



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Area Metropolitana
Venezia Padova Rovigo Treviso

Identikit dei PFAS: cosa sono, dove si trovano e perché sono pericolosi

Come una scoperta casuale si è trasformata in una delle
sfide ambientali e industriali più difficili

Il fluoro (1/2)

«Il fluoro avrà mai applicazioni pratiche?»

Dal discorso di Henry Moissan per l'assegnazione del premio Nobel per la chimica del 1906 per la scoperta del fluoro avvenuta nel 1886.

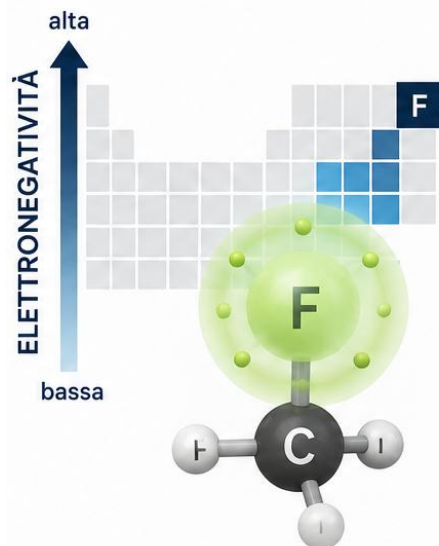
«Caro Henry, cento quarant'anni dopo la tua formidabile scoperta, la presenza del fluoro è la sfida tecnologica più urgente dei tuoi pro-nipoti !»



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Il fluoro (2/2)

1 IL FLUORO È
L'ELEMENTO PIÙ
ELETTRONEGATIVO



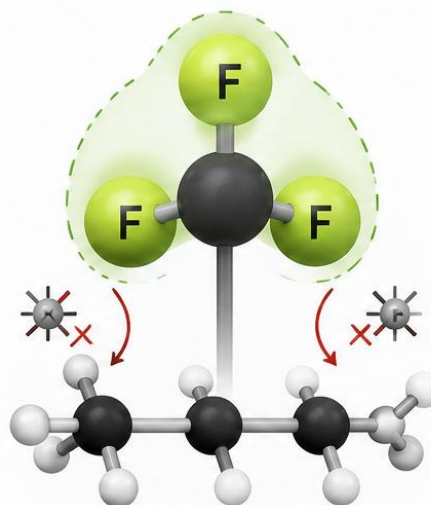
2 IL LEGAME
CARBONIO-FLUORO
È IL PIÙ STABILE



Energia di dissociazione
legame singolo (kJ/mol)

C-F ≈ 485
C-H ≈ 413
C-C ≈ 348

3 L'INGOMBRO STERICO
DEL GRUPPO -CF₃
PROTEGGE LO SCHELETRO
IDROCARBURICO



Idrorepellenza

Oleorepellenza

Inerzia chimica

Stabilità termica

Bassa tensione superficiale

Basso attrito

Geometria molecolare



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Cosa sono i PFAS? (1/2)

«PFAS: sostanze per- e polifluoroalchiliche che contengono almeno un gruppo metilico completamente fluorurato ($-\text{CF}_3$) oppure un gruppo metilenico completamente fluorurato ($-\text{CF}_2-$), senza altri atomi di idrogeno, cloro, bromo o iodio attaccati allo stesso atomo di carbonio».

Definizione proposta dall' OCSE, 2021.

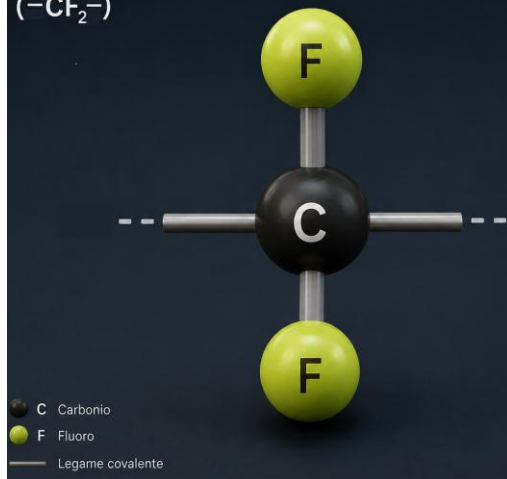
Questa nuova definizione applicata ai database di sostanze chimiche (es. [PubChem](#)) annovera tra i PFAS circa 7 milioni di sostanze !



