



Campioni con acque di transito contenenti PFAS nel laboratorio di analisi delle acque dell'Agenzia regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto a Mestre.



INQUINAMENTO

PEAS, un marchio eterno

Questi composti sono resistenti, persistono nell'ambiente per un tempo indefinibile, possono avere pesanti impatti sulla salute. E si trovano in tanti oggetti di uso quotidiano

di Gianluca Liva

Foto: Stefano Schirato

095326

Gianluca Liva è giornalista scientifico *freelance*. Si occupa di attualità, impatto e politiche ambientali, storia della scienza. È tra i fondatori di RADAR Magazine.

Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sono una parte inscindibile del nostro vivere quotidiano. Ci permettono di ottenere materiali dalle proprietà sorprendenti, impermeabili all'acqua e ai grassi, resistenti alle alte temperature, antiaderenti. I PFAS persistono nell'ambiente per un tempo indefinibile e li usiamo dappertutto: abiti, saponi, strumenti sanitari, batterie, automobili, scioline, cartoni della pizza, bicchieri in carta riciclabile, padelle, cosmetici, telefoni, elettrodomestici, involucri alimentari, vernici, finestre, biciclette.

I PFAS sono impalpabili, non li vediamo ma sono ovunque. A poco a poco ci sono sfuggiti di mano e si sono diffusi anche là dove non avremmo voluto. Li troviamo nella pioggia, nell'acqua che beviamo, nel cibo che mangiamo, nel sangue dell'autore di questo articolo e di chi lo sta leggendo. Si è scoperto, troppo tardi, che i PFAS possono farci del male, che non siamo capaci di liberarcene e che sono diventati un velo che si è adagiato per sempre sul nostro pianeta. È per questo motivo che si sono guadagnati l'appellativo di *forever chemicals*, composti chimici eterni.

Scoperti per caso

L'invenzione delle sostanze perfluorate è avvenuta per caso. Nel 1938 Roy Plunkett, chimico della DuPont, in New Jersey, stava lavorando a un nuovo refrigerante per frigoriferi quando, a sorpresa, si ritrovò tra le mani un composto mai visto, scivoloso, insolubile. Si trattava del politetrafluoroetilene (PTFE), pochi anni dopo messo in commercio con il nome Teflon™. Gli oggetti rivestiti con PTFE sopportavano le altissime temperature, risultavano essere idrorepellenti e antiaderenti. Da quel momento in poi fu un fiorire di nuove sostanze e, dalla metà degli anni cinquanta dello scorso secolo, la famiglia dei PFAS si è allargata a dismisura, con nuovi composti, impieghi e applicazioni. La loro diffusione è stata inarrestabile, grazie alla serie di vantaggi dati dalle loro

caratteristiche. Ne sono stati prodotti di vari tipi, alcuni noti, altri pressoché sconosciuti. I PFAS di maggiore diffusione sono l'acido perfluorooctanoico (PFOA) e l'acido perfluorooctansolfonico (PFOS). Il primo viene usato, per esempio, come rivestimento per carta o capi d'abbigliamento (il famigerato *gore-tex*), il secondo come componente chiave di schiume antincendio, polimeri fluorurati, vernici o impregnanti per arredi. Nel corso degli anni la loro onnipresenza li ha resi scontati, come una componente naturale degli spazi e degli oggetti di cui ci circondiamo. Per alcuni decenni ci siamo dimenticati di loro e abbiamo rinunciato, di fatto, ad approfondire le proprietà di questo gruppo di composti chimici.

