



PESCATO AL SAPORE DI PFAS

Quando il pericolo viene dal mare

Ottobre 2024

GREENPEACE

PESCATO AL SAPORE DI PFAS

QUANDO IL PERICOLO VIENE DAL MARE

Sintesi

I PFAS (composti poli e perfluoroalchilici) sono sostanze chimiche di sintesi, alcune cancerogene, usate da decenni dall'industria per le loro proprietà idrorepellenti e oleorepellenti e per la resistenza alle alte temperature. Conosciuti come "inquinanti eterni", perché indistruttibili una volta dispersi nell'ambiente, giungono sulle nostre tavole accumulandosi nei terreni e nelle risorse idriche e quindi negli alimenti. Siamo abituati a pensare al rischio di assumere queste sostanze attraverso il consumo di acqua potabile. Eppure, come spiega questo report, anche il pescato, e nello specifico quello proveniente dalle acque del Santuario dei Cetacei nel mare della Toscana, può essere contaminato. Il nuovo inquietante capitolo di un'emergenza nazionale ancora sottovalutata arriva a conclusione della consultazione delle analisi di ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana) sulla presenza di PFAS nei pesci della Toscana.

Le rilevazioni sono state fatte da ARPAT in un arco di tempo che va da ottobre 2018 a novembre 2023. I pesci sono stati prelevati nelle acque marino-costiere e di transizione della Toscana, spesso alla foce dei corsi d'acqua, e sono per la maggior parte specie di scarso interesse commerciale come cefali (specie *Liza aurata*, *Liza ramada* e *Chelon labrosus*), in alcuni casi pesci perchia (*Serranus cabrilla*), sciarrano (*Serranus scriba*), donzella (*Coris julis*), salpa (*Sarpa salpa*), mentre per altre rilevazioni non è possibile stabilire dai dati forniti da ARPAT di quale specie si tratti.

È la conferma che i PFAS, dopo essere stati trovati nelle acque potabili, nella frutta e nella verdura sono presenti anche in mare: se i campionamenti si sono focalizzati sui cefali è perché questi pesci, noti anche col nome comune di muggine, vivono principalmente alle foci dei fiumi. E sulle preoccupanti condizioni dei corsi d'acqua toscani ha già fatto luce Greenpeace Italia con un report di marzo 2024¹, rilevando la presenza degli "inquinanti eterni" in qualsiasi punto della Regione monitorato nell'indagine. I PFAS sono particolarmente persistenti nell'ambiente e si accumulano negli organismi acquatici e terrestri. Il mare costituisce l'ultimo bacino ricettore di queste sostanze: non si può escludere, dunque, che la situazione sia la medesima anche per altre specie come orate e

¹ <https://www.greenpeace.org/italy/rapporto/22453/inquinamento-da-pfas-in-toscana/>

spigole, che frequentano, almeno per alcuni periodi dell'anno, lo stesso habitat di quelle esaminate da ARPAT.

Oltre alla contaminazione da PFAS nei pesci della Toscana, in questo rapporto verranno descritte anche simili situazioni nelle altre due Regioni italiane, il Friuli-Venezia Giulia e la Calabria, che hanno raccolto dati analoghi a quelli della Toscana, anche se in modo più sporadico e meno esteso.

Se allarghiamo il raggio all'intero Mediterraneo, la presenza di questi composti è stata documentata soprattutto nei cetacei. Nell'Adriatico, fin dai primi anni Duemila, sono state riportate contaminazioni da PFOS (Acido perfluorooctansolfonico, una molecola del gruppo dei PFAS inserita tra le sostanze pericolose prioritarie dalla direttiva UE 39 del 2013² e recentemente classificata come possibile cancerogena per l'uomo³) in concentrazioni comprese tra 100 e 400 microgrammi per chilogrammo ($\mu\text{g}/\text{kg}$) nel fegato dei delfini e tra 40 e 200 microgrammi per litro ($\mu\text{g}/\text{l}$) nel sangue degli stessi animali. Alcuni cetacei esaminati nell'area del Tirreno settentrionale hanno mostrato livelli analoghi di PFOS nel muscolo, pari a 40-80 microgrammi per chilogrammo. I mammiferi marini, anche per il loro ruolo di predatori in mare, possono essere considerati come indicatori dei cambiamenti ambientali e della salute dell'ecosistema. Tra l'altro, livelli di PFOS più bassi, ma non certo trascurabili, sono stati registrati anche nel sangue di altri predatori marini come pesci spada e tonni del Mediterraneo, con valori compresi tra 4 e 52 microgrammi per litro.

