

# BIOMONITORAGGIO INTEGRATO AREA SPINETTA MARENGO – ALESSANDRIA

Descrizione dei risultati analitici  
della ricerca di sostanze  
perfluoroalchiliche nelle matrici  
alimentari di origine animale e  
vegetale.

Campagne autunnali 2022 e 2023.

## **Descrizione dei risultati analitici della ricerca di sostanze perfluoroalchiliche nelle matrici alimentari di origine animale e vegetale. Campagne autunnali 2022 e 2023.**

### **Obiettivi**

La presente relazione descrive la contaminazione da PFAS riscontrata nell'area di Spinetta Marengo attraverso l'utilizzo di matrici animali e vegetali.

Il piano di campionamento aveva l'obiettivo di (1) indagare l'origine della contaminazione per poter escludere o confermare il contributo dello stabilimento nel determinare i livelli di concentrazione dei PFAS tradizionali (cosiddetti "legacy") e la presenza negli stessi di alcune molecole PFAS emergenti (C6O4 e ADV); (2) stabilire l'estensione della contaminazione da PFAS nelle aree circostanti lo stabilimento.

### **Materiali e metodi**

**Dati considerati.** Come da protocollo scientifico del progetto, il piano di campionamento di alimenti di origine animale e vegetale teneva conto delle informazioni preliminari acquisite in una campagna pilota di controlli condotta a novembre 2021 e di quelle relative alle possibili vie di diffusione della contaminazione (ad es. lungo le falde acquifere) e ai modelli di ricaduta degli inquinanti (via aerea) disponibili fino a quel momento. In funzione degli obiettivi le matrici campionate, tutte autoprodotte localmente, sono state utilizzate come indicatori di eventuale contaminazione. Il prelievo dei campioni è stato affidato ai colleghi del Dipartimento di Prevenzione della ASL di Alessandria.

Nelle campagne del 2022 e del 2023, i campioni sono stati prelevati nel periodo autunnale, rispettivamente dal 7 al 17 novembre e dal 14 al 29 novembre. La numerosità campionaria, stabilita in 30 campioni complessivi nel 2022 e 40 nel 2023, non è stata definita su basi statistiche ma in base alla disponibilità di risorse di laboratorio e alla necessità di rispetto di tempi progettuali relativamente brevi.

Complessivamente sono stati identificati nel 2022 15 punti di prelievo nei quali prelevare un'aliquota di alimento di origine animale e una di origine vegetale a cui sono stati aggiunti,

per la campagna 2023, 5 punti di approfondimento in un'area lungo l'asse sud-ovest che va dallo stabilimento al comune di Sezzadio, dove era stata dimostrata in precedenza una contaminazione inattesa.

Come sedi di prelievo, sono state privilegiate le aziende zootecniche (all'interno delle quali fossero presenti allevamenti avicoli di tipo rurale) in cui fosse possibile reperire alimenti prodotti in loco e destinati all'autoconsumo. Per garantire la possibilità di reperire le matrici animali e vegetali programmate, sono state incluse come possibili sedi di prelievo anche residenze private, cascine o agriturismi.

In fase di progettazione, la localizzazione delle sedi di prelievo è stata definita in base ai seguenti criteri:

- Zona a rischio (ac) (entro 3 km assumendo un rischio alto; tra i 3 e i 5 km assumendo un rischio medio). Tenendo conto della direzione prevalente delle acque di falda (dato ARPA), i prelievi sono stati orientati soprattutto a valle dove per "a valle" si intende l'area a nord dello stabilimento per tener conto della direzione delle falde. Allo scopo è stato richiesto ai colleghi operanti sul territorio di individuare:
  - 4 aziende zootecniche presenti a nord dell'impianto e in un raggio di 3 km dallo stabilimento:
    - 2 nel quadrante di nord-ovest;
    - 2 nel quadrante di nord-est;
  - 5 aziende individuate in una fascia di raggio tra i 3 e i 5 km dall'impianto:
    - 2 nel quadrante di nord-ovest;
    - 3 nel quadrante di nord-est.
- Bianco ambientale. Sulla base delle conoscenze ambientali fornite da Arpa (in particolare i dati della rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee) sono stati individuati tre comuni posti a sud di Spinetta Marengo (Basaluzzo, Castelnuovo Bormida e Frugarolo), a una distanza superiore ai 5 chilometri dall'impianto, che non avevano presentato positività ai PFAS nei punti di monitoraggio della rete idrica e

all'interno dei quali è stata individuata un'azienda zootecnica. Allo scopo, sulla base di un'estrazione dal sistema informativo delle anagrafiche aziendali piemontesi (Arvet) sono stati individuati alcuni allevamenti con relative riserve, nel caso in cui negli allevamenti di prima scelta non fossero detenute galline e non fossero presenti uova da campionare. In questa categoria sono stati fatti rientrare anche punti di prelievo individuati a oltre 5 km dall'impianto ma localizzati in aree diverse dai comuni sopra indicati.

- Precedenti campagne di controllo. Per il campionamento del presente studio si è tenuto conto della precedente campagna pilota di campionamento (novembre 2021) che ha coinvolto tre aziende zootecniche nei comuni di Alessandria (due aziende) e di Montecastello. Si trattava rispettivamente di un'azienda bovina, di un'azienda ovina e di un'azienda che alleva avicoli. Il comune di Montecastello, anche se distante oltre 5 km dall'impianto, non è stato considerato come bianco ambientale perché nella campagna pilota erano state identificate tracce di contaminazione.
- Area lungo l'asse sud-ovest, dallo stabilimento verso il comune di Sezzadio (criterio aggiuntivo della campagna di campionamento del 2023): individuazione di 5 aziende zootecniche per la valutazione di un eventuale gradiente di contaminazione data la contaminazione riscontrata nella campagna 2022 a Sezzadio, area che per la distanza (>15km) era stata considerata a priori come bianco ambientale.