Questo disinteresse indolente è perdurato fino a quando, a cavallo tra il XX e il XXI secolo, in varie parti del mondo si è iniziato a sospettare che qualcosa non stesse andando per il verso giusto. Era la seconda metà degli anni novanta quando Wilbur Tennant, un allevatore residente in prossimità degli impianti dell'azienda DuPont a Parkersburg, in West Virginia, vide morire senza un'apparente ragione le vacche del suo pascolo. Fu la scintilla che diede il via al lavoro pionieristico dall'avvocato Robert Bilott, e ai processi che fecero conoscere al grande pubblico i problemi legati a una sostanza come il PFOA. Nel 2006 un'indagine sulle sostanze perfluorate nei fiumi europei portò alla luce la presenza fuori misura di PFAS in alcuni insospettabili corsi d'acqua. I casi di inqui-



Prelievo di campioni di acqua trattata del lago Michigan, negli Stati Uniti, in un laboratorio dell'impianto di trattamento delle acque a Wilmette, in Illinois. L'analisi dei campioni ha rilevato livelli estremamente elevati di sostanze PFAS.

namento esteso ed esposizione umana emersero uno dopo l'altro, a riprova di una diffusione ubiquitaria. Cittadini e cittadine delle zone in cui si registravano (e si registrano) livelli macroscopici di contaminazione si riunirono in comitati e associazioni che da allora hanno svolto un lavoro fondamentale, come nel caso del disastro provocato dall'azienda MITENI in Veneto. Presero il via i processi per disastro ambientale e molti dei documenti coperti dal segreto aziendale divennero pubblici. È così, pian piano, che si è scoperto un vaso di pandora che alcuni avevano deciso di tenere sigillato per decenni ed è cominciato un percorso di ricerca sui PFAS pubblico e a tutto campo. Per comprendere l'entità di questo ritardo – e la conseguente rinuncia a un ragionevole principio di precauzione – basti sapere che ancora oggi la nomenclatura delle sostanze per- e polifluoroalchiliche è sfuggente e variabile.

La scienza pubblica rincorre con affanno la scienza in funzione privata e, per il momento, non è ancora del tutto chiaro che cosa sia da considerarsi un PFAS e che cosa no.

Che cosa intendiamo per PFAS

«La comunità scientifica ha dovuto affrontare un lungo viaggio per rendersi conto del numero di sostanze che si possono considerare PFAS. Ma il viaggio è ben lontano dal concludersi», racconta Zhanyun Wang, ricercatore capo al Politecnico federale di

Zurigo e una delle figure centrali che hanno portato alla definizione di PFAS proposta dall'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE). Wang ricorda che «uno dei primi tentativi di fornire una definizione adeguata di PFAS risale al 2011 ed è stata proposta da un gruppo di ricerca guidato da Robert Buck, chimico ai tempi impiegato presso DuPont de Nemours. Nel suo fondamentale lavoro, Buck descriveva i PFAS come composti alifatici altamente fluorurati con uno o più atomi di carbonio (C) in cui tutti i sostituenti dell'idrogeno sono sostituiti da atomi di fluoro (F) e contengono il gruppo perfluoroalchilico C_nF_{2n-1} ».

Di recente, invece, è stato il gruppo di ricerca guidato dallo stesso Wang a dare una nuova descrizione di che cosa sia una sostanza per- e polifluoroalchilica. I PFAS sono intesi come sostanze fluorurate che contengono almeno un atomo di carbonio metilico o metilenico completamente fluorurato (senza alcun atomo di idrogeno, cloro, bromo, iodio). Vale a dire che, con poche eccezioni, qualsiasi sostanza con almeno un gruppo metilico perfluorurato ($-CF_3$) o un gruppo metilenico perfluorurato ($-CF_2-$) è da considerarsi PFAS. La questione della nomenclatura non è un mero dettaglio formale riservato al mondo della chimica pura. In base a essa, il numero di sostanze varia di molto, con conseguenze immaginabili sui processi regolatori.

«Agli albori si conoscevano pochissimi PFAS. Via via, nel tempo, questo insieme è cresciuto numericamente», spiega Wang. «Nel 2015 l'Agenzia svedese per i composti chimici ne aveva elencati circa 3000. Pochi anni più tardi l'OCSE ne numerava poco più di 4700. L'Environmental Protection Agency (EPA), negli Stati Uniti, considera PFAS oltre 14.000 sostanze diverse. Altre definizioni fanno sì che i PFAS siano decine di migliaia di composti. Secondo le banche dati di PubChem i PFAS potrebbero essere più di 6 milioni. Ma il vero punto è un altro: di fronte a questi numeri abnormi, la scienza pubblica conosce nel profondo le caratteristiche di, forse, qualche decina di sostanze. Le restanti ci sono del tutto ignote, ma ciò nonostante molte di esse sono in commercio», dichiara il ricercatore.