I risultati dei campionamenti di ARPAT

Quelle dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana sono senza dubbio tra le analisi più complete, e con una lunga serie di dati storici, tra quelle realizzate dalle varie agenzie ambientali delle singole Regioni o Province Autonome. Per molte, infatti, non esistono dati relativi alla presenza di PFAS negli animali di ambienti marino-costieri e di transizione. Le analisi di ARPAT si sono concentrate sull'acido perfluorooctansolfonico e i suoi derivati, noto come PFOS, solo una delle oltre 10 mila sostanze appartenenti all'ampio gruppo dei composti poli e perfluoroalchilici. Per questa molecola la normativa italiana (D. Lgs. 172/2015⁴) ha stabilito uno Standard di Qualità Ambientale (SQA) pari a 9,1 microgrammi per chilogrammo ($\mu\text{g}/\text{kg}$) di peso umido negli organismi. Si tratta di una sorta di indicatore del buono stato ambientale, ma non di un vero e proprio limite di legge. Una scelta per lo meno discutibile, come vedremo più avanti.

I dati ARPAT, pur fornendo un quadro parziale limitato a una sola sostanza, evidenziano che il PFOS è presente nei cefali e negli altri organismi monitorati nelle acque marino-costiere della Toscana. Di tutti i pesci e organismi marini monitorati (95) in questi anni - i dati sono

² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=celex%3A32013L0039>

³ <https://www.iarc.who.int/news-events/iarc-monographs-evaluate-the-carcinogenicity-of-perfluorooctanoic-acid-pfoa-and-perfluorooctane-sulfonic-acid-pfos/>

⁴ <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/10/27/15G00186/sg>

consultabili sul sito di ARPAT⁵ - il PFOS è stato rilevato in 56 animali, pari a circa il 59% del totale. Il valore più elevato è stato pari a 14,7 microgrammi per chilogrammo ($\mu\text{g}/\text{kg}$), rilevato nel dicembre del 2019 su un esemplare della specie *Liza aurata* (cefalo dorato) pescato alla foce del fiume Bruna a Castiglione della Pescaia, in provincia di Grosseto. La presenza di pesci di mare contaminati è più frequente lungo la costa pisana, alla foce del Fiume Morto e in prossimità della foce dell'Arno. Qui due rilevazioni nel 2019 hanno trovato, nei pesci della specie *Liza ramada* (cefalo calamita), rispettivamente 5,65 e 5,99 microgrammi per chilogrammo di PFOS. Livelli elevati sono presenti anche negli esemplari prelevati pochi chilometri più a sud, in provincia di Livorno: lungo il tratto di mare di fronte ad Antignano (5,17 e 3,96 $\mu\text{g}/\text{kg}$) e in prossimità di Marina di Castagneto Carducci (3,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nel 2019 e 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nel 2021).

Nemmeno i pesci che vivono alla foce di corsi d'acqua in zone protette, come a Cala di Forno, nel parco naturale dell'Uccellina nella maremma grossetana, sono immuni alla contaminazione. Qui nel 2019 sono stati registrati 4,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ di PFOS nei campioni appartenenti alla specie *Liza ramada*. Anche in prossimità della foce del fiume Ombrone, sempre in provincia di Grosseto, sono stati trovati valori alti, pari a 3,19 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a dimostrazione di quanto sia pervasiva la presenza di PFAS. Tra i valori più bassi di PFOS spiccano, invece, quelli dell'Isola di Capraia con 0,08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ riscontrati nel 2018.