Le matrici alimentari oggetto della campagna sono state le uova, con una numerosità complessiva per ogni azienda definita pari a 12, e i vegetali (ortaggi in foglia con aliquota individuale pari a 500 grammi: crucifere e insalate) prelevati in terreni destinati alla coltivazione per uso aziendale o autoconsumo.

In base al Regolamento di Esecuzione (Ue) 2022/1428 della Commissione del 24 agosto 2022 (che stabilisce metodi di campionamento e di analisi per il controllo delle sostanze perfluoroalchiliche in alcuni prodotti alimentari) al personale ASL incaricato sono state fornite buone pratiche per il prelievo dei campioni.

Esse prevedono che nel corso del prelievo, così come durante il trasporto, lo stoccaggio e la preparazione dei campioni, vengano prese precauzioni per evitare qualsiasi alterazione che possa modificare il tenore di PFAS e incidere negativamente sulla determinazione analitica o compromettere la rappresentatività dei campioni globali.

Per ciascun campione prelevato è stata fornita e compilata una scheda in cui il personale ASL ha potuto registrare le coordinate geografiche del punto di prelievo, l'eventuale accesso degli avicoli all'esterno, l'origine dell'alimentazione somministrata, la tipologia di approvvigionamento idrico per gli animali e la fonte di irrigazione per i vegetali.

Alle uova sono stati applicati i procedimenti di estrazione e purificazione previsti dal laboratorio incaricato delle analisi (Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche). Lo stesso protocollo è stato utilizzato anche per gli alimenti di origine vegetale, verificando, mediante una serie di controlli di qualità interni, che l'estrazione e la purificazione fossero adeguate anche per queste matrici. I campioni vegetali prelevati nell'anno 2022 sono stati sottoposti a toelettatura con eliminazione del terriccio e delle foglie più esterne.

L'analisi ha previsto la ricerca di un gruppo di 19 composti compresi i 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS) normati nel Regolamento (UE) 2023/915 della Commissione (che abroga il Regolamento (CE) n. 1881/2006), i principali acidi perfluoroalchilici carbossilici, perfluoroalchilici solfonici e i cosiddetti PFAS emergenti (C6O4, ADV, GenX, ADONA e F-53B).

La determinazione strumentale è avvenuta mediante cromatografia liquida e spettrometria di massa tandem (UHPLC-LRMS) per i PFAS tradizionali e mediante un cromatografo liquido interfacciato ad uno spettrometro di massa ibrido ad alta risoluzione (LC-Q-Orbitrap, Thermo Scientific) per i PFAS emergenti. I risultati sono espressi in  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Il Regolamento citato fissa per le uova i seguenti tenori massimi in  $\mu\text{g}/\text{kg}$ : 1,0 per PFOS; 0,30 per PFOA; 0,70 per PFNA; 0,30 per PFHxS; infine, 1,7 per la sommatoria (PFAS4), calcolata in lower bound, ovvero calcolata ipotizzando che tutti i valori inferiori al limite di quantificazione siano pari a zero (SOMMA 4 PFAS L.B.). Per quanto riguarda gli ortaggi nella Raccomandazione

2022/1431 vengono riportati i seguenti livelli indicativi (al superamento dei quali, senza pregiudicarne il consumo, sono richieste ulteriori indagini): 0,01 per PFOS; 0,01 per PFOA; 0,005 per PFNA; 0,015 per PFHxS.

Del gruppo di sostanze poli- e perfluoroalchiliche denominate "ADV" sono stati ricercati i composti monofunzionali con un gruppo carbossilico terminale (CIPFECA o CL-ADV e HPFECA o H-ADV).

**Analisi statistica.** Con l'obiettivo di rilevare una differenza statisticamente significativa nei valori di concentrazione dei contaminanti misurati su uova e vegetali nei due anni di prelievo è stato applicato il test non parametrico di Mann-Whitney. La stessa procedura è stata applicata con l'obiettivo di rilevare una differenza tra i valori di concentrazione delle molecole in uova e vegetali in relazione al tipo di approvvigionamento idrico.

Per verificare la correlazione tra i valori di concentrazione nelle uova e nei vegetali e la distanza dallo stabilimento sono stati utilizzati dei modelli di regressione lineare previa trasformazione logaritmica dei dati. La relazione con la distanza è stata testata sia considerando tutti i campioni, separatamente per matrice, sia limitandosi a considerare i campioni prelevati entro i 10 km dall'impianto per escludere il coinvolgimento di potenziali fonti alternative di esposizione. Analisi multivariate che consideravano contemporaneamente il tipo di approvvigionamento idrico e la distanza sono servite a escludere il potenziale e reciproco effetto confondente.

Tutte le analisi descrittive e i modelli di regressione sono stati prodotti con il software Stata 18 (StataCorp, College Station, TX USA).