Le cose si complicano se si tiene anche conto della differenza tra PFAS a catena lunga (come PFOS e PFOA) e PFAS a catena corta (i PFAS «di nuova generazione»). Di solito, i composti con catene carboniose fino a cinque atomi sono considerati a catena corta, mentre i composti con più di sei atomi di carbonio sono a catena lunga. Tuttavia, i criteri per stabilire questa differenza variano a seconda del tipo di classe di sostanze. Gli acidi perfluoroalchilici carbossilici (PFCA) con otto o più atomi di carbonio sono definiti a catena lunga, mentre per gli acidi perfluorosolfonici (PFSA) basterebbe avere sei o più atomi di carbonio per rientrare in quella categoria. Per altre classi di sostanze per- e polifluoroalchiliche, come gli acidi carbossilici perfluoropolietteri (PFCEA) oppure gli acidi perfluoroalchil eteri solfonici (PFESA), non c'è ancora un vero criterio di separazione. Come vedremo in seguito in questo articolo, si tratta di una diversità con pesanti risvolti sulla regolamentazione. Quello che è certo è che il termine «PFAS» è ampio, generico e non specifico, non indica se un composto sia dannoso o meno, però comunica soltanto che i composti sotto questo termine condividono alcune caratteristiche. A maggior ragione, è difficilissimo inquadrare i PFAS nell'universo di sostanze che conosciamo e che usiamo.

Ci sono stati alcuni tentativi. Nel 2020, 22 inventari di composti chimici provenienti da 19 paesi del mondo sono stati analizzati per ottenere una prima panoramica completa delle sostanze presenti sul mercato, come primo passo essenziale verso una comprensione globale dell'inquinamento chimico. Oltre 350.000 sostanze e miscele di sostanze sono state registrate per la produzione e l'uso, un numero fino a tre volte superiore a quello stimato in precedenza e con differenze significative tra nazioni e regioni. Un dato degno di nota è che l'identità di molte sostanze rimane sconosciuta al pubblico, perché coperta da segreto industriale (oltre 50.000) o descritta in modo ambiguo (fino a 70.000). Tra queste, ci sono i composti organofluorurati, una parte di quel cocktail di sostanze a cui l'umanità è esposta ogni giorno e che, a seconda dei casi e delle situazioni, può fare ammalare.

L'impatto sulla salute

È bene chiarirlo subito: benché la scienza a uso pubblico abbia prodotto numerosi risultati soltanto negli ultimi 20-25 anni, i primi indizi sulle possibili conseguenze per la salute dei PFAS risalgono a molto tempo prima e nel corso del XX secolo alcune aziende erano già in possesso di tutti gli elementi che sancivano la pericolosità delle sostanze per- e polifluoroalchiliche. Uno dei

primi studi che evidenziavano il fatto che il PFOA potesse interagire con l'albumina nel sangue risale al 1956. In seguito, nel 1961 DuPont iniziò a «interessarsi» dei possibili effetti del PFOA sulla salute umana. In quell'anno, il dipartimento di tossicologia dell'azienda confermò che il C₈/PFOA era tossico per gli animali. Dorothy Hood, allora capo del dipartimento, avvertì la dirigenza che la sostanza doveva essere «maneggiata con estrema cautela», poiché aveva riscontrato un ingrossamento del fegato nei ratti e nei conigli esposti al C₈.

Negli anni settanta già si intravedeva un quadro inquietante. Un'altra azienda, la 3M, era a conoscenza che i PFAS si potevano accumulare nel sangue e nel 1973 uno studio di DuPont evidenziò danni al fegato dovuti all'esposizione ai PFAS che rivestono gli imballaggi alimentari. Nel 1975 la 3M era stata informata che i PFAS si bioaccumulavano nei campioni di sangue umano presi in esame. Nel 1981 3M e DuPont spostarono di reparto le lavoratrici dopo che alcuni studi interni sugli animali avevano rivelato che i PFAS danneggiano lo sviluppo degli occhi nei feti. Nel 1989 uno studio della 3M aveva già evidenziato una maggiore incidenza tumorale tra i lavoratori addetti alla produzione di PFAS.