Questi dati, tuttavia, pur evidenziando una presenza diffusa dei PFAS che non risparmia nessuna delle località monitorate, non consentono di poter affermare con certezza quale sia l'area più contaminata. Infatti, esemplari della stessa specie e provenienti dalla stessa località mostrano negli anni differenti concentrazioni. A titolo di esempio, nei muggini prelevati alla foce del Fiume Morto sono stati registrati 5,65 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ad aprile 2021, 0,11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nell'ottobre del 2018 e 3,277 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nell'ottobre del 2021. Allo stesso modo, presso la foce del Bruna a Castiglione della Pescaia nel 2018 erano state misurate concentrazioni piuttosto basse (0,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$); solo pochi mesi dopo, nel dicembre del 2019, è stato trovato il valore in assoluto più alto mai registrato in Toscana, pari a 14,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Dalle informazioni consultabili sul sito di ARPAT non è poi possibile capire se le differenze riscontrate siano riconducibili a variabili importanti come la taglia, l'età o il sesso, che possono influire sull'accumulo di alcuni inquinanti. Riassumendo: i PFAS sono ovunque anche se quasi sempre sotto il citato SQA di 9,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Purtroppo, con i PFAS, l'unico dato certo è che anche valori piuttosto bassi non possono essere di per sé tranquillizzanti.

Le soglie limite di pericolosità dei PFAS negli alimenti

Le indagini scientifiche più recenti hanno infatti notevolmente abbassato le soglie massime di ingestione per questa sostanza a causa della sua pericolosità per l'essere umano. Ad esempio, l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (EPA) ha di recente definito una serie di misure restrittive, fissando una soglia di sicurezza per la presenza di PFOA e PFOS nell'acqua potabile⁶ pari allo zero tecnico. Il più recente parere dell'Autorità

⁵ <https://sira.arpad.toscana.it/sira/acqua.php>

⁶ <https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>

europea per la sicurezza alimentare (EFSA)⁷ del 2020 ha fissato l'assunzione settimanale tollerabile (TWI, *Tolerable weekly intake*) attraverso la dieta pari a 4,4 nanogrammi per chilogrammo (ng/kg) di peso corporeo per quattro molecole appartenenti al gruppo dei PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS). Tale valutazione ha ridotto notevolmente il limite precedentemente fissato dalla stessa autorità europea per due soli composti (PFOA e PFOS). Anche il Regolamento UE 2022/2388⁸ ha fissato i tenori massimi per quattro molecole (PFOS, PFOA, PFNA e PFHxS), espressi in microgrammi per chilogrammo in peso fresco, negli alimenti di origine animale. Nonostante la forte revisione al ribasso rispetto al precedente intervento legislativo, la soglia limite per la presenza di PFOS nei pesci (compresi cefalo, spigola, palamita, salmone, sardina e platessa) è stata individuata a 7 µg/kg di peso del prodotto, l'equivalente di 7000 nanogrammi per chilogrammo. Una soglia limite che è in netta contraddizione col parere EFSA. Infatti, un semplice calcolo dimostra come i valori fissati dall'Europa non siano allineati con i limiti di sicurezza definiti da EFSA: considerando un pesce pescato ad esempio ad Antignano, in provincia di Livorno, che conteneva 5000 nanogrammi di PFOS per chilogrammo (l'equivalente di 5 µg/kg), per una persona con un peso di 70 chilogrammi è sufficiente mangiare un solo etto di questo pesce per superare la soglia di assunzione stabilita da EFSA. Infatti, l'assunzione settimanale tollerabile fissata dall'Autorità europea per la sicurezza alimentare è molto inferiore. Considerando la soglia di 4,4 ng/kg di peso corporeo, una persona di 70 chilogrammi non potrebbe assumere più di 308 nanogrammi di PFOS a settimana (4,4 x 70), mentre il pesce citato nell'esempio contiene 500 nanogrammi per etto. Quindi, se facessimo fede alla sola raccomandazione di EFSA, gran parte del pescato analizzato da ARPAT non potrebbe essere consumato in sicurezza dagli esseri umani. Al contrario, in base ai limiti individuati dal Regolamento UE, nella quasi totalità dei casi la concentrazione di PFOS nei pesci è inferiore alla soglia di 7 µg/kg di peso del prodotto.

