



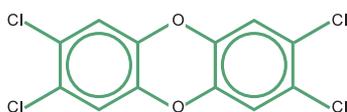
Di diossine si parla quasi tutti i giorni, spesso a sproposito, specie da quando il tema dei rifiuti è diventato un'emergenza nazionale. Il pericolo delle diossine è reale, e tuttavia per valutarlo nella sua reale portata dobbiamo imparare a conoscere le diossine. Si tratta di una grande famiglia costituita da 210 composti organici aromatici clorurati; in primis con il termine "diossine" si indica un gruppo di 75 molecole organiche consimili di policloro-dibenzo-diossine (PCDD) e 135 molecole organiche consimili di policloro-dibenzo-furani (PCDF), ma solo 17 di essi hanno un interesse tossicologico, invero 7 di PCDD e 10 di PCDF.

La **tossicità delle "diossine"** trae origine dal numero e dalla posizione degli atomi di cloro legati all'anello aromatico, infatti le più tossiche possiedono 4 atomi di cloro legati agli atomi di carbonio dell'anello aromatico.

Nella terminologia corrente il **termine "diossina"**, al singolare questa volta, è usato come sinonimo del **tetracloro-dibenzo-p-diossina (TCDD)**, ossia quel congenere maggiormente tossico, riconosciuto cancerogeno per l'uomo, che ha 4 atomi di cloro.

Il TCDD allo stato cristallino è una sostanza solida inodore, di colore bianco, con punto di fusione di 307°C, termostabile fino

a 800°C, liposolubile, resistente ad acidi ed alcali.



Il TCDD è chimicamente degradabile in pochi giorni dalla radiazione solare ultravioletta in presenza di donatori di ioni idrogeno, ad esempio a contatto con il fogliame verde delle piante; oppure dilavato nel terreno, si lega al materiale organico ivi presente e viene degradato molto lentamente.

Le "diossine" hanno caratteristiche singolari, sono molecole semivolatili, termostabili, scarsamente polari, **insolubili in acqua, altamente liposolubili**, estremamente resistenti alla degradazione chimica e biologica.

Nel suolo si legano alla frazione organica presente e, una volta "legate" e concentrate su una superficie, rappresentata, ad esempio, dalla fase solida del suolo, ri-

mangono parzialmente immobili: a causa della loro insolubilità in acqua non tendono a migrare in profondità.

Pur essendo scarsamente idrosolubili, trovano nell'acqua un'ottima via di diffusione una volta adsorbite sulle particelle minerali ed organiche presenti in sospensione.

Le caratteristiche chimico-fisiche sopra richiamate, fanno diventare tali sostanze facilmente trasportabili dalle correnti atmosferiche, e, in misura minore, dai fiumi e dalle correnti marine, rendendo così possibile la contaminazione di luoghi lontani dalle sorgenti di emissione.

Proprio per la loro tendenza ad accumularsi nei tessuti viventi, anche un'esposizione prolungata a livelli minimi può recare danni. Mediamente il **90% dell'esposizione umana alle diossine avviene attraverso gli alimenti** e non direttamente per via aerea: il fenomeno del bioaccumulo fa sì che

Cresce la paura delle diossine: Sono pericolose?

La tossicità di questi composti trae origine dal numero e dalla posizione degli atomi di cloro legati all'anello aromatico: i più tossici possiedono 4 atomi di cloro legati agli atomi di carbonio dell'anello aromatico

“ Le “diossine” hanno caratteristiche singolari, sono molecole insolubili in acqua, estremamente resistenti alla degradazione chimica e biologica. ”

la diossina risale alla catena alimentare umana **concentrandosi sempre più**, a partire dai vegetali, passando agli animali erbivori, ai carnivori ed infine all'uomo.

L'origine delle diossine

Le “diossine” vengono generate come sottoprodotti, non voluti, di numerosi processi chimici di sintesi relativi ai composti clorurati e a processi di combustione non controllata che coinvolgono vari prodotti o rifiuti contenenti composti clorurati.