## Risultati

Come menzionato, in alcuni casi, non essendo disponibili aziende zootecniche in cui eseguire i campionamenti, si è fatto ricorso a privati, cascine o agriturismi che detenessero avicoli da cortile e/o coltivassero le matrici vegetali desiderate. In questo modo complessivamente è stato possibile individuare 26 punti di prelievo (in parte dei casi i campionamenti insistevano

sul medesimo punto). Nel 2022 sono stati ottenuti 31 campioni (15 di uova e 16 di vegetali) e nel 2023 altri 31 campioni (11 di uova e 20 di vegetali).

Nella tabella 1 è riportata la distribuzione dei campioni di uova e vegetali prelevati nei punti di prelievo individuati.

**Tabella 1. Ripartizione dei campioni esaminati per anno di prelievo, matrice e motivo del campionamento (criterio: zona a rischio (ac), bianco ambientale, precedente campagna pilota dell'anno 2021 ).**

Anno	Matrice	Criterio	Campioni	Note
2022	uova (15)	ZR_0_3km	1	
		ZR_3_5km	4	di cui 1 già nel pilota
		bianco (>5km)	9	di cui 2 a Sud-Ovest
		pilota 2021	1	(a Montecastello)
	vegetali (16)	ZR_0_3km	3	
		ZR_3_5km	3	
		bianco (>5km)	8	di cui 1 a Sud-Ovest
		pilota 2021	2	(a Montecastello)
2023	uova (11)	ZR_0_3km	0	
		ZR_3_5km	4	di cui 1 già nel pilota
		bianco (>5km)	6	di cui 4 a Sud-Ovest
		pilota 2021	1	(a Montecastello)
	vegetali (20)	ZR_0_3km	3	
		ZR_3_5km	3	
		bianco (>5km)	12	di cui a 5 Sud-Ovest
		pilota 2021	2	(a Montecastello)

### PFAS tradizionali.

**Analisi sulle uova.** Per quanto riguarda i risultati relativi all'insieme dei campioni delle due campagne di controllo (2022 e 2023) e tenendo conto dell'incertezza di misura, nessuno dei campioni di uova tranne uno (per PFOA=0,60±0,17, limite 0,30 µg/kg) superava i tenori massimi fissati dal Regolamento (UE) 2023/915 per le sostanze normate (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS e loro sommatoria (PFAS4)). I valori di sommatoria presentavano mediana pari a 0,195 µg/kg con intervallo interquartile tra 0,11 e 0,40 (tabella 2).

**Tabella 2: Livelli dei 4 PFAS normati (PFAS4), PFOA, PFOS, CI-ADV, H-ADV, C6O4 in uova e vegetali nell'insieme delle due campagne di controllo (uova 2022: N=15; 2023: N=11; vegetali 2022: N=16; 2023: N=20;). Valori in µg/kg.**

Matrice	Sostanza	Minimo	Q1	Mediana	Q3	Massimo
Uova (N=26)	PFAS 4	0,0	0,11	0,195	0,4	1,66
	PFOA	0,0	0,03	0,06	0,13	0,6
	PFOS	0,0	0,03	0,105	0,29	0,97 <sup>2</sup>
	C6O4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
	Somma CI-ADV	0,0	0,308	0,7065	1,339	8,15
	Somma H-ADV	0,0	0,0	0,0215	0,05	0,33
Vegetali (N=36)	PFAS 4	0,0	0,0	0,0	0,035	0,22
	PFOA	0,0	0,0	0,0	0,035	0,22
	PFOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,067
	C6O4	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0
	Somma CI-ADV	0,0	0,0	0,0	0,032	1,33
	Somma H-ADV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,097

Tutti i campioni eccetto uno contenevano valori misurabili per almeno una delle sostanze e, in alcuni casi, il valore si avvicinava ai limiti (in tre casi per PFOA e per il PFOS, in due casi per la sommatoria). Si tratta di uova campionate nel comune di Sezzadio e della frazione San Giuliano Vecchio del comune di Alessandria. I valori dei 4 PFAS normati nelle uova presentano valori più elevati entro i 5 km, ma sono stati riscontrati con valori analoghi di concentrazione (1,66 µg/kg) nel campione di Sezzadio, area che si assumeva appartenesse al bianco ambientale dal momento che dista 15 km a sud-ovest dell'impianto; in questo campione era presente anche una quantità piuttosto elevata di PFOS (1,2± 0,34 µg/kg, limite 1 µg/kg) (figura 1).

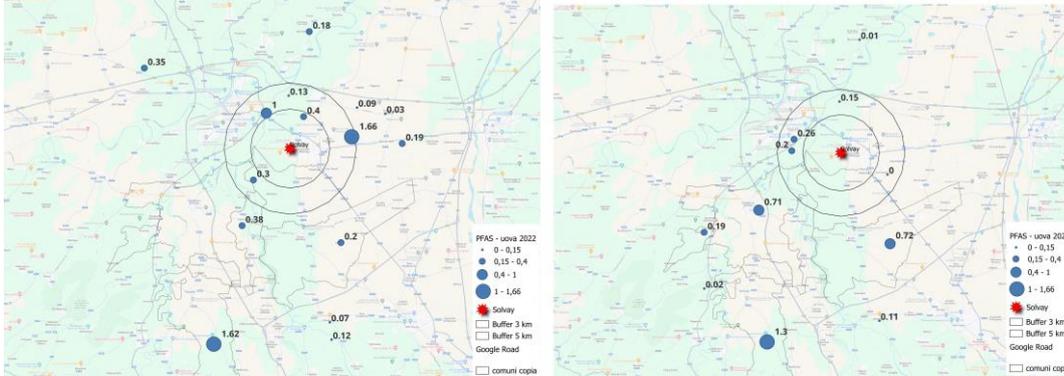


Figura 1: Distribuzione di valori di PFAS4 tradizionali in uova (2022 a sinistra N=15, 2023 a destra N=11).