All'inizio del XXI secolo era ormai chiaro che i PFAS sono o si degradano in composti chimici persistenti, e in molti casi bioaccumulabili, che fanno parte della miscela di composti che ci circonda. È da quando è stato impossibile trattenere queste in-

All'inizio del XXI secolo era ormai chiaro che i PFAS sono o si degradano in sostanze chimiche persistenti, e in molti casi bioaccumulabili

formazioni in contesti esclusivamente privati che la ricerca sul rapporto tra PFAS e salute è cominciata e non si è più fermata. Al momento, ci sono forti indizi che la presenza di PFAS nell'organismo possa comportare un rischio più elevato di malattie della tiroide, tumore ai reni, tumore ai testicoli, aumento dei livelli di colesterolo, ridotto sviluppo del feto, danni al fegato, ritardo nello sviluppo delle ghiandole mammarie, minore efficacia delle vaccinazioni. È molto difficile dimostrare una relazione netta tra esposizione a una specifica sostanza e insorgenza di una malattia, come può avvenire nel caso di esposizione più o meno prolungata all'amianto.

I PFAS sono potenzialmente presenti nel sangue della quasi totalità della popolazione mondiale: i ricercatori li hanno trovati nelle più remote popolazioni in Oceania oppure nel sangue degli Inuit, popolazione indigena dell'Artico che vive tra Stati Uniti, Canada e Groenlandia. I PFAS agiscono come interferenti endocrini, grazie alla loro spiccata propensione a legarsi all'albumina, la più abbondante proteina del plasma sanguigno.

«L'albumina che abbiamo nel sangue è una proteina di trasporto. Quando il corpo produce ormoni, questi devono viaggiare, per esempio, dall'ipofisi al fegato, al pancreas o alle ghiandole surrenali», spiega Jamie DeWitt, professoressa di farmacologia e tossicologia alla Brody School of Medicine della East Carolina University, negli Stati Uniti, nonché una delle figure più rilevanti nella ricerca sugli effetti immunotossicologici dei PFAS. «Gli ormoni si legano all'albumina e talvolta ad altre proteine plasmatiche per essere trasportati fino al punto in cui devono arrivare.



David Pintens/Belga Mag/AFP via Getty Images

Un passaggio del trattamento di rifiuti
contenenti sostanze PFAS presso l'azienda
Indaver di Anversa, in Belgio.

095326



Quindi l'albumina è quasi come un sistema di taxi nel nostro corpo», riassume la ricercatrice.

«Ci sono diversi motivi per cui le proteine si attaccano e si staccano. Molte di esse hanno a che fare con l'affinità o con il gradimento della proteina da parte di una sostanza. Nel nostro organismo ci sono proteine che hanno una certa dimensione, una certa forma o una certa carica, positiva e negativa. E tutto questo determina la capacità di aderire a qualcosa come l'albumina. Quando una sostanza come il PFOA si lega all'albumina, occupa il posto che sarebbe stato riservato, per esempio, a un ormone. Questo è uno dei motivi per cui i PFAS sono identificati come composti chimici che alterano il sistema endocrino. Di conseguenza, il corpo potrebbe modificare la quantità di ormoni che produce perché vede o percepisce che non ce ne sono abbastanza o che ce ne sono troppi. In sintesi: i PFAS confondono e alterano questi meccanismi con tutte le conseguenze che sospettiamo esserci», conclude DeWitt.

Una recente analisi condotta dal Nordic Council of Ministers (il forum intergovernativo dei paesi del Nord Europa) ha stimato quali possano essere le ricadute economiche derivate dagli impatti dei PFAS sulla salute. Secondo lo studio, intitolato *The cost of inaction* (il costo dell'inazione), in Europa la spesa sanitaria annua come conseguenza dell'esposizione ai PFAS si aggira tra i 52 e gli 84 miliardi di euro. Si tratta di costi che non sono compensati da chi inquina, ma sono sostenuti dal sistema sanitario e dai contribuenti.

