

# EMISSIONI DEGLI INCENERITORI E RICADUTE SULLA SALUTE PUBBLICA

La valutazione dei danni alla salute derivanti dalle attività di gestione dei rifiuti risulta particolarmente complessa, in ragione della molteplicità delle sostanze chimiche emesse e della loro elevata **potenzialità diffusiva e persistenza ambientale**.

A complicare ulteriormente la valutazione degli effetti sanitari di queste attività concorrono le innumerevoli trasformazioni chimiche a cui sono soggette le sostanze in entrata ai vari siti di incenerimento: tali **trasformazioni** rendono gli **inquinanti emessi decisamente più tossici** delle sostanze da cui si sono originati, ma sono, in particolare, la **difficoltà di controllo dei materiali** che vengono sottoposti ad incenerimento e l'**imprevedibilità** delle condizioni fisico-chimiche che si realizzano **durante la combustione dei rifiuti a condizionare fortemente la quantità e la qualità degli inquinanti in uscita dai camini**.

La valutazione dell'impatto sanitario del trattamento dei rifiuti è da tempo materia di indagini epidemiologiche che, utilizzando metodologie statistiche via via più complesse e specifiche, hanno preso in considerazione l'effetto confondente delle maggiori variabili socio-economiche disponibili, hanno concentrato l'attenzione su una lista di *outcomes* sempre più ricca e articolata ( patologie conclamate, effetti teratogeni, problematiche riproduttive, patologia auto-dichiarata, percezione del proprio stato di salute, ecc. ) ed hanno interessato popolazioni numerose, di differenti paesi e spesso combinate in indagini multicentriche o multisito.

Tali indagini sono peraltro caratterizzate da notevole complessità e difficoltà di ordine tecnico, in particolare connesse alla **compresenza** di diverse fonti di inquinamento nella stessa area geografica, ai lunghi **tempi di latenza** fra l'esposizione ed il manifestarsi del danno alla salute e alla difficoltà di definire oggettivamente i livelli di esposizione individuale, soprattutto a livello di studi di popolazione. L'uso di *biomarcatori di esposizione* ha solo parzialmente risolto il

problema, e i costi e l'invasività di queste pratiche costituiscono ancora un limite al loro utilizzo.

Esistono, altresì, elementi per dimostrare come gli inquinanti più pericolosi (metalli pesanti, *molecole diossino-simili* e particolato ultrafine) prodotti ed emessi dagli inceneritori, si diffondano in ambiente per centinaia di chilometri e ***inquinano le catene alimentari***, limitando ulteriormente il valore delle indagini epidemiologiche analitiche per una corretta valutazione dell'impatto ambientale e sanitario di tali impianti.

## **LE PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INQUINANTI EMESSE DAGLI INCENERITORI**

Gli inquinanti rilasciati con maggior frequenza nelle matrici ambientali prossime ai siti di smaltimento dei rifiuti sono rappresentate da **metalli, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), acidi (fluoridrico e cloridrico), gas (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO), policloroderivati** ( policlorobifenili, diossine, furani), **particolato** di dimensioni variabili, comprese le **particelle ultrafini, cloruri di vinile**; le sostanze emesse possono essere assunte dall'organismo *attraverso l'inalazione, il contatto dermico e l'ingestione di acqua o cibo contaminati*.

E' importante sottolineare che, a seguito dei fenomeni di *bioaccumulo* e *biomagnificazione* lungo le catene alimentari, **l'uomo**, essendo all'apice del processo, **rappresenta la specie vivente maggiormente a rischio**.

### METALLI PESANTI

L'Associazione Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica come provati o sospetti *cancerogeni* le sostanze chimiche in base al livello di evidenza scientifica rilevata. Sulla base di tale valutazione, **molti dei metalli emessi dagli inceneritori (arsenico, berillio, cadmio, cromo esavalente, nickel) risultano provati cancerogeni per polmone, vescica, rene, colon e prostata**.

Fra i metalli pesanti, il *cadmio* risulta correlato anche con l'insorgenza di cardiopatie ischemiche; *piombo* e *mercurio*, neurotossici e in grado di interferire con lo sviluppo neuropsichico del feto e del bambino, sono stati messi, anche di recente,

in relazione con la “pandemia silenziosa” di autismo- dislessia-difficoltà di apprendimento e ADHD che concerne oltre il 10% dei bambini nel Nord del pianeta e con la patogenesi della malattia di Alzheimer nell’adulto.