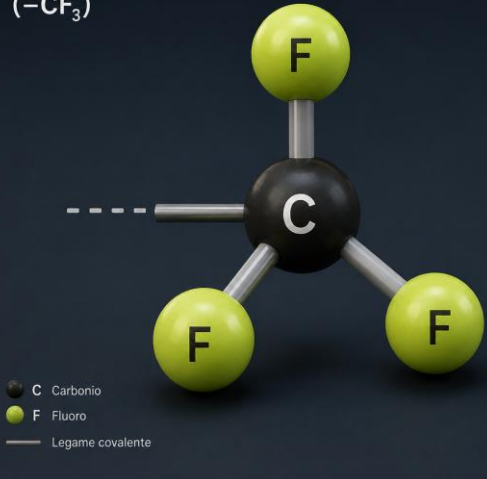
CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Cosa sono i PFAS? (2/2)

Gruppo difluorometilenico
($-\text{CF}_2-$)



Gruppo trifluorometilico
($-\text{CF}_3$)

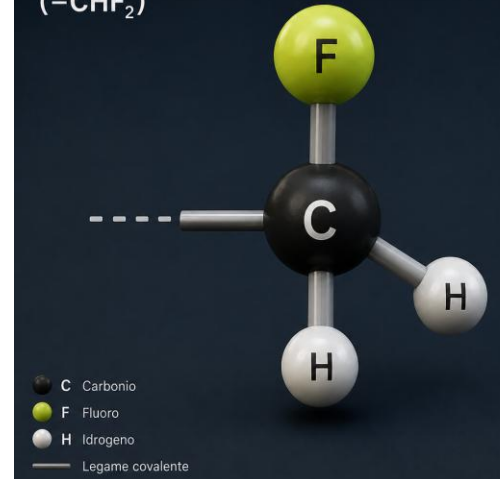


DI SINTESI
UMANA

La definizione di PFAS **copre** sostanze esclusivamente di origine antropica

Circa 7 milioni di sostanze

Gruppo monofluorometilico
($-\text{CHF}_2$)



DI ORIGINE
NATURALE

La definizione di PFAS **non copre** sostanze di origine naturale

Circa 20 sostanze



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Storia dei PFAS (1/3)



1938: Robert J. Plunkett durante una ricerca sui freon scopre casualmente il PTFE.

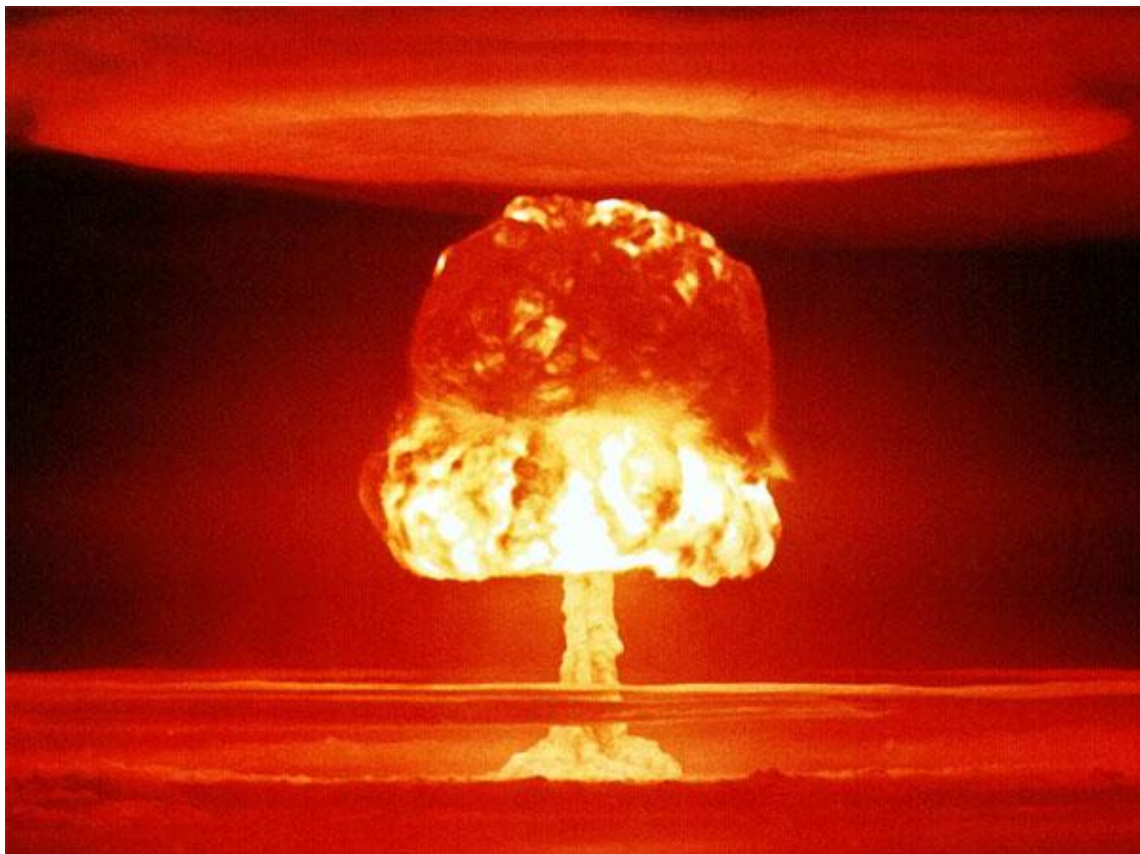
«Gli scienziati hanno descritto l'invenzione del PTFE come "un esempio di serendipità, un lampo di genio, un colpo di fortuna — persino una combinazione di tutti e tre". Qualunque siano state le circostanze, una cosa è certa: il PTFE ha rivoluzionato l'industria della plastica, dando origine ad applicazioni illimitate a beneficio dell'umanità.»

