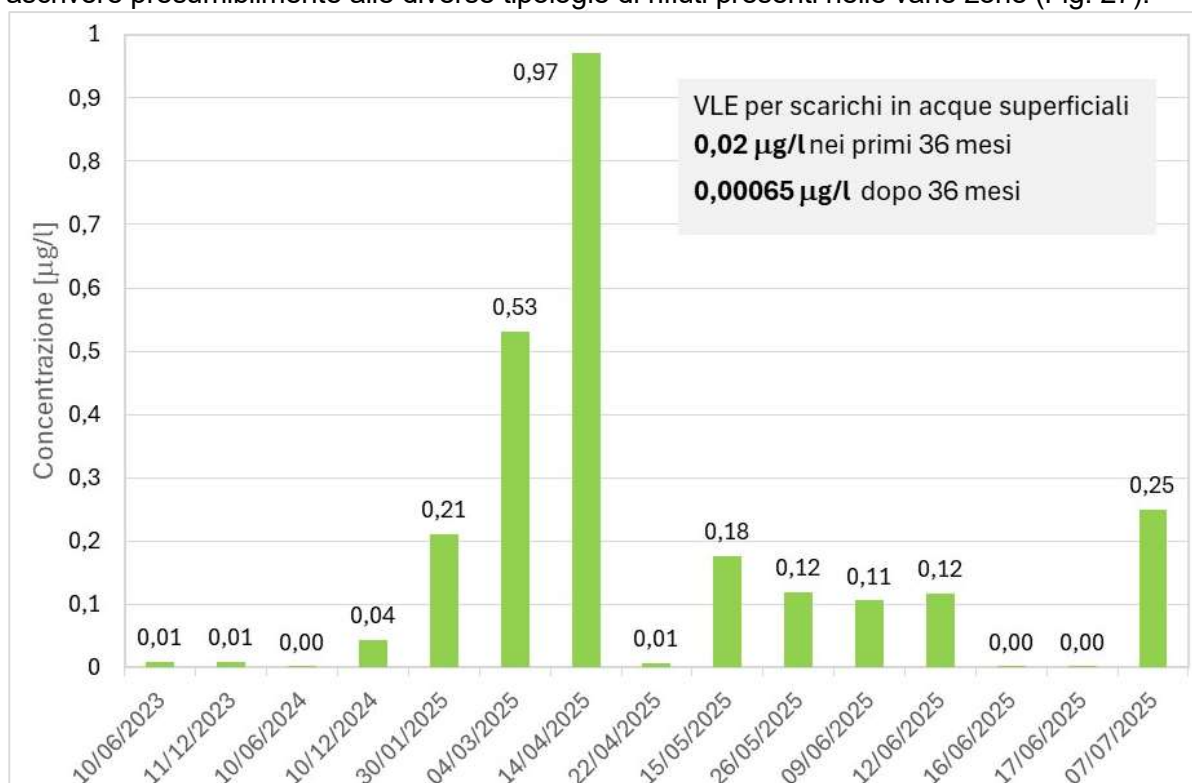


Fig. 26 – Discarica esaurita E25: concentrazioni di PFOS nel percolato inviato a impianto di depurazione