Dal punto di vista temporale, le concentrazioni misurate nei due anni non sono statisticamente differenti (test Mann-Whitney ( $p > 0.05$ ), figura 2)

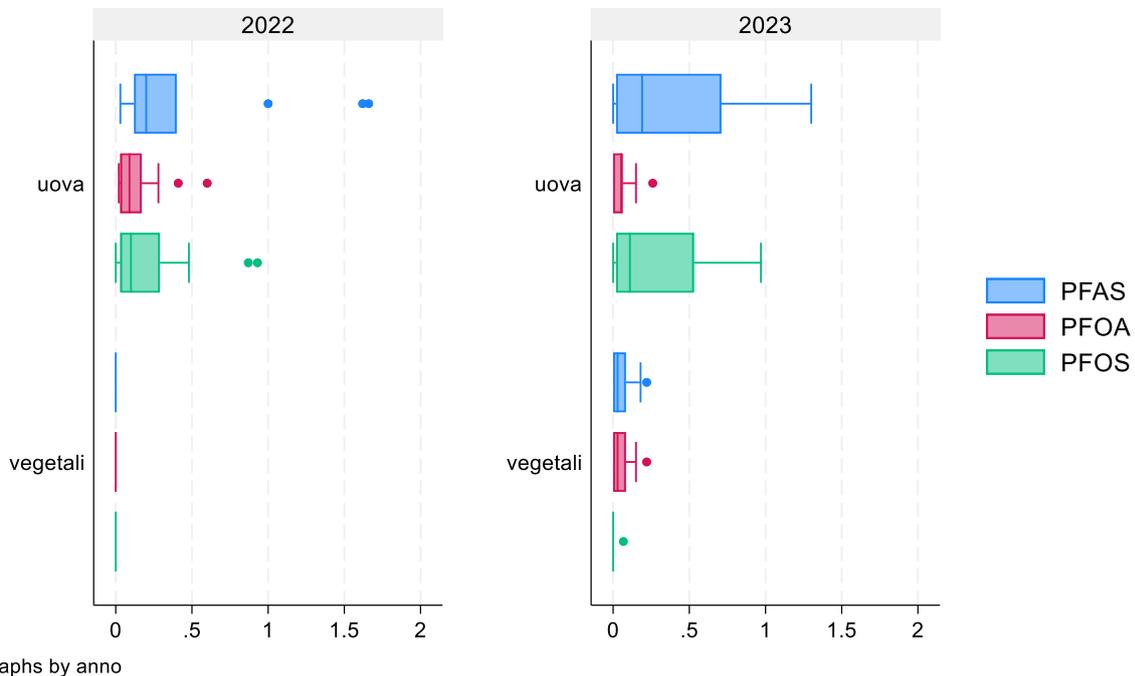
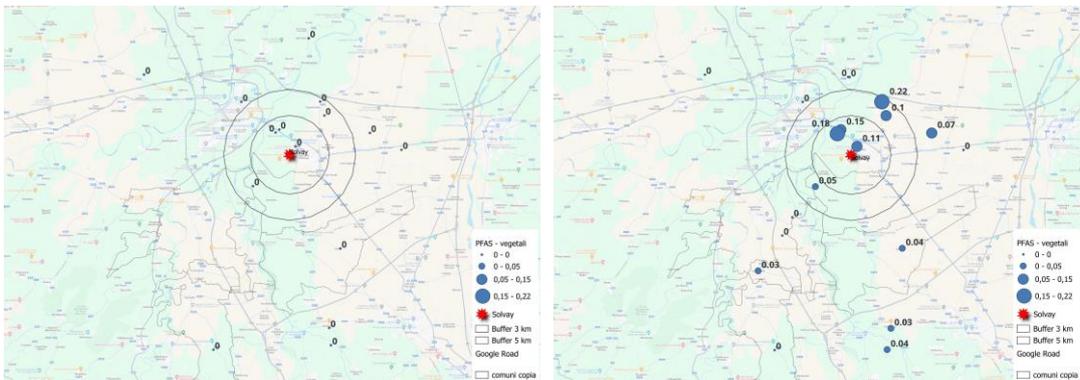


Figura 2: Distribuzione di valori di PFAS tradizionali (sommatoria PFAS4, PFOA e PFOS) in uova e vegetali per anno di prelievo ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (uova 2022: N=15; 2023: N=11; vegetali 2022: N=16; 2023: N=20;). La sommatoria dei 4 PFAS normati è indicata in legenda semplicemente come PFAS.

**Analisi su vegetali.** Per i **vegetali**, 11 campioni presentavano valori misurabili per la sommatoria di PFAS con valori compresi tra 0,028 e 0,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (tabella 2, figura 3): si tratta esclusivamente di campioni relativi alla campagna di campionamento del 2023, per la quale le matrici vegetali non sono state sottoposte a toelettatura come invece era accaduto nel 2022 (il confronto delle concentrazioni tra i due anni non è quindi possibile).

La distribuzione geografica delle contaminazioni nei vegetali da PFAS tradizionali (PFAS4) rilevate in ciascuna campagna annuale di controlli è riportata in figura 3.