Il *cadmio* viene rilasciato in forma elementare e di ossido dai processi ad alta temperatura, tra cui l’incenerimento dei rifiuti. Esso tende ad accumularsi nel suolo, entrando nella catena alimentare: gli alimenti che ne sono più ricchi sono il latte, la carne, il pesce e la frutta. I gruppi di popolazione a rischio di danno da esposizione a cadmio sono anziani, diabetici, fumatori ; le donne presentano maggior assorbimento intestinale e maggiori conseguenze nei disturbi del metabolismo osseo (osteoporosi, osteomalacia e fratture spontanee).

Il *piombo* si trova legato al particolato atmosferico, soprattutto a particelle di 0,2-1 nanomicon e, come il cadmio, può essere trasportato a grandi distanze: centinaia o migliaia di km. Anch’esso si deposita sul suolo, e ne consegue l’ingestione dell’uomo con gli alimenti. I gruppi di popolazione maggiormente a rischio sono i lattanti, i bambini, le donne in età fertile. L’esposizione a piombo provoca effetti neurologici, cardiovascolari e renali. L’esposizione prenatale può compromettere lo *sviluppo neurologico* con conseguenti deficit di attenzione e di controllo degli impulsi e riduzione della *performance* scolastica.

### GLI INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI

Fra le più pericolose emissioni da inceneritori sono i composti che originano dalla combustione di plastica e sostanze analoghe. Fra esse si annoverano: gli *idrocarburi policiclici aromatici*(IPA), i *ritardanti di fiamma bromurati*, i *policlorobifenili* (PCB), le *diossine*, i policlorodibenzofurani ( *furani*) ecc. Molte di queste sostanze sono persistenti, hanno una bassissima solubilità in acqua e una scarsissima degradabilità per via chimica e biologica. Date queste caratteristiche esse tendono a spostarsi dall’ambiente verso i tessuti grassi degli *organi bersaglio*, in particolare il fegato, e a bioaccumularsi negli organismi viventi.

I *composti organici clorurati*, e in particolare le *molecole diossino-simili*, originano principalmente dalla combustione delle materie plastiche; si caratterizzano per essere anch’esse bioaccumulabili, liposolubili, e particolarmente persistenti

nell'ambiente; sono assunti principalmente attraverso la *catena alimentare*. Le diossine sono un gruppo numeroso di congeneri (419 tipi attualmente riconosciuti), di cui 30 considerati tossici dall'OMS e quindi misurati. La tossicità di questi composti si misura in miliardesimi di milligrammo, e per convenzione la si rapporta alla diossina TCDD (già coinvolta nel disastro di Seveso, e riconosciuta cancerogeno certo per l'uomo). In Europa, le fonti di queste sostanze sono gli impianti di incenerimento dei RSU, dopo le acciaierie. Visto il frequente superamento dell'esposizione di fondo nei paesi europei, bisognerebbe evitare qualunque ulteriore fonte di esposizione.

Il loro meccanismo d'azione si esplica con legami ad uno specifico recettore nucleare (AHR), fattore di trascrizione dell'informazione genetica, assieme al quale si lega ad alcuni recettori per gli estrogeni, interferendo sulla trascrizione di numerosi geni.

I composti organici clorurati fanno parte della sempre più numerosa famiglia dei cosiddetti interferenti endocrini o "***endocrine disruptors***": definizione comparsa in letteratura negli ultimi decenni del XX secolo per designare molecole naturali o di sintesi (xenobiotici, fitoestrogeni) e altri agenti chimici (metalli pesanti, ecc.) dotati di proprietà *ormono-mimetiche*, non strettamente dipendenti dalla loro struttura e conformazione chimico-fisica. Tali agenti inquinanti agiscono secondo più meccanismi, attivando con meccanismo mimetico o, al contrario, occupando e bloccando recettori ormonali specifici; interferendo a vario livello con i normali percorsi biochimici innescati dagli ormoni "naturali"; bloccando la produzione, il trasporto o il metabolismo di ormoni e recettori. Tutto questo a dosi infinitesimali, equivalenti a quelle degli ormoni stessi. Si tratta quindi di un'azione tossica non acuta, ma più temibile, dovuta ad esposizione cronica a dosi bassissime (sempre più frequentemente raggiunta nelle normali condizioni di vita/esposizione).