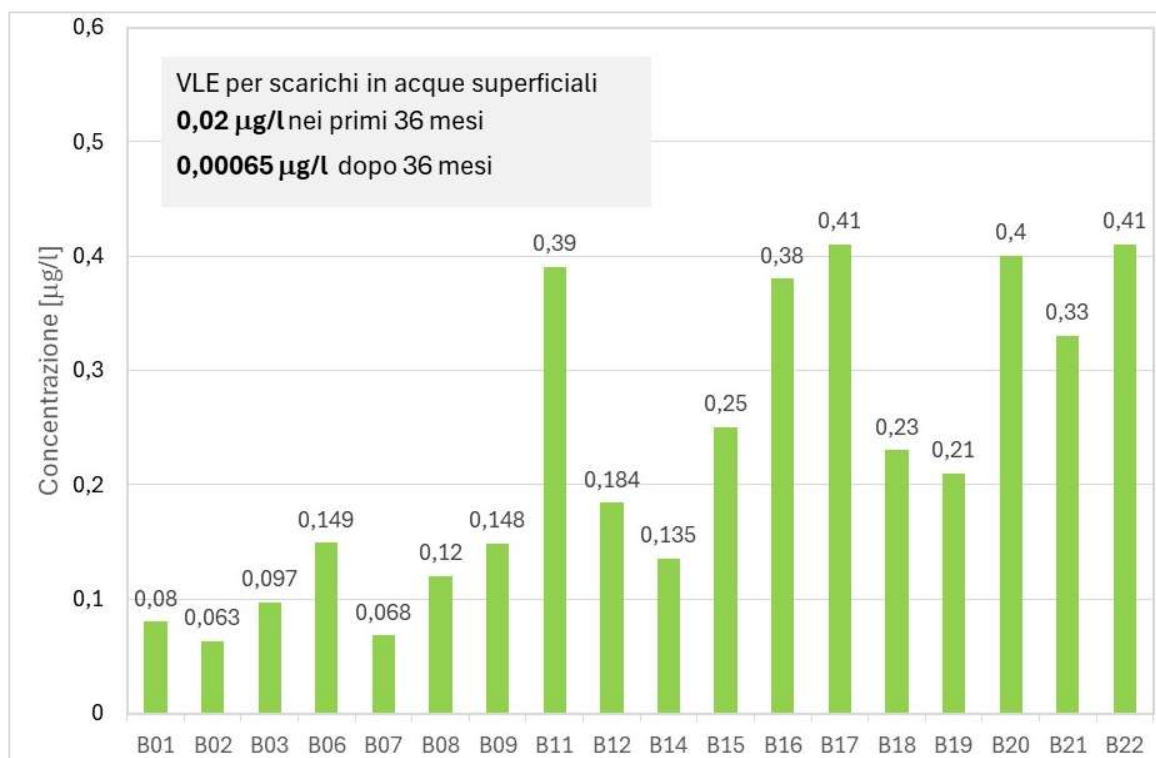


Fig. 27 – Discarica esaurita E25: concentrazioni di PFOS nei pozzi del percolato (misure del 10/4/2025)

7.3 DESTINAZIONE DEL PERCOLATO E COSTI DI TRATTAMENTO

A seguito dell'entrata in vigore dei nuovi limiti sui PFAS negli scarichi della L.R. 25/2021, alcuni impianti di depurazione, ubicati principalmente nel Torinese, che accoglievano anche il percolato di discarica hanno deciso di interromperne in via cautelativa il ritiro.

Alcuni gestori di discarica hanno perciò dovuto fare ricorso ad impianti di trattamento di altre regioni con un aggravio dei costi di trasporto e trattamento, come emerso dall'indagine condotta da A.R. Piemonte nel maggio 2025.

I costi di trattamento del percolato nel 2024 (trasporto incluso), prima dell'entrata in vigore dei nuovi limiti PFAS, risultavano:

- per le discariche attive: compresi in un range variabile da 23,8 €/t a 42,7 €/t per l'allontanamento tramite autobotti e tra 7,8 e 22,3 €/t per lo scarico in fognatura; il valore medio di tutte le tariffe rilevate risulta pari a 23,2 €/t (Fig. 28);
- per le discariche in gestione post operativa: si riscontrano valori più bassi e compresi in un intervallo tra 12,81 €/t e 41,12 €/t per l'allontanamento tramite autobotti e tra 3,4 e 29,7 €/t per lo scarico in fognatura; il valore medio di tutte le tariffe rilevate risulta pari a 12,2 €/t (Fig. 29).