**Figura 3: Distribuzione geografica di valori di PFAS4 tradizionali in vegetali (2022 a sinistra N=16, 2023 a destra N=20). Nel 2022 prima delle analisi i vegetali erano stati sottoposti a toelettatura.**

Tra i campioni con contaminazioni rilevate nella campagna 2023 sono presenti anche vegetali prelevati in comuni considerati punti di prelievo di bianco ambientale (es. Basaluzzo (0,028  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), Bosco Marengo (0,04  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) e Frugarolo (0,048  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )).

### PFAS emergenti.

**Analisi sulle uova.** Per quanto riguarda le molecole emergenti (C6O4 e GenX, sommatoria di Cl-ADV e H-ADV) (tabella 2), nelle **uova** la presenza di C6O4 è stata riscontrata solo nella campagna 2022 con 4 campioni con concentrazioni comprese tra 0,3 e 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Tale contaminazione (figura 4) riguardava punti di prelievo posti tra i 3 km e i 5 km di distanza dall'impianto, oltre al campione prelevato a Sezzadio (con un valore di 0,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

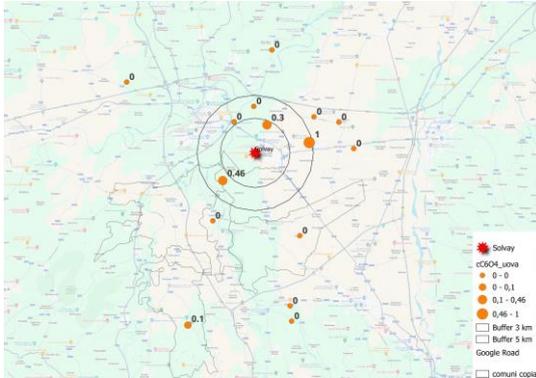


Figura 4: Distribuzione di valori di PFAS emergenti (C6O4) in uova (anno 2022 N=15).

Per quanto riguarda la contaminazione per ADV, nei due anni quasi tutti i campioni (24 su 26) presentavano CI-ADV, così come 19 campioni presentavano valori misurabili di H-ADV (figura 5).

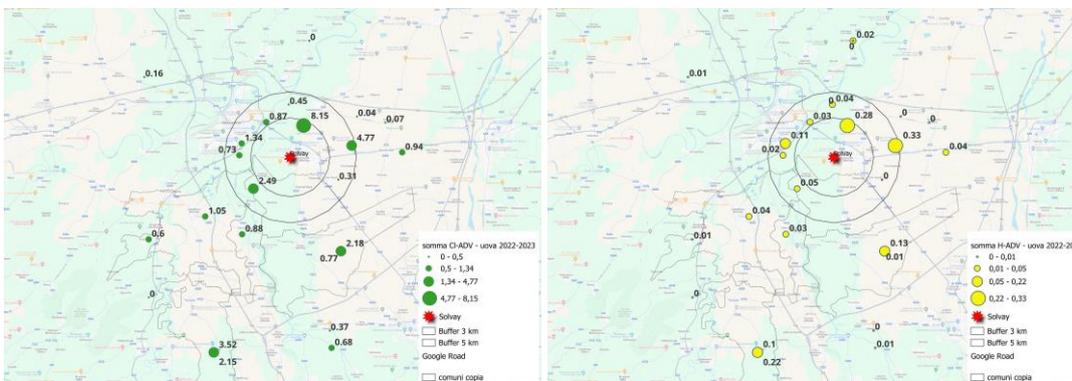
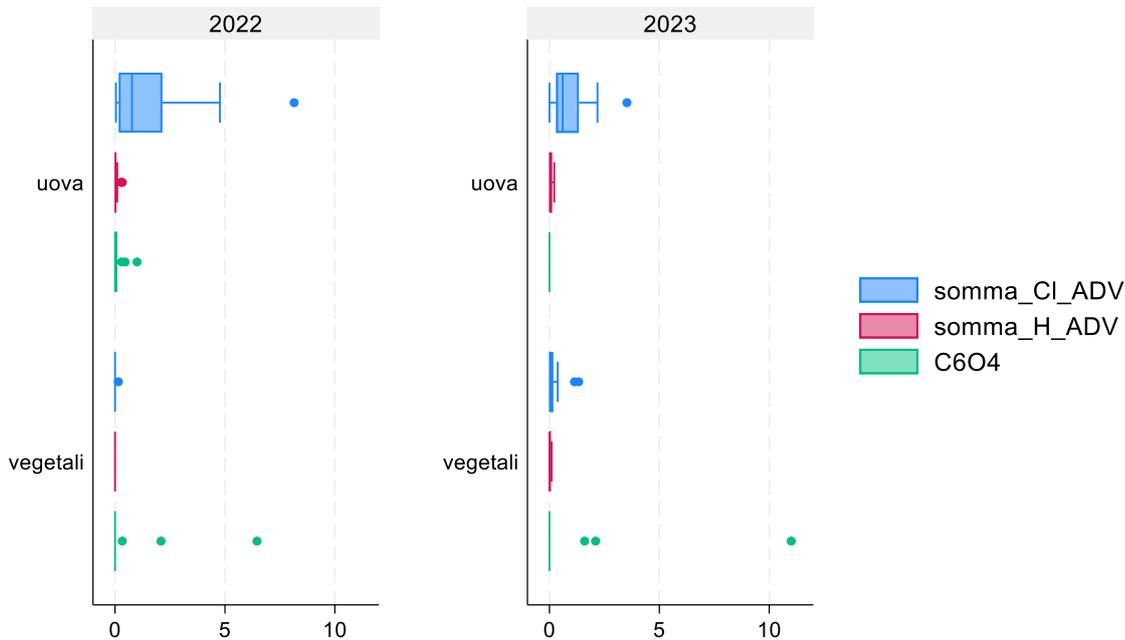


Figura 5: Distribuzione di valori di PFAS emergenti (CI-ADV a sinistra; H-ADV a destra) in uova nelle due campagne (2022+2023: N=26).