Chemours, *The History of Teflon™ Fluoropolymers*.



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Storia dei PFAS (2/3)



- 1939: inizio del progetto Manhattan per la produzione della bomba atomica;
- Necessità di materiali organici resistenti alle condizioni estreme dei processi di arricchimento dell' uranio fissile (U^{235}) rispetto all'uranio non fissile (U^{238});
- Messa a punto del processo Simmons (ECF) per la produzione dei primi PFAS.

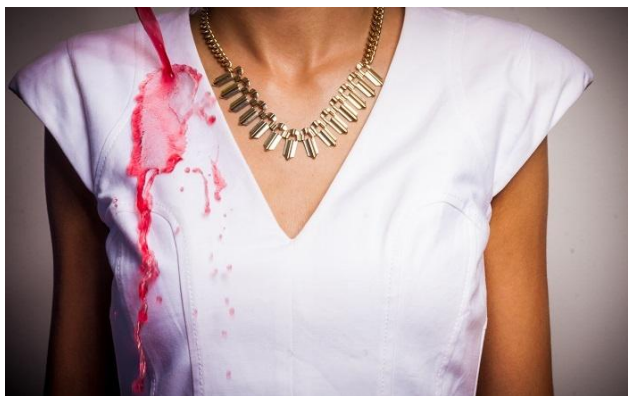


Storia dei PFAS (3/3)



- 1954: Marc Grégoire brevetta la prima pentola antiaderente creando il marchio Tefal®;
- 1957: viene commercializzato il primo prodotto della linea Scotchgard® per la protezione delle superfici inventato da Patsy Sherman della 3M;
- Da i primi anni '60 si sono moltiplicate le applicazioni dei PFAS nei più svariati settori tecnologici.