Gli studi di ARPAT sui cetacei nel mar Tirreno

Che la situazione non sia certo rassicurante nelle acque del Santuario dei Cetacei lo confermano ulteriori dati e analisi. Una precedente ricerca condotta da ARPAT⁹ a partire dal 2020 su animali per lo più spiaggiati, come il delfino (*Stenella coeruleoalba*), la tartaruga marina comune (*Caretta caretta*) e alcuni esemplari giovanili di squalo grigio, verdesca e squalo volpe, aveva evidenziato concentrazioni anche molto alte di PFAS. Nell'indagine l'agenzia ha prelevato e analizzato quattro tipologie di tessuto (fegato, sangue, muscolo e cervello). Nei tessuti di squali e di tartarughe le concentrazioni di questi inquinanti organici persistenti sono generalmente molto inferiori rispetto a quelle dei delfini, dove le maggiori contaminazioni sono state rilevate nel fegato e negli esemplari più giovani. Nel loro tessuto cerebrale, inoltre, sono risultati preponderanti i PFAS carbossilati a catena lunga, a testimoniare una sorta di permeabilità della barriera emato-encefalica nei riguardi di questo tipo di sostanze.

⁷ <https://www.efsa.europa.eu/it/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>

⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2388&from=IT>

⁹ <https://www.arp.atoscana.it/notizie/2024/contaminanti-nelle-specie-marine/contaminazione-da-pfas-in-animale-marini>

E il pescato delle altre Regioni?

Ma qual è la situazione del pescato di altre regioni italiane? Ancora piuttosto ignota considerando le poche indagini effettuate. Alcune rilevazioni sono state fatte dalle ARPA di Calabria e Friuli-Venezia Giulia, enti a cui Greenpeace Italia ha chiesto i dati a loro disposizione, tramite richiesta di accesso agli atti. Queste analisi non sono però paragonabili, per mole di dati analizzati, a quelle di ARPA Toscana. Emergono, tuttavia, alcune criticità di cui è opportuno dare conto. I livelli di PFOS registrati nel biota da ARPA Calabria, tra il 2021 e il 2023 nei punti di osservazione di Sibari, Roccella Jonica, Crotona, Lamezia Terme e Nicotera, confermano la presenza, in specie di notevole interesse commerciale, di PFOS sia nei pesci – triglia di fango (*Mullus barbatus*) e nasello (*Merluccius merluccius*) – che nei crostacei (*Squilla mantis*, conosciuta con il nome di canocchia o cicala di mare)¹⁰. Sebbene non raggiungano picchi elevati come in alcuni cefali della Toscana (ma ARPAT ha analizzato negli anni novantacinque pesci, mentre ARPA Calabria si è limitata a un totale di quarantacinque campioni tra pesci e crostacei), concentrazioni notevoli sono state registrate nei naselli e nelle triglie prelevate nella zona di Roccella Jonica (1,846 µg/kg e 1,367 µg/kg) e Sibari (triglia 1,825 µg/kg). Quello che sorprende, in particolare, sono i valori individuati nelle cicale di mare una specie di crostaceo di diffuso uso commerciale – pescate sia nel mar Tirreno che nello Jonio. In due casi, i livelli di PFOS superavano il limite di 3 µg/kg previsto dal Regolamento europeo 2022/2388 per i crostacei: 4,1 µg/kg in una cicala di mare pescata a Lamezia Terme e 3,06 µg/kg in una pescata a Crotona. In una cicala di mare analizzata a Nicotera il livello di PFOS era prossimo al limite, pari a 2,95 µg/kg. In esemplari della stessa specie prelevati a Sibari e Roccella Jonica invece i livelli erano comunque elevati, pari a 2,08 e 2,12 µg/kg rispettivamente.