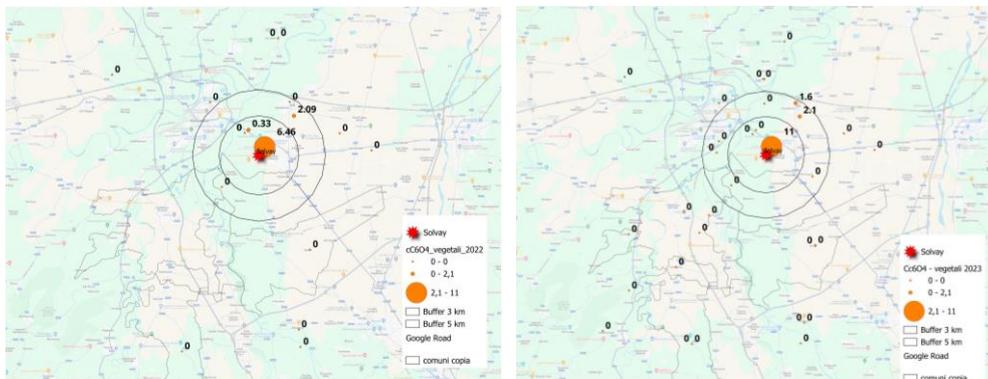
In generale le concentrazioni osservate per i CI-ADV sono più elevate di quelle per i H-ADV (tabella 2 e figure 5 e 6) mentre non si osserva una differenza significativa delle concentrazioni dei PFAS emergenti confrontando i valori dei due anni (figura 6).



Graphs by anno

**Figura 6: Distribuzione di valori di PFAS emergenti (C6O4, sommatoria di CL-ADV e di H-ADV) in uova e vegetali per anno di prelievo (µg/kg) (uova 2022: N=15; 2023: N=11; vegetali 2022: N=16; 2023: N=20;).**

**Analisi su vegetali.** Nei due anni la contaminazione con C6O4, rilevata in 6 **vegetali**, si distribuisce nei punti di prelievo entro i 5 km dallo stabilimento con valori compresi tra 0.33 e 11 µg/kg (figura 7).



**Figura 7: Distribuzione di valori di PFAS emergenti (C6O4) in vegetali (2022 a sinistra N=16, 2023 a destra N=20).**

Come si vede in figura, nonostante le operazioni di toelettatura, la contaminazione riguardava anche 3 dei campioni della campagna di controllo 2022. Nel punto di prelievo più vicino allo stabilimento (<1 km) è stata rilevata, inoltre, in associazione a C6O4 (rilevato nel 2022 e nel 2023), la presenza di GenX con valori pari a 0.08 µg/kg nel prelievo del 2022.

Per quanto riguarda gli ADV (figura 8), nel 2022 un solo campione su 16 risultava contaminato (da Cl-ADV) mentre nel 2023 la contaminazione risulta molto diffusa (su 20, 11 con Cl-ADV e 7 con H-ADV). Anche nel caso dei vegetali le concentrazioni di Cl-ADV sono decisamente più elevate.

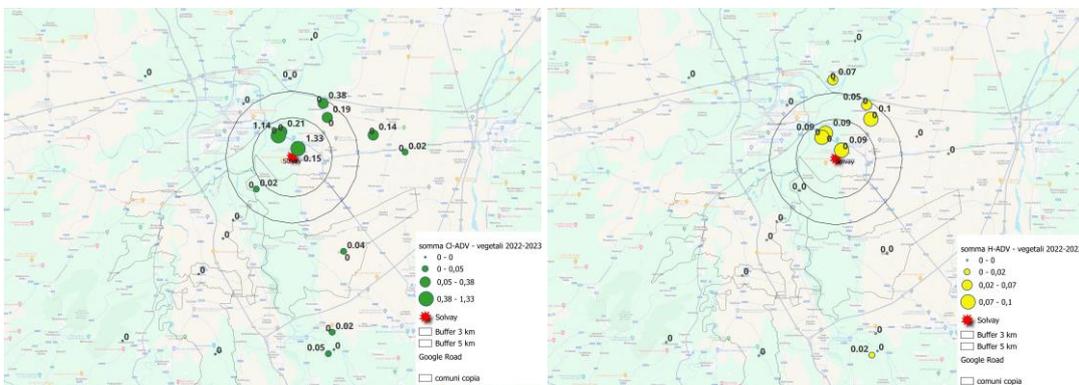


Figura 8: Distribuzione di valori di PFAS emergenti (Cl-ADV a sinistra; H-ADV a destra) in vegetali nelle due campagne (2022+2023: N=36).