Di fronte ai sempre più numerosi indizi di pericolosità dei PFAS a catena lunga, in alcune parti del mondo si è intervenuti per vietarne l'impiego. Le aziende produttrici di questi composti hanno sostituito i prodotti a catena lunga con loro omologhi a catena corta. Secondo quanto dichiarato ripetutamente dalle industrie produttrici, questi nuovi PFAS a catena corta non comporterebbero

rischi per la salute, poiché – a differenza dei PFAS a catena lunga – non si bioaccumulano. È così che PFOA e PFOS hanno ceduto il passo a prodotti come GenX oppure cC604. Nonostante i proclami aziendali, però, i problemi sono emersi anche con i PFAS di nuova generazione.

Sostituzioni deplorablevoli

I PFAS a catena corta rientrano nelle sostanze che, in gergo, si chiamano *regrettable substitutions*, traducibile come «sostituzioni deplorablevoli». In altre parole, ci si trova davanti per l'ennesima volta alla stra-abusata e stra-citata pratica gattopardesca del «cambiare tutto per non cambiare niente». «I PFAS a catena corta vengono eliminati dall'organismo più rapidamente. Beviamo acqua e, per esempio, gli acidi perfluoroalchilici C₄ (PFAA), o PFPA o PFPS, passano attraverso il corpo e quindi non è più un problema accumularne i livelli per lungo tempo. Tuttavia, il loro ingresso nell'organismo è continuo. Ma, in generale, la preoccupazione maggiore è la persistenza nell'ambiente: non se ne vanno», chiarisce Martin Scheringer, professore dell'Istituto di biogeochimica e dinamica degli inquinanti del Politecnico federale di Zurigo. «Il bioaccumulo può essere minore rispetto ai PFAS a catena lunga, ma i PFAS a catena corta entrano regolarmente nell'organismo a causa della loro massiccia diffusione. Si spostano con estrema facilità. Rimangono stabili. Più li si usa e più aumentano. In molte parti del mondo i PFAS sono addirittura nella pioggia. Eliminarli è impossibile. La bonifica su aree vaste è del tutto al di fuori delle nostre possibilità», continua Scheringer.

Più ci si addentra nell'universo dei PFAS e più i problemi aumentano. Per evitare la loro dispersione nell'ambiente si ricorre a sistemi come i filtri a carboni attivi. Quando questi filtri sono esausti, però, il problema si ripresenta. Per essere inceneriti servono temperature che quasi nessun inceneritore può raggiungere.

Jim West/KSP/AGF

095326



Un cartello avverte di non mangiare pesce pescato nelle acque di questo laghetto nell'area metropolitana di Detroit, negli Stati Uniti, a causa dell'inquinamento da PFAS (a fronte); sopra, prelievi di terreno fortemente inquinato dalle stesse sostanze nella base militare di Katterbach, in Germania.

re. Spesso il risultato è che i PFAS introdotti in un inceneritore si disperdono in aria e si diffondono sempre di più. I prodotti che li contengono e che a un certo punto smettiamo di usare giacciono nelle discariche di tutto il mondo. Il percolato penetra il terreno, i PFAS si spostano, entrano nelle falde e viaggiano ancora. Gli impianti che producevano sostanze ora vietate in Europa o negli Stati Uniti sono trasferiti in altre nazioni dove questa produzione non è ancora regolamentata. Un esempio è quello di MITENI, fabbrica italiana al centro di uno scandalo che ha riguardato la contaminazione delle acque che servivano 350.000 persone. La società indiana Viva Lifesciences Private Limited ha acquistato la fabbrica. I macchinari sono stati smontati, trasportati e reinstallati in India, dove proseguiranno le loro attività di sempre. Il problema si sposta, ma non si elimina mai.