Dall'esame del materiale ottenuto da Greenpeace Italia dall'ARPA regionale, in Friuli-Venezia Giulia sono state effettuate solo 24 rilevazioni nel 2021 sul biota tra Golfo di Trieste, Laguna di Marano e Grado (pesci della specie *Gobius niger* e *Liza Aurata*). Gli esiti analitici non hanno fatto emergere particolari criticità, con valori, in tutti i casi, inferiori al limite di rilevabilità analitica pari a 1 µg/kg. Vista la mole molto ridotta di dati è difficile trarre conclusioni statisticamente rilevanti sulla condizione di contaminazione dei pesci nel nord dell'Adriatico e questi valori non possono di per sé escludere rischi.

Le analisi al di fuori dell'Italia

Numerosi studi internazionali hanno dimostrato la presenza di PFAS nell'ambiente marino e il loro accumulo in numerose specie con tenori più elevati negli organismi a un livello trofico più elevato (biomagnificazione). Alte concentrazioni sono state riscontrate nel pescato proveniente dal mare tra Corea e Giappone¹¹ e nei pesci di alcuni estuari degli Stati Uniti¹² (con livelli compresi tra 36,8 a 2.990 µg/kg peso secco e da 307 a 33.600 µg/kg peso umido). Inoltre, le concentrazioni di PFOS nei tessuti dei pesci edibili di diverse specie

¹⁰ si veda la Tabella 1 in Appendice II per ulteriori approfondimenti

¹¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20303544>

¹² <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2022.1046667/full>

raccolte nella baia di Tampa superavano le soglie di consumo (obbligatorie o raccomandate) individuate dalle agenzie governative di alcuni Stati americani per le specie d'acqua dolce (Michigan e altri stati della Regione dei Grandi Laghi, New York, New Jersey, Alabama, Oregon, Connecticut, Indiana, Massachusetts, Maine e Minnesota). I dati provenienti dalle analisi fatte nel mar Baltico¹³ evidenziano concentrazioni simili a quanto rilevato da ARPAT nei cefali della Toscana. Ad esempio, in un pesce della specie *Clupea harengus*, la comune aringa, sono stati trovati fino a 6,31 µg/kg di PFOS.

Conclusioni: le richieste di Greenpeace

I dati sul pescato, seppur limitati a poche regioni e a una sola molecola del gruppo dei PFAS (quindi non rappresentativi della reale contaminazione), dimostrano la contaminazione diffusa in alcune specie commerciali della Toscana e della Calabria. Il pescato sembra quindi essere una delle vie di assunzione di queste sostanze nel nostro corpo, con possibili conseguenze molto gravi per la salute. I PFAS, infatti, creano danni al fegato e al sistema immunitario, problemi alla tiroide e causano l'insorgenza di alcune forme tumorali come il cancro al rene e ai testicoli.

Di fronte a una situazione così grave che necessita di ulteriori indagini e monitoraggi, è necessario che il governo si attivi immediatamente. È necessario realizzare un'indagine nazionale su tutte le specie commerciali che finiscono sulle nostre tavole e, parallelamente, seguire gli esempi di Stati Uniti, Francia e Danimarca, che hanno già introdotto provvedimenti più rigorosi a tutela della collettività. Rimane quindi fondamentale varare una legge che vieti la produzione e l'utilizzo di PFAS, perché la salute del Pianeta e dei cittadini non può essere sacrificata agli interessi economici di pochi che ancora oggi, impunemente, hanno licenza di inquinare.