## Potenziali fattori di rischio.

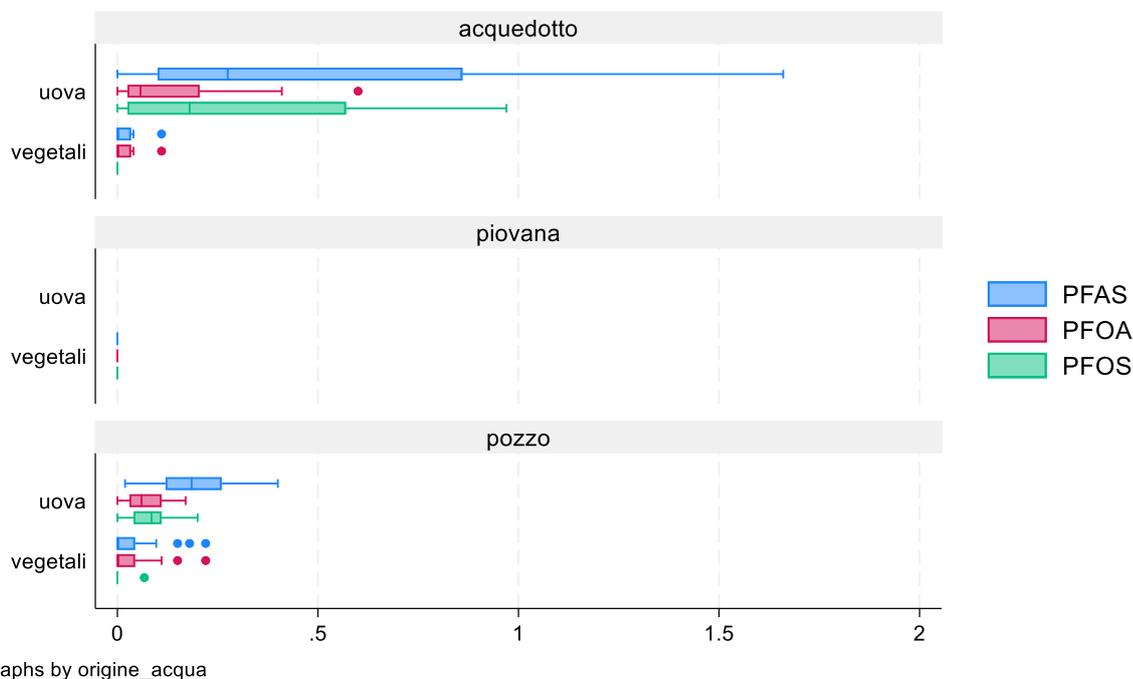
### 1. Tipo di approvvigionamento idrico

Come sopra menzionato, in tutti i punti di prelievo è stata raccolta l'informazione relativa alle fonti di approvvigionamento idrico (in relazione all'utilizzo dell'acqua per le due matrici considerate: per abbeverare gli animali - uova - o per irrigare gli ortaggi). Nei due anni la ripartizione delle tipologie approvvigionamento per matrice è riportata in tabella 3 in cui si nota una prevalenza dell'utilizzo dell'acqua da acquedotto per l'abbeverata e dell'acqua di pozzo per l'irrigazione.

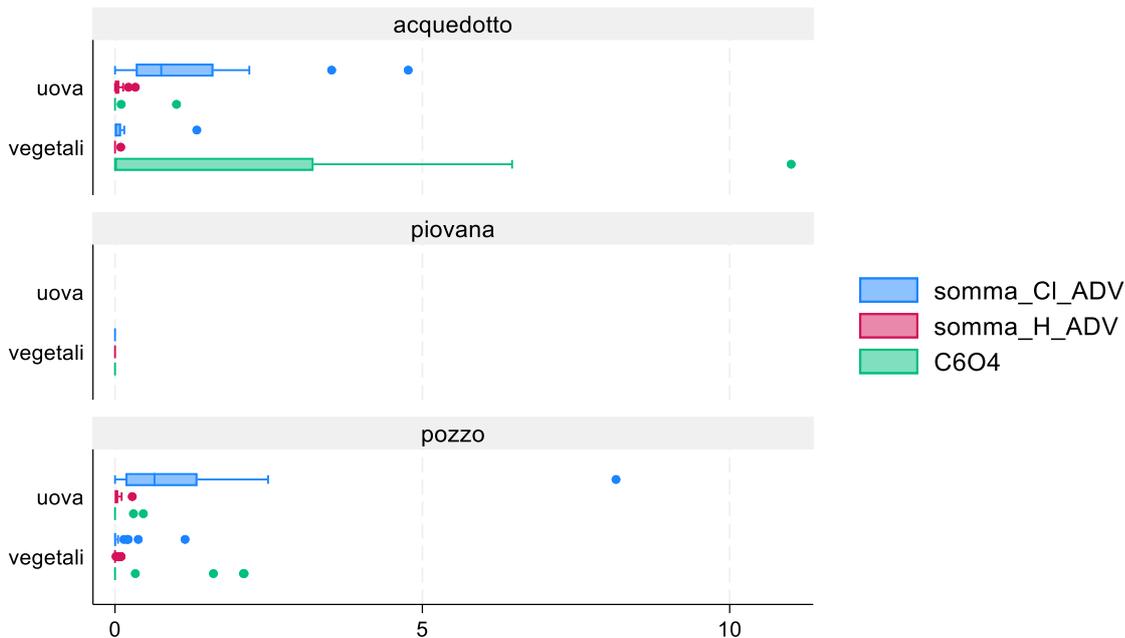
**Tabella 3. Ripartizione dei campioni esaminati per matrice e tipologia di approvvigionamento idrico.**

Tipo di approvvigionamento	Uova	Vegetali	Totali
	di acqua abbeverata	di acqua irrigazione	
acquedotto	16	8	24
Pozzo	10	27	37
Raccolta piovana	0	1	1

Per quanto riguarda sia i PFAS tradizionali sia gli emergenti non si evince nessuna associazione statisticamente significativa in base al test di Mann-Whitney delle contaminazioni rilevate nelle due differenti matrici (figure 6 e 7), nonostante l'apparente differenza delle concentrazioni visibili sui grafici.