Negli anni ci sono stati diversi tentativi di stabilire limiti per la presenza di PFAS in acque superficiali, sotterranee, nel suolo e nell'aria. La questione della concentrazione di sostanza in varie matrici è stata spesso usata dalle aziende per minimizzare la pericolosità dei PFAS con cui siamo a contatto ogni giorno. Perché preoccuparsi così tanto dal momento che la presenza di PFAS nell'acqua che beviamo è di qualche microgrammo? Le nuove linee guida proposte dall'EPA negli Stati Uniti indicano chiaramente come i limiti da adottare debbano essere il più possibile vicini allo zero, poiché un numero sempre maggiore di studi sta dimostrando che questi composti possono essere tossici anche in concentrazioni molto basse. In Europa, la direttiva sulle acque potabili raccomanda un valore limite di 0,500 microgrammi per litro per la somma totale di PFAS.

Al contempo, sono sempre di più le spinte per una regolamentazione su produzione, uso ed emissione nell'ambiente dei PFAS. Si tratta di iniziative lodevoli ma di sicuro non risolutive. Una regolamentazione sui PFAS dovrebbe avvenire in maniera omoge-

nea a livello mondiale, cosa che per ora è impossibile. D'altronde siamo ancora nel mezzo di un cammino incerto, in cui tra le spinte che ci fanno avanzare (o indietreggiare) si celano anche gli interessi privati.

Quando inquinare conviene

Spesso le autorità pubbliche cercano di applicare il principio della deterrenza per evitare che le aziende inquinino. Questo principio, riassunto in breve, indica che se le autorità regolatorie applicano una sanzione sufficientemente alta e sufficientemente probabile, le imprese saranno poco propense a inquinare, spaventate dalle conseguenze che dovrebbero affrontare. Nel caso dei PFAS, il principio di deterrenza non ha funzionato perché le aziende riescono a minare in maniera molto efficace la capacità di infliggere la sanzione da parte delle autorità.

È il caso, per esempio, della DuPont, negli Stati Uniti, responsabile di un noto caso di inquinamento diffuso. Nel febbraio 2017 DuPont ha risolto un contenzioso, per un importo di 670 milioni di dollari, che riguardava le emissioni dello stabilimento di produzione in West Virginia. «Anche se i consiglieri di amministrazione della società avessero previsto l'ammontare esatto della pena, l'ipotesi di essere scoperti era remota e la pena era bassa: continuare a inquinare era più conveniente», chiarisce Luigi Zingales, economista, professore alla Booth School of Business dell'Università di Chicago e autore dello studio intitolato *Is pollution value-maximizing? The DuPont case* (L'inquinamento è un valore massimizzante? Il caso DuPont), pubblicato insieme al suo collega Roy Shapira.

Zingales illustra come «uno dei fattori fondamentali è il fatto che la prima decisione di continuare a inquinare è stata cosciente, e venne presa nel 1984, quando i vertici della società erano già a conoscenza della tossicità e della dispersione in ambiente delle sostanze prodotte. La "punizione" cominciò a intravedersi negli an-

Daniel Karmann/picture alliance via Getty Images

095326



ni duemila, per poi manifestarsi nel concreto solo nel 2015-2016. Quindi c'è un ritardo enorme che è il risultato di una intensa attività di *lobbying* della società stessa. È quello che si definisce un "ritardo endogeno"; le imprese si adoperano per aumentare questo ritardo e minare il meccanismo di deterrenza. Quindi è questo il vero problema: l'azienda controlla la maggior parte delle informazioni e la loro diffusione».

Le aziende riescono a diluire i tempi addirittura molto prima che un caso di inquinamento venga soltanto ipotizzato. È estremamente difficile avere a disposizione gli standard analitici dei PFAS, ovvero una sostanza di riferimento, di elevata purezza, necessaria per procedere ad analisi e misurazioni sui territori. È il caso, per esempio, dello standard del cC6O4 prodotto da Solvay, negato per anni e soltanto di recente fornito in quantità che, a detta di molti ricercatori, sono ridicole.

Essenziali o no?