Le emissioni industriali di diossine possono essere trasportate per grandi distanze dalle correnti atmosferiche, e, in misura minore, dai fiumi e dalle correnti marine. In base al più recente inventario delle emissioni di diossine (1995), le maggiori fonti industriali di diossine in Europa, in grado di coprire il 62% delle diossine immesse in atmosfera, sono:

- Inceneritori per rifiuti urbani (26%)
- Fonderie (18%)
- Inceneritori rifiuti ospedalieri (14%)
- Attività metallurgiche diverse dal ferro (4%)

Il restante 38% è attribuito a:

- Impianti riscaldamento domestico a legna (legna trattata)
- Incendi
- Traffico

Nei processi di combustione, come è noto, si liberano le “diossine”. Possiamo classificarli in almeno tre tipologie:

Combustioni involontarie

- incendi accidentali ed all'aperto (di materiali eterogenei, quali rifiuti urbani, pneumatici, ecc.), il cui contributo risulta di difficile quantificazione e valutazione;
- incendi boschivi in presenza di composti chimici clorurati per la combustione di lignina e cellulosa;
- eruzioni vulcaniche con meccanismo di produzione di *diossine* analogo agli incendi boschivi.

Combustioni volontarie

- rifiuti solidi urbani (incenerimento);
- fanghi (incenerimento);
- carburante/combustibili nei processi di fusione dei metalli ferrosi e non ferrosi;
- carburante/combustibili nei processi di produzione del cemento.

Combustioni controllate per la produzione di energia

- trasporti (per l'utilizzo di combustibili che contengono composti clorurati);
- combustione di legno trattato;
- combustione di oli combustibili.

Di seguito, in tabella 1, sono indicate le principali **sorgenti di “diossine” da combustione**, suddivise in **puntuali**, più facilmente misurabili e controllabili, e **diffuse**, difficilmente misurabili e controllabili.

Sorgenti puntuali

Incenerimento rifiuti: Rifiuti solidi urbani, ospedalieri, combustione di residui plastici generati da pratiche agricole, combustione di gomme o pneumatici, rifiuti incontrollati, fanghi da acque reflue.

Industria dell'acciaio: Acciaierie, impianti di sintesi, produzione lastre d'acciaio.

Impianti di riciclaggio: Metalli non ferrosi (fusione; Al, Cu, Pb, Zn, Sn).

Produzione di energia: Impianti alimentati con combustibili fossili, legno, biogas da discarica.

Sorgenti diffuse

Traffico: Automobili e mezzi pesanti.

Riscaldamento domestico: Carbone, olio, gas, legno.

Casuali: Combustione PCB, incendi negli edifici, incendi boschivi, incendi di materiali vari all'aperto, eruzioni vulcaniche.

Tabella 1: Sorgenti di “diossine” da combustione



Diossine nella catena alimentare

Oggi, di sicuro le "diossine", possono determinare un inquinamento cronico, pressoché ubiquitario e possono dar luogo ad eventi che, con una nuova accezione del termine, potremmo definire "emergenze ambientali".

Infatti, si possono verificare situazioni in cui vi sono particolari catene alimentari che, attraverso fenomeni di bio-accumulo e attività lavorative o abitudini antropiche, che portano le concentrazioni a livelli pericolosi per l'ambiente e per l'uomo anche a fronte di una presenza di inquinanti bassa, o addirittura bassissima, che non comporterebbero rischi immediati e chiaramente identificabili.

La gestione di queste situazioni richiede studi ambientali, anche complessi, che consentano di individuare particolari pratiche/abitudini antropiche e eventuali catene alimentari critiche per l'uomo, o gli animali, ed infine l'adozione di strumenti conoscitivi quali l'analisi di rischio per valutare la necessità e la tipologia delle possibili azioni mitigative o contenitive.

Sulla base delle conoscenze ad oggi disponibili, il meccanismo

primario di ingresso delle diossine nella nostra catena alimentare, sembrerebbe essere la deposizione atmosferica in fase di vapore sulle foglie delle piante e, parzialmente sul terreno, ingeriti successivamente dagli animali.

Le "diossine", come già detto, sono sostanze che si accumulano nei tessuti adiposi degli organismi viventi, quando erba e/o suolo sono contaminati esse sono veicolate attraverso il cibo degli

animali e sono accumulate nel grasso delle loro carni e nel grasso del latte prodotto.

In generale, per aree non particolarmente interessate da emissioni a carattere industriale, la

presenza di diossine nell'ambiente deriva, prevalentemente, non dalle emissioni attuali, ma dall'accumulo continuo e prolungato di quantità, anche piccole, di questi contaminanti nei cosiddetti "accumuli ambientali".

Mentre l'ingresso delle "diossine" nella catena alimentare acquatica avviene, soprattutto, ad opera del particolato che viene trasferito nell'ambiente acquatico. Il fatto che le diossine sono solubili nei grassi ed hanno una bassa solubilità in acqua, questo determina che esse siano adsorbite ai com-

posti organici e bio-accumulate negli organismi acquatici con diverse modalità di assunzione.