I PFAS nell'industria tessile, conciaria, cartaria



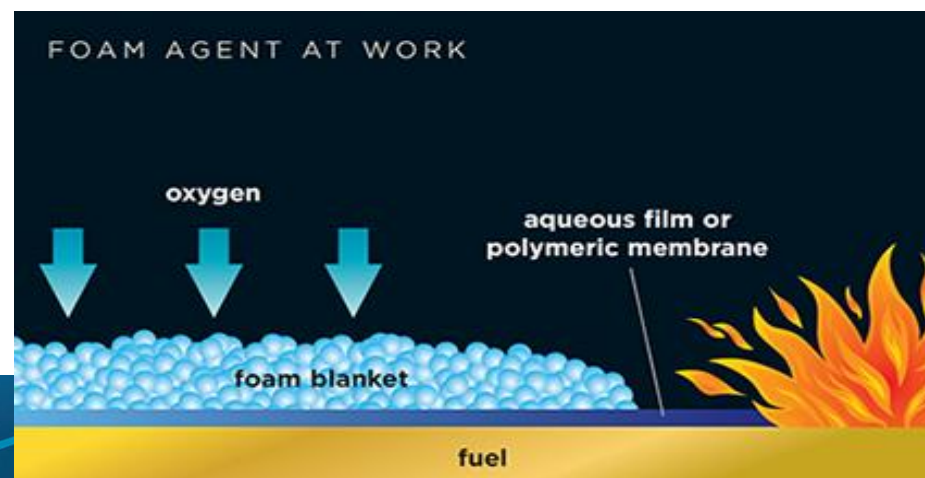
CONFINDUSTRIA
VENETO EST

I PFAS in altri trattamenti superficiali



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

I PFAS nelle schiume antincendio

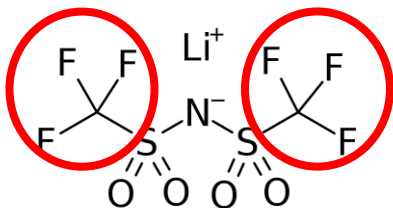


CONFININDUSTRIA
VENETO EST

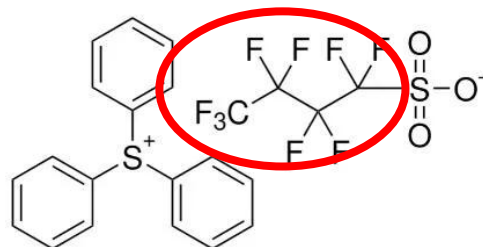
I PFAS nell'industria elettronica



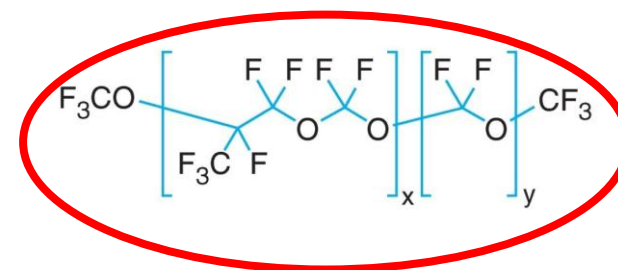
Batterie allo stato solido



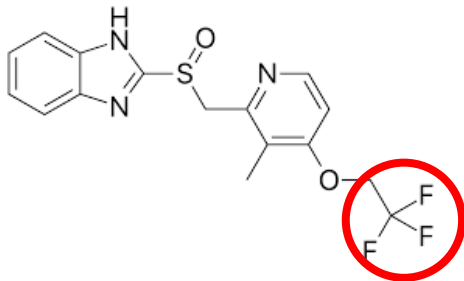
Fotolitografia microchip



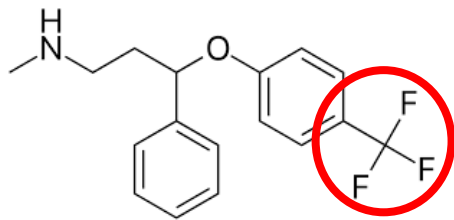
Fluidi di raffreddamento



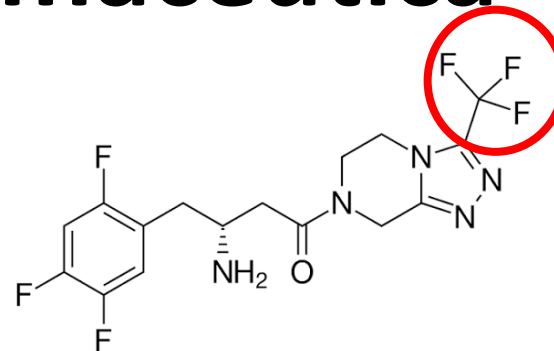
I PFAS nell'industria farmaceutica



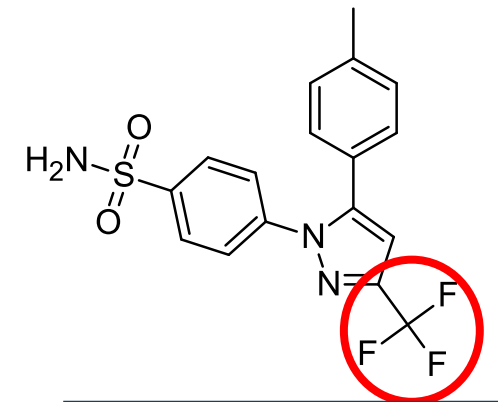
Lansoprazolo
(gastro-protettore)



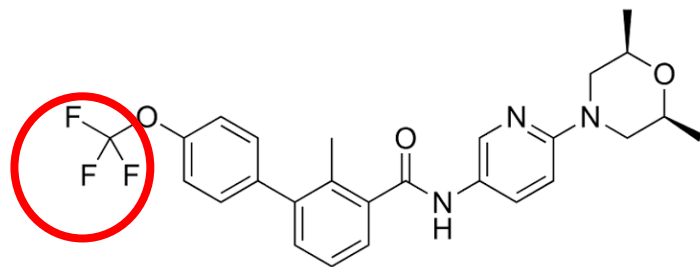
Fluoxetina
(anti-depressivo)