Appendice I: i dati chiave emersi dall'indagine di ARPAT

- In provincia di Pisa i valori più alti di PFOS sono stati trovati alla foce del Fiume Morto, che sfocia poco a nord della città della Torre. Nell'aprile 2019 in un cefalo il livello di PFOS ha raggiunto i 5,65 µg/kg. Due anni dopo, nell'ottobre 2021, le analisi hanno evidenziato la presenza di PFOS con un valore di 3,277 µg/kg in un pesce la cui specie non è nota. I livelli sono risultati inferiori negli anni successivi. La presenza di PFOS nelle analisi del 2022 e 2023 è sempre stata inferiore al limite di rilevabilità analitica (1 µg/kg).
- Tra i cefali più contaminati ci sono quelli pescati vicino alla foce del fiume Arno, a Pisa. Nel 2019 le concentrazioni di PFOS hanno raggiunto il livello di 5,99 µg/kg e nel 2020 di 2,17 µg/kg. Non si tratta di una sorpresa, visti i risultati delle analisi fatte sempre da ARPAT sulla presenza dei PFAS nelle acque dei fiumi: il bacino idrografico della pianura di Pisa (Arno, Serchio e bacini minori tra essi compresi o che vi confluiscono) era apparso come uno dei più contaminati, probabilmente per effetto delle numerose fabbriche dell'area, tra cui il distretto conciaro tra le province di

¹³ <https://www.nature.com/articles/s41597-024-03216-0>

Pisa e Firenze. Tuttavia, in due occasioni, nel 2021 e nel 2023, la presenza di PFOS nei pesci prelevati all'altezza della stazione di Ponte della Vittoria sul fiume Arno è risultata inferiore al limite di rilevabilità analitica.

- Sono stati riscontrati alti livelli di contaminazione nei pesci pescati tra la foce del fiume Serchio e Migliarino, 5 chilometri più a nord della foce del Fiume Morto: 2,84 µg/kg nel gennaio 2019, sebbene in altre due rilevazioni, entrambe nel 2020, la presenza di PFOS era al di sotto del limite di rilevabilità analitica. Livelli importanti di PFOS sono stati trovati nei muggini lungo la costa della Versilia, tra Marina di Carrara (2,27 µg/kg nel 2021), in provincia di Massa Carrara, Forte dei Marmi (1,87 µg/kg nel 2018) e Viareggio (3,13 µg/kg e 2,44 µg/kg), in provincia di Lucca.
- I pesci alla foce dei corsi d'acqua lungo la costa livornese presentavano valori di contaminazione più alti nei campioni provenienti dalla parte settentrionale del territorio del comune di Livorno, al confine con Pisa, che si dimostra quindi un'area di forte criticità: nel mare di fronte ad Antignano le analisi condotte sui pesci tra il 2018 e il 2019 hanno evidenziato risultati preoccupanti: 5,17 µg/kg (2019), 3,96 µg/kg (2018). In tre occasioni (2019, 2020 e 2023), tuttavia, non è stata rilevata la presenza di PFOS. A Rosignano il valore più alto di PFOS è stato registrato nel 2021: 2,624 µg/kg. Una presenza marcata di PFOS è stata rilevata nei muggini di Marina di Castagneto Carducci: 3,6 µg/kg nel 2019 e 2,5 µg/kg nel 2021. Nel 2020, invece, la presenza di PFOS non ha superato il limite di rilevabilità analitica di 1 µg/kg.
- I livelli di contaminazione scendono gradualmente avvicinandosi all'area al confine tra le province di Livorno e Grosseto: nel promontorio di Piombino il livello massimo di PFOS nei pesci è stato registrato nelle analisi condotte a novembre 2021: 1,26 µg/kg, in netto aumento rispetto allo 0,16 rilevato nel 2018. Alla foce del Bruna, a Castiglione della Pescaia, in provincia di Grosseto, i dati sono risultati contraddittori: 0,24 µg/kg nel 2018 per schizzare a 14,7 µg/kg nel 2019 (record tra le rilevazioni di ARPAT in Toscana) e 2,311 µg/kg nel 2021.
- Nel parco della Maremma, nel grossetano, i livelli di PFOS nei pesci non sono rassicuranti. Alla foce del fiume Ombrone le analisi fatte il 28 ottobre 2019 hanno trovato 3,19 µg/kg di PFOS in uno dei cefali esaminati, mentre nel novembre 2020 i valori sono stati inferiori al limite di rilevabilità analitica di 1 µg/kg. Poco più a sud, nel parco dell'Uccellina, nei cefali *Liza ramada* prelevati a Cala di Forno sono stati misurati valori elevati di PFOS pari a 2,12 µg/kg nel 2018, 1,53 µg/kg nel 2020 e addirittura 4,4 µg/kg nel 2019. In altre due occasioni (dicembre 2021 e novembre 2023), le analisi hanno dato risultati al di sotto del limite di rilevabilità analitica.
- Nei pesci lungo la costa dell'Argentario, in provincia di Grosseto, si riscontrano differenze più marcate. A Porto Santo Stefano le analisi fatte nel 2018 e nel 2019 hanno misurato 4,5 µg/kg e 2,91 µg/kg di PFOS nei cefali *Liza ramada* mentre nel 2022 e nel 2023 la presenza di PFOS è stata al di sotto del limite di rilevabilità analitica. Nella vicina laguna di Orbetello, i valori sono risultati molto più bassi, sempre inferiori al limite di rilevabilità analitica di 1 µg/kg. Tornano ad essere