**Fig 6: Distribuzione di valori di PFAS tradizionali in uova e vegetali per tipologia di approvvigionamento idrico ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). La sommatoria dei 4 PFAS normati è indicata in legenda semplicemente come PFAS.**



Graphs by origine\_acqua

**Figura 7: Distribuzione di valori di PFAS emergenti in uova e vegetali per tipologia di approvvigionamento idrico (µg/kg).**

## 2. Distanza dall'impianto.

Nel caso delle uova non emerge alcun gradiente delle contaminazioni statisticamente significativo con la distanza dall'impianto.

Nel caso dei vegetali l'analisi è stata limitata ai campioni prelevati nell'anno 2023; inoltre non è stato considerato il PFOS, la cui presenza era stata riscontrata in un solo campione. Per tutte le altre sostanze considerate è sempre presente una correlazione statisticamente significativa tra la distanza (punto di raccolta-impianto) e la progressiva riduzione della concentrazione (PFOA: P=0.007; somma CI-ADV: P=0.016; somma H-ADV: P=0.001; C6O4: P=0.022).

## Conclusioni

In generale, i risultati delle due successive campagne di controlli suggeriscono, sia per i PFAS tradizionali sia per quelli emergenti, il nesso spaziale tra la presenza dell'impianto e il riscontro di concentrazioni più o meno forti di contaminazione negli alimenti esaminati. La contaminazione interessa in modo diffuso sia le uova sia i vegetali. Per questi ultimi, l'esame della matrice non toelettata, resosi possibile sui campioni del 2023, ha messo in evidenza la presenza di una contaminazione molto più estesa di quanto non rivelassero le analisi svolte nella precedente campagna di campionamento.

Per quanto riguarda l'estensione geografica della contaminazione, si osserva la presenza sia di PFAS tradizionali sia di composti ADV anche oltre i 5 chilometri di distanza. La contaminazione relativa a C6O4 (e a GenX in un campione vegetale) apparentemente coinvolge il territorio ricompreso nei 5 km. Caso a sé è rappresentato dalla contaminazione riscontrata in un'azienda zootecnica molto più distante e posta a sud-ovest rispetto all'impianto, in cui è stata rilevata la presenza di bassi livelli di C6O4 in un campione di uova prelevato nel 2022; tale presenza non è stata confermata nel 2023.

I campionamenti eseguiti nel 2023 sull'asse sud-ovest per verificare l'eventuale presenza di un collegamento diretto di questa contaminazione con lo stabilimento non hanno rilevato alcun gradiente delle concentrazioni o indicazioni di un nesso diretto: nel caso specifico la contaminazione potrebbe essere ricondotta a una fonte di natura locale anche se i contaminanti riscontrati, almeno per i PFAS emergenti, sono chiaramente attribuibili ai processi produttivi dell'impianto.

Come atteso, le uova presentano valori di concentrazione di PFAS tradizionali più elevati rispetto ai campioni di vegetale e, se non in un caso per PFOA, non presentano superamenti dei tenori massimi normati (PFAS4). Come è noto, in generale negli alimenti di origine animale la contaminazione è spiegata, oltre dalla localizzazione geografica, da processi di bioaccumulo lungo la catena alimentare, mentre nei vegetali essa dipende essenzialmente dall'assorbimento dal suolo e dall'acqua di irrigazione o da deposizioni aeree. Inoltre, come accennato, nel 2022 ai vegetali era stata applicata una toelettatura per mimare le reali condizioni di consumo eliminando

le parti non edibili; tale operazione, utile quando si voglia valutare l'esposizione del consumatore, ha però limitato la possibilità di individuare la reale distribuzione geografica della contaminazione (largamente sovrapponibile a quella nelle uova) che si è resa evidente nel 2023 quando tale pratica non è stata applicata. Dal punto di vista territoriale i PFAS tradizionali presentano nelle uova una distribuzione analoga per tutte le categorie di sostanze, con valori più elevati entro i 5 km dallo stabilimento, ma comunque presenti anche in aree che si assumevano fossero estranee alla contaminazione.

Per quanto riguarda le sostanze emergenti, i valori di concentrazione di Cl-ADV, H-ADV e C6O4 nelle uova risultano elevati laddove erano state riscontrate le sostanze perfluoroalchiliche tradizionali. Nei vegetali la contaminazione dovuta a diversi ADV risulta piuttosto diffusa mentre la presenza di C6O4 ha interessato solo una piccola quota dei campioni prelevati vicino allo stabilimento. Come accennato, per quanto riguarda GenX, non è mai stato riscontrato nelle uova mentre era presente in un campione vegetale particolarmente contaminato da C6O4 nel 2022.

La tipologia di approvvigionamento idrico non determina differenze nei livelli di contaminazione delle due matrici nonostante vi siano differenze di utilizzo a seconda della matrice considerata. In generale solo per i vegetali si evidenzia un gradiente di riduzione della contaminazione all'aumentare della distanza dall'impianto. Nelle uova non si evidenzia la medesima relazione lineare, cosa che fa supporre una maggior complessità nelle modalità di trasferimento (testimoniata da positività inattese in aree che si assumevano di bianco ambientale) e nella distribuzione geografica; quest'ultima potrà essere ulteriormente indagata attraverso l'applicazione di tecniche di analisi geostatistica.

Il Responsabile f.f. S.C. Epidemiologia

Dr. Giuseppe Ru