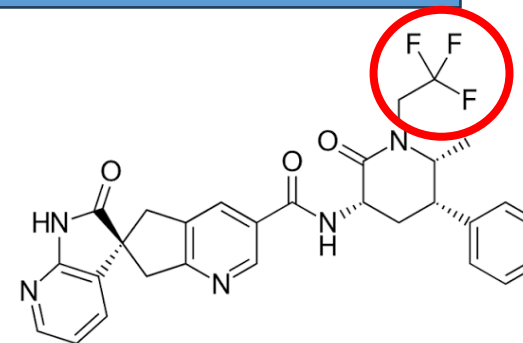
Sitagliptin
(anti-diabetico)



Celecoxib
(anti-infiammatorio)



Sonidegib
(Anti-tumorale)



Ubrogepant
(Anti-emicrania)

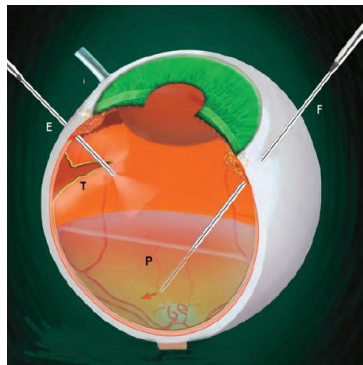


CONFINDUSTRIA
VENETO EST

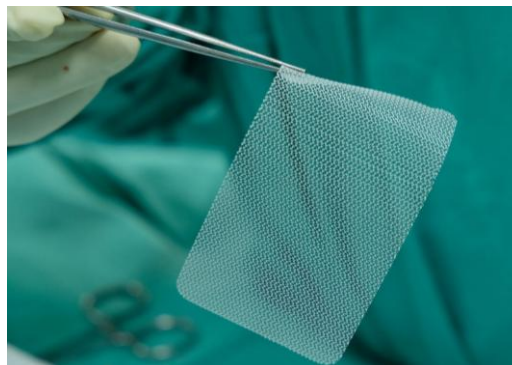
I PFAS nell'industria medica



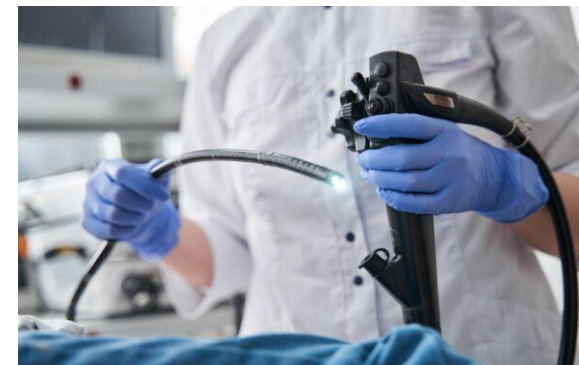
Perftoran®
(sangue artificiale)



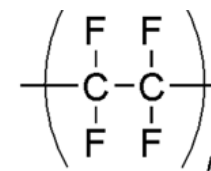
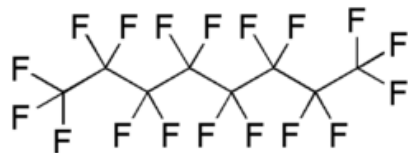
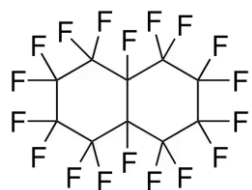
Alcon®
(umore vitreo)



Teflon®
(ernie ventrali)



Teflon®
(endoscopi)



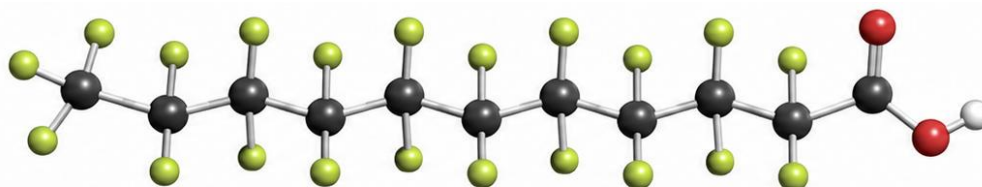
Usi dei PFAS

Su 4,730 sostanze PFAS identificate dal database OECD/UNEP 2018 (per numero CAS), solo 256 sostanze — meno del 6% del totale — hanno un uso commerciale documentato. Per il restante 94% non esiste una relazione commerciale nota.