elevati, invece, i dati alla foce del fiume Albegna. Nel 2018 e 2019 erano pari, rispettivamente, a 3 e 3,1 µg/kg, nel 2020 a 1,52 µg/kg. Solo nel dicembre del 2021 e nel novembre del 2023 i livelli di PFOS erano al di sotto del limite di rilevabilità analitica. A sud di Orbetello, in un pesce *Liza ramada* nel lago di Burano, una laguna salmastra costiera sita nel comune di Capalbio, sono stati trovati 1,27 µg/kg di PFOS, mentre nelle acque marino-costiere ad Ansedonia sempre su un esemplare di *Liza ramada* il valore più alto registrato è stato pari a 1,85 µg/kg. Al contrario tra il 2019 e il 2021 gli esiti sono stati al di sotto del limite di rilevabilità analitica.

- Pesci contaminati da PFOS si trovano anche nei mari intorno alle isole dell'arcipelago toscano: all'Isola d'Elba 0,46 µg/kg nel 2018, 1,22 µg/kg nel 2020 e inferiore al limite di rilevabilità analitica di 1 µg/kg nella misurazione del 2019. Valori minori a Capraia: due rilevazioni nel 2019 e 2020 hanno registrato PFOS nei pesci con livelli inferiori al limite di rilevabilità analitica di 1 µg/kg, mentre nell'ottobre del 2018 i livelli di contaminazione erano pari a 0,08 µg/kg in un pesce della specie *Liza aurata*.

Appendice II: le analisi sul biota di ARPA Calabria e ARPA Friuli-Venezia Giulia

Tabella 1. Analisi PFOS nella matrice biota negli anni 2021-2022-2023 Calabria

Anno	Comune	Matrice	Specie	Concentrazione (µg/kg)
2021	Sibari (CS)	Pesce	Mullus barbatus	0,627
2021	Sibari (CS)	Pesce	Merluccius merluccius	< 0,150
2021	Sibari (CS)	Crostacei	Squilla mantis	0,745

2021	Crotone (KR)	Pesce	Mullus barbatus	0,932
2021	Crotone (KR)	Pesce	Merluccius merluccius	< 0,150
2021	Crotone (KR)	Crustaceans	Squilla mantis	0,788
2021	Roccella Jonica (RC)	Pesce	Mullus barbatus	1,367
2021	Roccella Jonica (RC)	Pesce	Merluccius merluccius	1,846
2021	Roccella Jonica(RC)	Crustacei	Squilla mantis	0,763