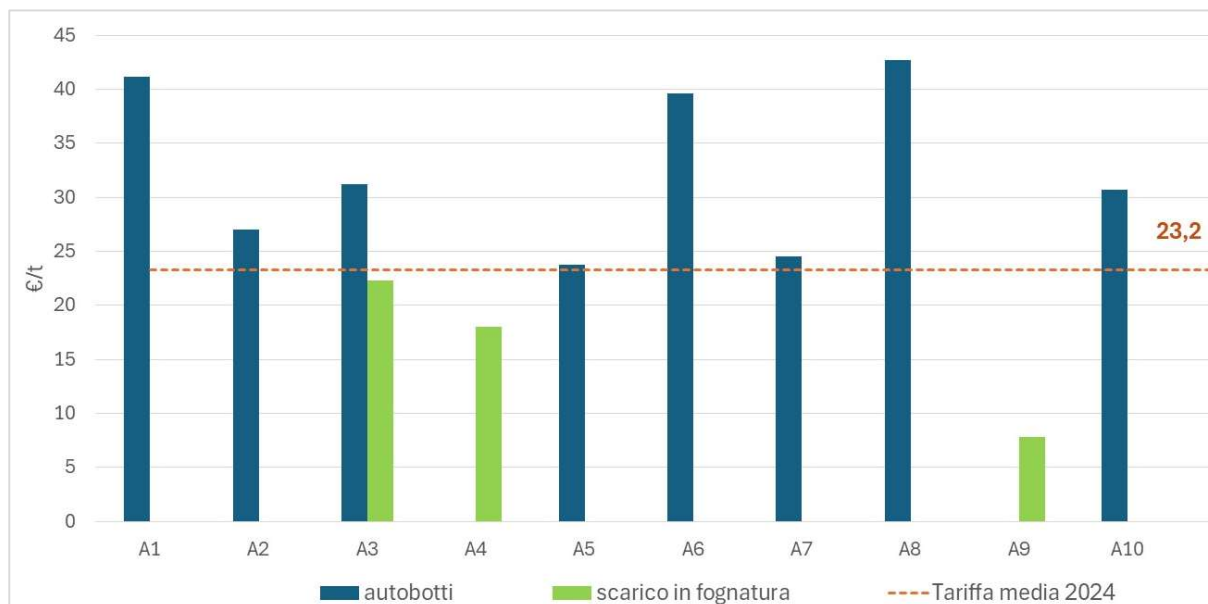


Fig. 28 – Discarica attive: tariffe di trattamento del percolato 2024

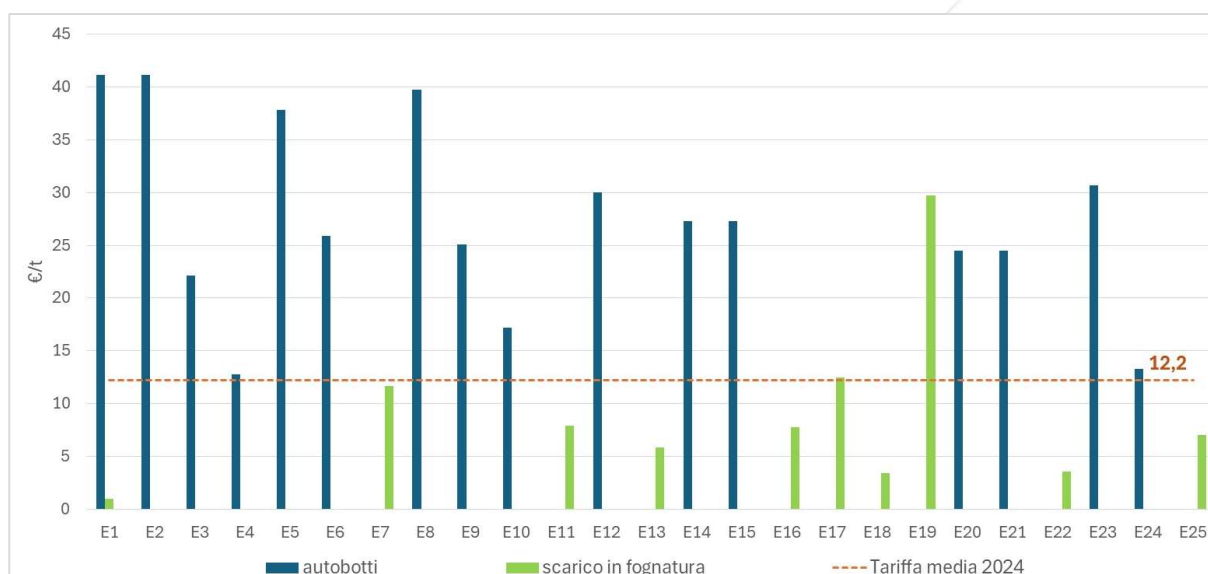


Fig. 29 – Discarica esaurite: tariffe di trattamento del percolato 2024

Nel 2025, dopo dell'entrata in vigore dei nuovi limiti PFAS, i costi di smaltimento del percolato (trasporto incluso) hanno toccato punte di 128 €/t fino a sfiorare in alcuni casi i 250 €/t (Tab. 6).