Di fronte alla vastità dell'universo dei PFAS e alle enormi difficoltà nel cogliere il senso profondo di ogni aspetto legato a queste sostanze, si è proposto di bandire l'intera classe dei composti per e polifluoroalchilici. Si tratta di una proposta che, già oggi, appare irrealizzabile. Una decisione del genere dovrebbe essere condivisa da qualsiasi nazione del mondo, dalla Cina agli Stati Uniti, passando per l'India. Ci sono paesi che non hanno nemmeno ratificato la Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti. Altri lo hanno fatto con un ritardo senza giustificazioni, come chi ha firmato nel 2001 e ha ratificato soltanto a luglio 2022, più di un ventennio dopo. Il senso di una regolamentazione molto stringente e dal respiro globale servirebbe a individuare, infine,

quelli che sono gli usi essenziali e quelli non essenziali dei PFAS. Si tratta, però, di un ragionamento che mette in forte crisi quelle che sono le personali inclinazioni al consumo di ogni essere umano. Che cosa riteniamo «essenziale»? Uno strato impermeabile sulla nostra cravatta oppure uno strumento per la dialisi? Un bicchiere in carta riciclata che sia anche idrorepellente? Oppure una batteria al litio che possa durare a lungo?

Le alternative all'uso di PFAS ci sono per una quantità sempre più numerosa di prodotti, come nel caso dei rivestimenti a base di silicone per i capi d'abbigliamento. Nel 2019 un gruppo internazionale di ricercatori, figure multidisciplinari di spicco nella ricerca su queste sostanze, ha proposto di eliminare gradualmente l'uso dei PFAS in base a quanto questi offrano proprietà necessarie per la salute e la sicurezza. Il gruppo ha proposto di dividere i prodotti in tre categorie: non essenziali, sostituibili, essenziali. Si tratterebbe di rivoluzionare un meccanismo di produzione, vendita e impiego che è ormai permeato ovunque. Come se non bastasse, c'è anche una questione di differente consapevolezza del problema tra diverse aree del mondo. In Africa gli studi sull'inquinamento da PFAS si contano sulle dita di una mano. Poco si sa di come si stia affrontando il problema in Medio Oriente. In America Latina la ricerca sui PFAS è recentissima, come nel caso dello studio sul sangue di 252 donne brasiliane in gravidanza che ha analizzato la presenza di 13 diversi composti perfluorati. La ricerca ha dimostrato una forte associazione tra presenza di PFAS e ridotto sviluppo del feto.

«In America Latina ci sono ancora enormi lacune di dati su un problema che, per il momento, ha avuto attenzione soltanto nel cosiddetto mondo occidentale», puntualizza la professores-

Luigi Naticci/AGF

09526



Donne del movimento «Mamme no PFAS» nel bosco a ridosso della MITENI, l'azienda di Trissino, in Veneto, visibile sullo sfondo. I macchinari sono stati smontati, trasportati e reinstallati in India.

sa Marília Cristina Oliveira Souza, del Laboratorio di tossicologia analitica dell'Università di São Paulo, in Brasile, e una delle poche scienziate che si occupano di questi temi in Sud America. Oliveira Souza spiega come «in America Latina solo pochi laboratori siano dotati di un'adeguata capacità analitica, la maggior parte di essi si trovano in due-tre nazioni. I programmi di ricerca incentrati su questi composti sono pochissimi, fino a qualche anno fa non esistevano nemmeno».

Ovunque, le opportunità di fare ricerca e imporre limiti per la presenza di PFAS nelle matrici ambientali dipendono direttamente dalle risorse presenti sul posto, come le strumentazioni capaci di garantire limiti di quantificazione e rilevabilità molto bassi. Nel giugno 2022 l'EPA aveva indicato come limiti per PFOA e PFOS rispettivamente 0,004 parti per trilione (ppt) e 0,02 ppt, ovvero due limiti che tendono allo «zero tecnico», una sorta di limite ideale. Alla fine dello stesso anno l'Organizzazione mondiale della Sanità (OMS) ha pubblicato, per la prima volta, la bozza di quelle che potrebbero essere le linee guida per la presenza nell'acqua potabile di PFOA e PFOS. L'OMS ha proposto limiti per l'acqua potabile di 100 ppt per entrambi i composti. La bozza ha scatenato l'indignazione di numerosi scienziati coinvolti nella ricerca sui PFAS.