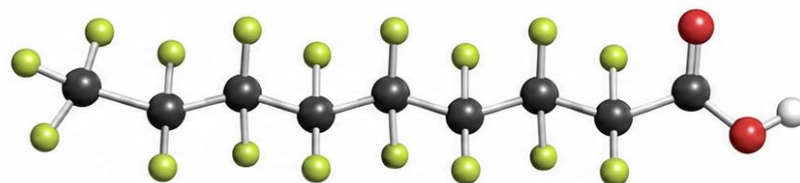
Buck, R.C., Korzeniowski, S.H., Laganis, E., & Adamsky, F. (2021). "Identification and classification of commercially relevant per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS)." Integrated Environmental Assessment and Management, 17(5), 1045–1055.

Il ruolo della lunghezza di catena (1/3)

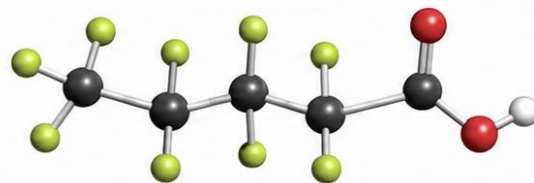
Acido
perfluorottanoico
(PFOA)



Acido
perfluoroesanoico
(PFHxA)



Acido
perfluorobutanoico
(PFBA)

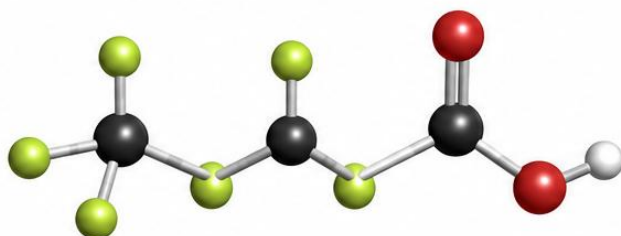


- Più lunga è la catena perfluorurata, minore è l'energia superficiale generata → migliore la prestazione come repellente/tensioattivo, a parità di dose;
- Per questo il C8 (PFOA, PFOS) è stato per decenni lo standard prestazionale del settore;
- Le catene corte (C6, C4) funzionano, ma richiedono dosaggi più alti per ottenere lo stesso risultato tecnico;

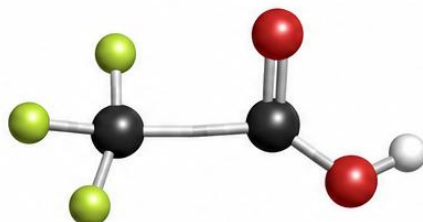


Il ruolo della lunghezza di catena (2/3)

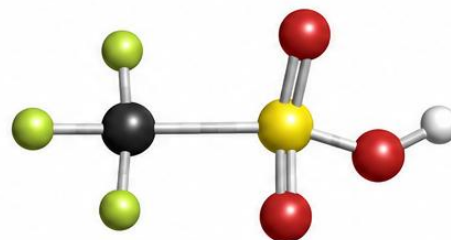
Acido
perfluoropropionico
(PFPrA)



Acido
trifluoroacetico
(TFA)



Acido
trifluorometansolfonico
(TFMSA)