Con l'entrata in vigore della L.R. 9/2025 che sospende l'applicazione dei VLE più restrittivi traslandoli di 36 mesi, le criticità segnalate nel 2025 sono sostanzialmente superate, come è emerso dalla nuova ricognizione effettuata da A.R. Piemonte a fine maggio 2026: il percolato viene trattato, per massima parte, in impianti ubicati sul territorio regionale e i costi di trattamento si sono assestati su valori in linea con quelli dell'anno 2024.

Fa eccezione un unico gestore (discarica ubicata nel territorio della CMT0) che segnala il permanere della criticità ma solo relativamente al Lotto in esercizio (e non invece per il Lotto esaurito) per cui una quota di percolato viene smaltita in impianti lombardi a 143 €/t.

Un altro gestore segnala il permanere delle difficoltà nel reperimento di adeguati sbocchi per le soluzioni acquose provenienti dall'impianto di trattamento della frazione organica dei rifiuti urbani (classificato come EER 16 10 02) che vengono conferiti presso impianti ubicati fuori regione con prezzi che oscillano tra 94,5 e 130 €/t (Tab. 6).

Nella tabella che segue si riporta una sintesi delle informazioni raccolte da A.R. Piemonte nell'ambito delle ricognizioni 2025 e 2026.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		38 di 42