L'OMS, secondo le critiche, ha respinto in maniera arbitraria centinaia di studi, pubblicati negli anni, che rendono evidenti i problemi legati alla presenza di PFAS nell'organismo. Alcuni hanno fatto notare come la bozza di documento contenga errori im-

perdonabili rispetto ad alcuni principi di base della tossicologia. Per altri sembra che «l'OMS abbia semplicemente scelto di ignorare gli ultimi vent'anni di ricerca».

In Giappone, il Ministero dell'ambiente ha vietato la produzione, l'importazione e l'uso di 56 composti affini al PFOA. A febbraio 2023 la European Chemical Agency (ECHA) ha reso pubblica la proposta per una forte restrizione nella produzione, commercializzazione e uso dei PFAS nel continente. La proposta – avanzata da Danimarca, Germania, Norvegia, Paesi Bassi e Svezia – riguarda circa 10.000 sostanze e costituirebbe «uno dei più grandi divieti sui composti chimici mai adottati in Europa». Sono due gli scenari che potrebbero presentarsi: un divieto senza deroghe con un periodo di transizione di 18 mesi oppure un divieto con deroghe fino a 5 o addirittura 12 anni, per consentire ai produttori di trovare alternative. Il bando, se approvato, potrebbe entrare in vigore nel 2026 o nel 2027.

Per i produttori, una decisione simile avrebbe un impatto enorme su molti beni di uso quotidiano, perché non esistono alternative per qualsiasi cosa che contenga PFAS. È per questo che le industrie si sono radunate in sodalizi come FluoroProducts and PFAS for Europe (FPP4EU) per portare avanti le proprie posizioni nel corso di un dibattito che durerà mesi, probabilmente anni. Dall'altra parte, associazioni come Health and Environment Alliance (HEAL) – la principale organizzazione europea che unisce le realtà che si occupano di salute e ambiente a livello europeo – hanno apprezzato la proposta, perché permetterebbe di ridurre le emissioni di PFAS alla radice.

In generale, le iniziative per limitare o regolamentare con serietà un'ulteriore diffusione dei PFAS non mancano, benché queste avvengano in maniera disomogenea e quasi mai su scala globale. Inoltre bisogna ancora capire se queste iniziative avranno qualche tipo di successo oppure no.

Eredità dell'Antropocene

Per il momento l'umanità cammina con passo incerto in un universo chimico esplorato soltanto in minima parte. Le decisioni sui PFAS influenzeranno la storia ambientale umana su larga scala. Le sostanze per- e polifluoroalchiliche, infatti, possono già essere considerate un'eredità dell'Antropocene, pronta a essere consegnata agli esseri umani di domani.

Forse, tra secoli, gli archeologi del futuro scaveranno il terreno e si troveranno dinanzi a misteriosi reperti, che potranno datare grazie all'analisi della presenza o meno di PFAS. Ed è così che capiranno che un oggetto risale a quella bizzarra epoca compresa tra il XX e il XXI secolo. In un futuro prossimo, invece, l'umanità di oggi dovrà accettare il fatto che i PFAS sono uno dei motori di un'economia circolare deviata e pericolosa. Il cerchio si chiude e non si spezza mai. I PFAS sono ormai parte dei nostri destini, e lo saranno per sempre. ■

Questa inchiesta fa parte del «Forever Pollution Project», realizzato da Le Monde (Francia), NDR, WDR e Süddeutsche Zeitung (Germania), RADAR Magazine e Le Scienze (Italia), The Investigative Desk e NRC (Paesi Bassi) con il sostegno finanziario di Journalismfund.eu e Investigative Journalism for Europe (IJ4EU); ulteriormente indagato e pubblicato da Knack (Belgio), Denik Referendum (Cechia), Politiken (Danimarca), YLE (Finlandia), Reporters United (Grecia), SRF (Svizzera), Datadista / el Diario.es (Spagna), Watershed Investigations / The Guardian (Regno Unito); e sostenuto da Arena for Journalism in Europe.