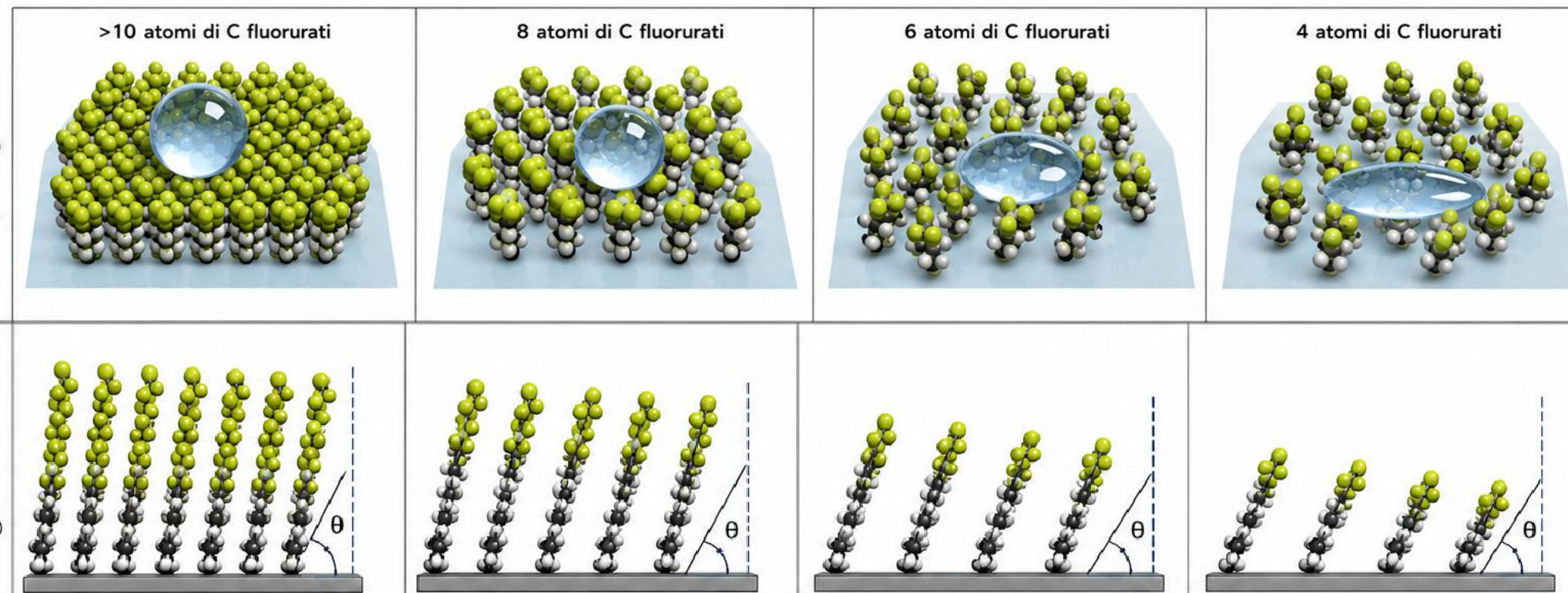


- Le catene ultra corte (C1-C3) hanno applicazioni limitate per i trattamenti superficiali;
- Diffuso utilizzo nell'industria farmaceutica, elettronica;
- Prodotti di degradazione dei freon anche di ultima generazione HFO;

Il ruolo della lunghezza di catena (3/3)

Alta densità di fluorurazione
Massimo ordine superficiale
Massima idrofobicità

Bassa densità di fluorurazione
Minore ordine superficiale
Minore idrofobicità



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Pericolosità dei PFAS (1/3)

Catene lunghe (C8, C6)

Effetti sulla salute	Effetti sull'ambiente
Estremamente persistenti e bioaccumulabili (tempo di emivita di 3-5 anni).	Estremamente persistenti e bioaccumulabili (tempo di emivita di 3-5 anni)
Tumore rene, testicoli, vescica, malattie della tiroide, ipertensione gestazionale, ipercolesterolemia (C8)	Nessuna via di degradazione naturale nota, trasferimento lungo la catena alimentare
Aumento degli enzimi epatici, riduzione della bilirubina, effetti neurocomportamentali, ipertrofia degli epatociti, riduzione di globuli rossi ed ematocrito, effetti endocrini (C6)	Forte affinità per il suolo concentrandosi nelle fonti di rilascio
	Relativamente semplici da rimuovere dalle acque con tecnologie tradizionali (es. adsorbimento, scambio ionico).