Tab. 6 - Quadro sintetico esito ricognizioni 2025 e 2026

Discariche	Ricognizione 2025	Ricognizione 2026
E14, E15	Il gestore di discariche esaurite ubicate nel territorio di CMTO segnala la chiusura ai conferimenti di percolato dell'impianto di trattamento presso cui veniva conferito, ubicato nel territorio della CMTO, per via dell'applicazione dei nuovi limiti della Legge Regionale 25/21, per un periodo indeterminato. Il servizio completo di raccolta + trasporto + smaltimento prevede un importo contrattuale aggiornato ISTAT di 27,98 Euro/ton). Dopo comunicazione di blocco ricevimento, il gestore ha dovuto dirottare il percolato presso impianti del Biellese, ad un costo di 35,00 €/t (+7,02 €/t rispetto al prezzo unitario dell'appalto). Inoltre, il gestore dispone di 4 preventivi di impianti lombardi: 3 nel Comasco a 70 €/t (+ 42,02 €/t rispetto al prezzo unitario dell'appalto) e uno nel Milanese a 128 €/t (+ 100,02 €/t rispetto al prezzo unitario dell'appalto).	Le criticità segnalate nel 2025 sono state superate. Il percolato viene smaltito presso impianti ubicati nel territorio della CMTO con tariffe di smaltimento attuali (comprehensive di raccolta, trasporto e smaltimento) pari a 34,95 €/t e 42,75 €/t.
E8	A seguito dell'interruzione del ritiro di percolato da parte degli impianti di trattamento, il gestore della discarica ha condotto ricerche di mercato dirette trovando disponibilità presso impianti fuori Regione (Ravenna, Treviso e Vicenza) ma a costi elevatissimi.	Non si riscontrano criticità particolari per l'ammissione agli impianti. Lo smaltimento avviene presso un impianto ubicato nel Torinese e uno ubicato nel Cuneese ad una tariffa di 39,72 €/t comprensiva di raccolta, trasporto e smaltimento.
E11	Gestore di una discarica esaurita del Torinese non segnala problematiche nello smaltimento del percolato.	Trattamento del percolato avviene in un impianto ubicato in prossimità della discarica cui il percolato confluisce tramite percolatodotto. Tariffe applicate calcolate secondo metodo TICS (Testo Integrato Corrispettivi Servizi Idrici) di ARERA (Delibera 665/2017/R/idr), metodo nazionale che uniforma i criteri di calcolo e l'articolazione delle tariffe dell'acqua in Italia.
E20, E21, E22	Il gestore di discariche esaurite ubicate nel Torinese, segnala che alla data del 7/5/2025 i conferimenti agli impianti di destino sono ripresi regolarmente, dopo iniziale interruzione, ma il rischio di sospensioni è sempre presente. Il 14/04/2025 è stata avviata un'indagine di mercato indirizzandola a 13 primarie realtà, ottenendo due dinieghi ed una formale offerta per soli 4 carichi/mese.	Non si segnalano blocchi o rallentamenti nei conferimenti del percolato agli impianti di destino, per effetto della sospensione degli adeguamenti dei limiti dettati dalla L.R. 9/2025. Il percolato viene attualmente inviato a impianti del Biellese ad una tariffa di 30,45 €/t. Per l'unica discarica dotata di percolatodotto la tariffa di trattamento è di 4-5 €/t.
E12, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, A10	Viene trasmessa nota inviata l'8/4/2025 a Regione Piemonte, CMTO, Prefetto ed Arpa in cui congiuntamente 4 gestori dell'area Torinese segnalano problematica del blocco dei conferimenti di percolato a partire dal 25/3/2025 presso impianti di destinazione ubicato nel territorio di CMTO. Alla data della lettera (7/5/2025), gli scriventi segnalano l'incapacità di ricezione da parte degli impianti di trattamento lombardi del percolato e come le interlocuzioni per valutare il trasporto transfrontaliero del rifiuto abbiano confermato un percorso tecnico amministrativo tutto da costruirsi e di non immediata esecuzione. Si rileva che non è possibile attuare alcun tipo di intervento che possa modificare la qualità del percolato prodotto dalle discariche né tantomeno è ipotizzabile un trattamento in situ del percolato per all'abbattimento dei PFAS. La gestione post operativa delle discariche viene effettuata grazie a fondi appositamente accantonati e qualunque incremento di costi impreveduto non	Il Gestore della discarica E12 segnala che le criticità nel conferimento sono risolte e che i conferimenti presso l'impianto ubicato in CMTO, sospesi a marzo 2025 sono ripresi a febbraio 2026 alla tariffa di 30,98 €/t (trasporto incluso). Il gestore delle discariche E16, E17, E18, E19, tutte dotate di percolatodotto, scaricano in fognatura a tariffe rispettivamente di 11,96 €/t, 12,5 €/t, 4,32 €/t e 32,96 €/t.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Indagine sulle discariche del Piemonte	Luglio 2026
		39 di 42