L'assunzione di diossine da parte degli organismi acquatici avviene attraverso la bio-concentrazione dall'acqua e il trasferimento nelle reti trofiche.

La quantità di diossine bio-accumulate da tali organismi dipende fortemente, oltre che dalla concentrazione di diossine presenti nell'ambiente acquatico, dalla percentuale di contenuto in grasso dell'organismo.

Dalle considerazioni sopra esposte si può quindi concludere che le "diossine" sono contaminanti ubiquitari; in conseguenza di ciò tutti noi abbiamo accumulato una quantità di "diossine" più o meno significativa che varia in funzione delle abitudini alimentari, delle caratteristiche dell'ambiente che ci circonda, delle caratteristiche fisiche.

Infine, occorre ricordare che non tutte le "diossine", presenti nell'ambiente, risultano essere "bio-disponibili", ovvero essere in forma tale da "passare" nella catena alimentare e provocare un impatto sulla salute. La biodisponibilità dipende dalle caratteristiche ambientali (suolo, acque, sedimenti) e dalle caratteristiche del contaminante.

Vie di contatto con le diossine

L'uomo può venire in contatto con le diossine attraverso tre principali fonti di esposizione:



- accidentale;
- occupazionale;
- ambientale.

La prima riguarda contaminazioni dovute a sinistri di natura industriale, la seconda riguarda gruppi ristretti di uomini professionalmente esposti, come nel caso di coloro che lavorano nella produzione di pesticidi o determinati prodotti chimici.

L'esposizione ambientale, infine, può interessare ampie fasce della popolazione e può avvenire, per lo più, attraverso l'alimentazione con cibo contaminato, anche se vi possono essere altre vie di esposizione quali l'inalazione di polvere o il contatto.

Recenti studi hanno stimato che circa il 95% dell'esposizione alle "diossine" avviene attraverso cibi contaminati ed, in particolare, di grassi animali, come risulta dal grafico sottostante.

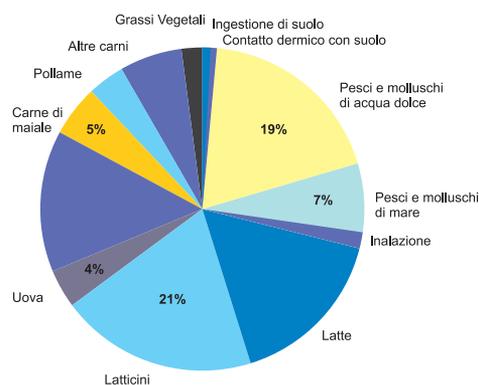


Figura 1: Esposizione a PCDD, PCDF e PCB

L'assunzione di latte e latticini contaminati rappresenta approssimativamente il 37% dell'esposizione, tuttavia una percentuale apprezzabile del totale deriva dall'assunzione di carni bovine, suine e di pesce.

I prodotti di origine vegetale contribuiscono in piccola percentuale. Il metodo migliore per ridurre l'esposizione a queste sostanze risulta essere, ad oggi, l'adozione di un regime alimentare povero di grassi animali.

Tossicità delle diossine

Generalmente le "diossine" non vengono rilevate nelle diverse matrici come singoli composti, ma come miscele complesse dei diversi consimili o congeneri; si ribadisce, inoltre, che non tutti i consimili sono

tossici o lo sono alla stessa maniera.

Per riuscire a esprimere la tossicità dei singoli consimili, è stato introdotto il concetto fattore di tossicità equivalente (TEF).

I fattori di tossicità equivalente si basano sulla considerazione che i PCDD e i PCDF sono composti strutturalmente simili che presentano il medesimo meccanismo strutturale di azione, attivazione del recettore cellulare Ahr, che è un fattore trascrizionale genico, la cui anomala modulazione conduce ad **effetti distruttivi sulle funzioni vitali della cellula**.

I TEF vengono calcolati confrontando l'affinità di legame dei vari composti organo-clorurati con il recettore Ahr, rispetto a quella della 2,3,7,8-TCDD, considerando l'affinità di questa molecola come il valore unitario di riferimento.

Per esprimere la concentrazione complessiva di diossine nelle diverse matrici si è introdotto il concetto di *tossicità equivalente* (TEQ) che si ottiene sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni, espresse con l'unità di misura della matrice in cui vengono riscontrate, ovvero:

$$TEQ = \sum_{i=1}^n (C_i \approx TEF_i)$$

Salvatore Montanino