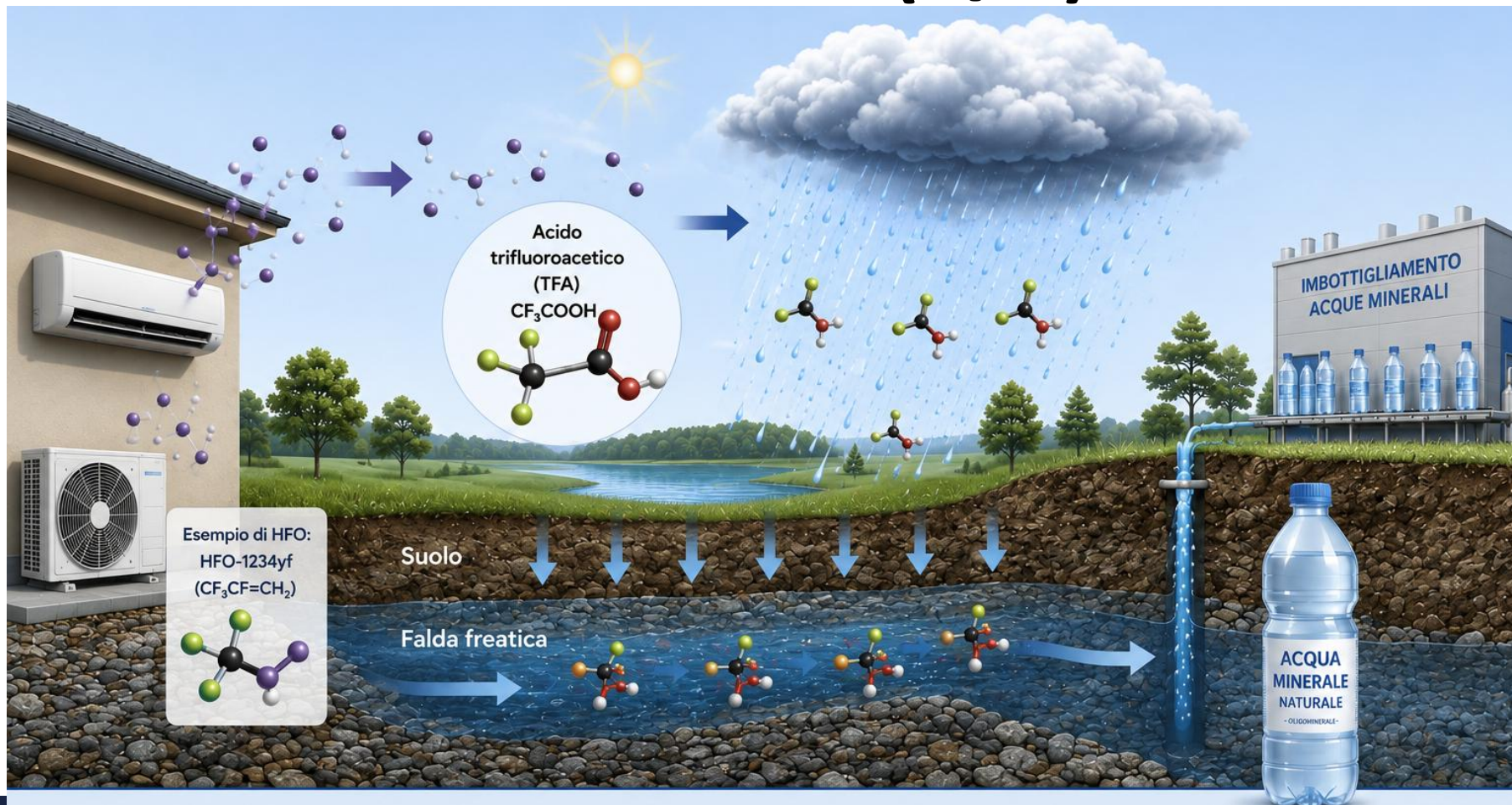
Pericolosità dei PFAS (2/3)

Catene corte (C4) e ultra corte (C1-C3)

Effetti sulla salute	Effetti sull'ambiente
Ridotto/assente bioaccumulo	Estrema persistenza
Dosi di riferimento maggiori rispetto alle catene lunghe	Nessuna via di degradazione naturale nota
Acido trifluoroacetico (TFA) tossico per la riproduzione 1B (ECHA RAC, giugno 2026)	Si producono per degradazione di freon anche di ultima generazione
	Le catene ultra-corte sono i PFAS più abbondanti nell'ambiente.
	Praticamente impossibili da rimuovere con le tradizionali tecniche di trattamento delle acque



Pericolosità dei PFAS (3/3)



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Una sfida complessa

Per oltre 70 anni — dalla scoperta casuale del PTFE nel 1938 a oggi — abbiamo costruito interi settori industriali e tecnologici sfruttando in profondità le proprietà uniche del legame carbonio-fluoro: inerzia chimica, resistenza termica, idro e oleorepellenza, bassissimo attrito. È una chimica che oggi permea quasi ogni aspetto della vita quotidiana, ben oltre ciò che è visibile a un primo sguardo.

Ridimensionarne l'uso senza creare ostacoli all'industria e alla tecnologia sarà quindi una sfida complessa: non una singola sostituzione, ma un equilibrio da costruire settore per settore, tra tutela della salute e dell'ambiente e continuità industriale e tecnologica.



CONFINDUSTRIA
VENETO EST

Slide divisoria