Discariche	Ricognizione 2025	Ricognizione 2026
	troverebbe copertura nei fondi accantonati, con la necessità di reperire risorse pubbliche aggiuntive.	
E23, A10	Nel confermare le criticità derivanti dall'interruzione in via cautelativa di un impianto, il gestore ribadisce che: - la recettività degli impianti lombardi non risulta bastevole per garantire sicurezza ai flussi di percolato prodotto; - Eventuali spedizioni transfrontaliere richiedono tempi non compatibili con emergenze che potrebbero verificarsi già nelle prossime settimane; - Al momento non sono stati individuati sul mercato impianti idonei al trattamento dei PFAS eventualmente presenti all'interno del percolato di discarica o nelle acque meteoriche.	Anche per l'annualità 2026 si segnala importante criticità nel trattamento del percolato di discarica per presenza di PFAS sul Lotto in esercizio il cui percolato continua a non trovare collocazione se non negli impianti lombardi a 143 €/t, tariffe più contenute rispetto alla speculazione del 2025 (con picchi sino a 250 €/t) ma comunque mediamente del 500% più elevate rispetto al normale.
E6, E9, A8	Il gestore segnala il problema per percolati da discarica EER 19.07.03 e per le soluzioni acquose EER 16.10.02 prodotte dagli impianti FORSU. La Società ha avviato omologhe per poter conferire anche in impianti posti al di fuori della regione Piemonte (Lombardia ed Emilia-Romagna). Queste soluzioni, che pure non sono sufficienti a soddisfare completamente le esigenze di smaltimento, determinano impatti negativi sotto il profilo ambientale ed economico a causa della grande incidenza dei trasporti.	Gli impianti di trattamento cui viene inviato il percolato estratto dalle proprie discariche sono ubicati nel Biellese e nel Novarese. Le tariffe di trattamento (incluso trasporto) per le tre discariche sono pari rispettivamente a 28,32 €/t, 29 €/t, e 51,66 €/t. Il gestore segnala il persistere di significative difficoltà nel reperimento di adeguati sbocchi per le soluzioni acquose provenienti dall'impianto di trattamento della frazione organica dei rifiuti urbani (EER 16 10 02). Attualmente, tali rifiuti vengono conferiti presso tre impianti ubicati nel Bergamasco e nel Milanese a tariffe di 94,50€/t, 97,00 €/t e 130 €/t.
A6	Non si segnalano criticità. Il percolato viene regolarmente conferito presso impianti del Biellese, Vercellese e Savonese.	Non si segnalano criticità. Il percolato viene regolarmente conferito presso un impianto del Savonese ad una tariffa (comprensiva di prelievo, trasporto e smaltimento) di 44,5 €/t.
E25	Il gestore non segnala criticità nella gestione del percolato che viene conferito mediante percolatodotto, tuttavia rileva che qualora in futuro si dovessero realizzare impianti di trattamento del percolato presso le discariche si avrebbero costi di investimento e gestione molto elevati che si rifletterebbero sulla collettività, dovendosi ricavare necessariamente da un aumento della TARI; peraltro allo stato attuale non sono disponibili tecnologie consolidate, affidabili ed efficienti per l'abbattimento dei PFAS dal percolato.	Il gestore non segnala criticità nello smaltimento del percolato. Tariffe di smaltimento pari a 9,02 €/t.
E1, E2, A1	Si segnalano difficoltà nello smaltimento a causa di generale saturazione degli impianti di trattamento. L'eventuale smaltimento presso impianti fuori regione comporterebbe costi all'incirca doppi rispetto agli attuali sia per la maggiore incidenza del trasporto, sia per il generale aumento delle tariffe.	
A2		Il percolato è regolarmente smaltito in un impianto del Biellese a 37,00 €/t (trasporto incluso). La parte "concentrata" che deriva dal proprio l'impianto di trattamento del percolato viene smaltita a 117,00 €/t (trasporto incluso).
A3, A4		Nessuna criticità, lo smaltimento avviene in impianti consortili tramite condotta dedicata a tariffe di 19,27 €/t e 24,50 €/t.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Analisi della problematica	Luglio 2026
		40 di 42

8 L'OSSERVATORIO TECNICO-SCIENTIFICO PFAS

L'Osservatorio tecnico-scientifico sui PFAS, istituito ai sensi dell'art. 36 della L.R. 9/2025 (Legge annuale di riordino dell'ordinamento regionale. Anno 2025), ha l'obiettivo di supportare la strategia di riduzione della presenza di PFAS in ambiente, l'adozione di buone pratiche da parte dei soggetti coinvolti, il monitoraggio e controllo del loro rilascio nell'ambiente, il monitoraggio dei tempi di implementazione delle iniziative stabilite in attuazione della norma.

L'Osservatorio, composto da Regione Piemonte, Province, ARPA, Università di Torino, Università del Piemonte Orientale e Politecnico di Torino ha avviato i lavori in ottobre 2025.

Le tematiche che saranno oggetto di approfondimento da parte dell'Osservatorio includono:

- **Diffusione e Modelli:** analisi della diffusione e della presenza di PFAS, inclusi i prodotti intermedi o di degradazione, nelle matrici ambientali, con particolare attenzione a studi specifici e all'elaborazione di modelli di diffusione.
- **Metodologie Analitiche:** approfondimento delle metodologie, degli strumenti e dell'accuratezza analitica necessari per la determinazione a livello di tracce, in conformità con i valori limite stabiliti dalle normative vigenti.
- **Stato dell'Arte Tecnologico:** ricognizione dello stato dell'arte e della ricerca applicata sulle tecnologie di abbattimento per le acque reflue, le emissioni in atmosfera, le acque destinate al consumo umano e i fanghi di depurazione.
- **Analisi Economica:** valutazione dei costi/benefici associati alle tecnologie di abbattimento sia quelle consolidate che quelle più promettenti.
- **Contributi Industriali e Sostituzione:** identificazione delle principali lavorazioni industriali e delle produzioni farmaceutiche che utilizzano o generano PFAS, con ipotesi e proposte relative a possibili strategie di sostituzione.
- **Intercettazione e Abbattimento:** definizione di metodologie per l'intercettazione e l'abbattimento dei PFAS all'interno dei cicli produttivi industriali.

Il 9/7/2026 si è tenuta la riunione plenaria dell'Osservatorio tecnico-scientifico PFAS, ad un anno dalla sua costituzione, nel corso della quale sono i soggetti coinvolti nella ricerca hanno illustrato le attività in corso:

- **ARPA:** campagne di misura per la rilevazione dei PFAS in acque superficiali, sotterranee e destinate al consumo umano; bilanci di massa dei PFAS condotti nel 2025 sulla porzione occidentale della regione e ampliati nel 2026 all'area sud-est, lungo l'asta del fiume Po piemontese. I dati confermano che la gran parte del flusso di PFAS circolante è riconducibile al trattamento di rifiuti liquidi presso i depuratori: nove impianti maggiori, tutti accomunati dal trattamento di rifiuti liquidi, concentrano circa il 95% del PFAS a fronte di circa metà della portata complessivamente scaricata in regione. In un caso specifico di grande impianto fognario piemontese, gli scarichi industriali in fognatura contribuiscono per un range dal 30% all'80% del flusso in ingresso ai depuratori finali.
- **Università di Torino:** approfondimento aspetti sanitari, monitoraggio ambientale, tecniche di abbattimento distruttive (defluorurazione) tra cui approcci enzimatici e su funghi, su microrganismi e su materiali magnetici per la separazione e distruzione termica localizzata dei PFAS.
- **Università del Piemonte Orientale:** studio e sviluppo di materiali per la rimozione e l'abbattimento di PFAS (zeoliti, carboni attivi, silici ibride, polimeri nanoporosi); sperimentazione di tecnologie di rimozione specifiche (SAFF: Surface Active Foam Fractionation);
- **Regione Piemonte:** sensibilizzazione delle aziende sul tema e acquisizione di informazioni su utilizzo e diffusione dei PFAS nei processi produttivi; l'indagine è finalizzata ad indagare la presenza di PFAS nelle materie prime, negli eventuali sottoprodotti di reazione, nei materiali ausiliari e di manutenzione, nonché lo stato delle analisi sugli scarichi.

Verrà elaborata una relazione con gli esiti dei lavori fin qui svolti che sarà presentata alla Commissione consiliare competente.

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Analisi della problematica	Luglio 2026
		41 di 42

BIBLIOGRAFIA

- [a] TuttoAmbiente, Corso di formazione, PFAS. *Problematiche ambientali, approcci regolatori e tecniche di trattamento*, Ing. Giuseppe Pastorelli
- [b] Gruppo SMAT, *I PFAS nelle acque superficiali*, 11 marzo 2025
- [c] Gruppo SMAT, *Relazione Studio PFAS*, gennaio 2025
- [d] ARPA Veneto-Vicenza prot.0075059/00.00 del 11/07/2013
- [e] Per- and Polyfluoroalkyl Substances, ITRC Team September 2023
- [f] *PFAS PerFluorinated Alkylated Substances*, Prof. Lino Conte, Ing. Alessandro Zaggia, Università degli Studi di Padova (Atti del Convegno CIRCE2020 il trattamento dei PFAS nell'ottica dell'economia circolare, maggio 2020)
- [g] Analisi e valutazione delle tecnologie per la rimozione e la bonifica dei PFAS, Riccardo Marton, Tesi di Laurea, 2024
- [h] *A review of foam fractionation for the removal of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) from aqueous matrices*, Angel Chyi En We, Arash Zamyadi, Anthony D. Stickland, Bradley O. Clarke, Stefano Freguia, Journal of Hazardous Materials, 2024
- [i] Removal of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) from water by adsorption: Role of PFAS chain length, effect of organic matter and challenges in adsorbent regeneration, Erica Gagliano, Massimiliano Sgroi, Pietro P Falciglia, Federico G A Vagliasindi, Paolo Roccaro, Water Res, Marzo 2020
- [j] Metodologie per la rigenerazione di carboni attivi impiegati nell'adsorbimento di sostanze perfluoroalchiliche (PFAS), Kevin Maculan, Tesi di laurea, 2023
- [k] *E' possibile un mondo senza i PFAS?*, Stefano Polesello, Ingegneria dell'Ambiente N.1/2025
- [l] *L'inquinamento da PFAS ci riguarda tutti*, comunicato OMCeO Torino (Ordine dei medici chirurghi e degli odontoiatri Torino), 22 maggio 2025