2021	Nicotera (VV)	Pesce	Mullus barbatus	0,860
2021	Nicotera (VV)	Pesce	Merluccius merluccius	0,637
2021	Nicotera (VV)	Crostacei	Squilla mantis	< 0,150
2021	Lamezia Terme (CZ)	Pesce	Mullus barbatus	0,445
2021	Lamezia Terme (CZ)	Pesce	Merluccius merluccius	0,771
2021	Lamezia Terme (CZ)	Crostacei	Squilla mantis	0,722

2022	Sibari (CS)	Pesce	Mullus barbatus	1,825
2022	Sibari (CS)	Pesce	Merluccius merluccius	0,535
2022	Sibari (CS)	Crostacei	Squilla mantis	2,080
2022	Crotone (KR)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2022	Crotone (KR)	Pesce	Merluccius merluccius	<0,30
2022	Crotone (KR)	Crostacei	Squilla mantis	3,06

2022	Roccella Jonica (RC)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2022	Roccella Jonica (RC)	Pesce	Merluccius merluccius	<0,30
2022	Roccella Jonica(RC)	Crostacei	Squilla mantis	2,12
2022	Nicotera (VV)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2022	Nicotera (VV)	Pesce	Merluccius merluccius	0,56
2022	Nicotera (VV)	Crostacei	Squilla mantis	0,88

2022	Lamezia Terme (CZ)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2022	Lamezia Terme (CZ)	Pesce	Merluccius merluccius	0,37
2022	Lamezia Terme (CZ)	Crostacei	Squilla mantis	1,73
2023	Sibari (CS)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2023	Sibari (CS)	Pesce	Merluccius merluccius	0,31
2023	Sibari (CS)	Crostacei	Squilla mantis	0,490

2023	Crotone (KR)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2023	Crotone (KR)	Pesce	Merluccius merluccius	< 0,30
2023	Crotone (KR)	Crostacei	Squilla mantis	0,330
2023	Roccella Jonica (RC)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2023	Roccella Jonica (RC)	Pesce	Merluccius merluccius	<0,30
2023	Roccella Jonica(RC)	Crostacei	Squilla mantis	1,200

2023	Nicotera (VV)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2023	Nicotera (VV)	Pesce	Merluccius merluccius	<0,30
2023	Nicotera (VV)	Crostacei	Squilla mantis	2,950
2023	Lamezia Terme (CZ)	Pesce	Mullus barbatus	<0,30
2023	Lamezia Terme (CZ)	Pesce	Merluccius merluccius	<0,30
2023	Lamezia Terme (CZ)	Crostacei	Squilla mantis	4,100

Tabella 2. Analisi PFOS nella matrice biota nel 2021 Friuli-Venezia Giulia

Anno	Comune	Matrice	Specie	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
11/8/2021	Golfo di Trieste	Pesce	<i>Gobius niger</i>	<1
11/8/2021	Golfo di Trieste	Pesce	<i>Gobius niger</i>	<1
11/8/2021	Golfo di Trieste	Pesce	<i>Gobius niger</i>	<1
20/9/2021	Golfo di Trieste	Pesce	<i>Gobius niger</i>	<1
20/9/2021	Golfo di Trieste	Pesce	<i>Gobius niger</i>	<1
23/9/2021	Golfo di Trieste	Pesce	<i>Gobius niger</i>	<1
23/9/2021	Golfo di Trieste	Pesce	<i>Gobius niger</i>	<1
24/9/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
24/9/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
24/9/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
27/9/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
27/9/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
27/9/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
1/10/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
1/10/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
1/10/2021	Grado	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1

26/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
26/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
26/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
27/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
27/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
27/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
28/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1
28/10/2021	Marano Lagunare	Pesce	<i>Liza aurata</i>	<1