	PFAS E PERCOLATO DI DISCARICA Analisi della problematica	Luglio 2026
		42 di 42

SITOGRAFIA

- [1] <https://www.greenpeace.org/italy/storia/26381/iniziano-le-fasi-finali-del-processo-PFAS-miteni-a-vicenza/>
- [2] <https://www.legambienteveneto.it/inquinamento-da-PFAS-il-territorio-interessato/>
- [3] https://www.lemonde.fr/en/les-decodeurs/article/2023/02/23/forever-pollution-explore-the-map-of-europe-s-PFAS-contamination_6016905_8.html
- [4] <https://public.tableau.com/app/profile/greenpeace.italy/viz/AcquaSenzaVeleni/Target100ngl>
- [5] <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/PFAS-storia-effetti-diffusione/>
- [6] <https://www.greenplanner.it/2024/12/06/PFAS-addio-soluzioni-tecnologiche-distruggerli/>
- [7] <https://www.idtechex.com/it/research-report/PFAS-treatment-technologies/1040>
- [8] [https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(23\)00622-8/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(23)00622-8/abstract)
- [9] <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/sanita/prevenzione/inquinamento-PFAS-nel-polo-chimico-spinetta-marengo>
- [10] <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/sanita/prevenzione/inquinamento-PFAS-rischi-per-salute>
- [11] <https://www.eea.europa.eu/highlights/PFAS-pollution-is-widespread-in>
- [12] <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/CIRCE2020/BAW-PFAS.html>
- [13] <https://omceo-to.it/areastampa/lordine-dei-medici-di-torino-linquinamento-da-PFAS-ci-riguarda-tutti/>
- [14] <https://public.tableau.com/app/profile/greenpeace.italy/viz/AcquaSenzaVeleni/Target100ngl>
- [15] <https://www.ecosistemi.net/it/articles/scegliere-il-tipo-di-impianto-di-evaporazione-e-risparmiare>
- [16] <https://lavalibera.it/it-schede-2296-pfas-sentenza-storica-per-la-morte-di-un-ex-operaio-miteni>
- [17] <https://www.lindipendente.online/2024/06/29/ad-alessandria-tutte-le-persone-sottoposte-a-biomonitoraggio-hanno-pfas-nel-sangue/>
- [18] <https://www.vita.it/pfas-chimica-a-processo-in-piemonte/>
- [19] <https://www.legambientevicenza.it/acqua/pfas-storica-sentenza/>
- [20] https://www.rainews.it/tgr/piemonte/articoli/2026/06/processo-pfas-due-ex-dirigente-della-solvay-a-giudizio-d1587335-565c-4ccc-a379-d96c9ef724ce.html?utm_source=chatgpt.com
- [21] <https://www.sigmaaldrich.com/IT/it/technical-documents/technical-article/analytical-chemistry/small-molecule-hplc/obtaining-ultrapure-water-sensitive-pfas-analysis-lc-ms?srsId=AfmBOopZYGqRjXdD7TmobS3iPdIPt9hWNlpcMt8fFRALxJ903q-Lsbil>
- [22] <https://revive-environmental.com/revive-environmental-expands-pfas-destruction-capabilities-in-grand-rapids-mi/>