Le alterazioni più note e studiate in vari organismi vanno dai problemi di sviluppo e crescita, alle funzioni metaboliche, ai disturbi della funzione sessuale e della sfera riproduttiva. Ma è sempre più evidente che gli effetti patologici secondari alla diffusione di centinaia/migliaia di tali diverse sostanze in vari organi e tessuti,

potrebbero essere, proprio a causa del particolare meccanismo d'azione , assai più numerosi e vari: ivi comprese *patologie neurologiche ed immunomediate*.

E' stato infine recentemente provato che gli *endocrine disruptors* sono in grado di produrre, negli organismi in via di sviluppo, alterazioni dell'assetto epigenetico di organi e tessuti tali da determinare una trasmissione e amplificazione transgenerazionale del danno. Lo sviluppo embrio-fetale è la fase della vita in cui maggiore è la suscettibilità agli agenti infettivi, inquinanti e tossici, specie se accumulati nei tessuti osseo e adiposo materni. Gli effetti potranno essere teratogeni diretti o anomalie dello sviluppo morfo-funzionale già evidenti alla nascita , ma diventa probabile anche un'alterazione della programmazione epigenetica, destinata a manifestarsi soltanto in età adulta .

### IL PARTICOLATO ULTRAFINE

Con il termine **particolato ultrafine** (PM- dall'inglese "particulate matter") si fa riferimento all'insieme di particelle solide e liquide che si trovano sospese nell'aria che respiriamo. Tali particelle sono diverse tra loro per dimensione, origine, composizione e proprietà: si va da quelle composte da poche molecole a quelle grandi quanto lo spessore di un capello.

Le particelle importanti per la nostra salute sono solo quelle con diametro inferiore a 10 millesimi di millimetro, cioè 10 micron, che sono *inalabili*, e per le quali viene usata la sigla PM10. Si depositano sulle vie aeree superiori, dove sono situati i principali sistemi di difesa respiratoria, con effetti infiammatori.

Allo stesso modo si usa la sigla PM 2,5 per le particelle con diametro inferiore a 2 micron e mezzo, che sono *respirabili* perché riescono a penetrare fino agli alveoli e pertanto molto pericolose. Sono direttamente correlate alla mortalità per neoplasie polmonari e soprattutto per malattie cardiovascolari.

Ancora più piccole e pericolose sono le Particelle UltraFini (UFP) non più grandi di qualche milionesimo di millimetro e in grado di attraversare tutte le principali barriere biologiche (la parete alveolare, la barriera ematoencefalica, le membrane plasmatiche e nucleari) e di penetrare in ogni distretto dell'organismo e nello stesso nucleo.

PM10 e PM2,5 possono essere di origine naturale (ceneri vulcaniche, sabbie del deserto, aerosol marino, pollini) oppure di origine antropica; le UFP, invece, sono il prodotto di processi termochimici, necessitano di alte temperature e sono per la quasi totalità di origine antropica: da attività industriali, trasporti e incenerimento dei rifiuti.

Il meccanismo patogenetico non è basato sul peso del particolato inalato, ma sul numero delle particelle che entrano in contatto con gli alveoli; a causa della loro dimensione, pari a quella di un virus, possono attraversare la parete alveolare e, penetrando all'interno della cellula, indurre uno stato di infiammazione sistemica, interferendo con le più delicate funzioni, sia di programmazione che di trascrizione del *genoma*.

La capacità degli attuali sistemi di combustione di lavorare a temperature elevate incrementa la quota di particelle fini e ultrafini che non possono essere completamente trattenute dai sistemi di abbattimento dei fumi, dal momento che anche i più efficienti filtri secondo le *migliori tecnologie disponibili (BAT)* sarebbero tutt'al più in grado di trattenere efficientemente particelle al di sopra di *0,8 micron*.

## **LE EVIDENZE EPIDEMIOLOGICHE**

La letteratura segnala su queste tematiche oltre un centinaio di lavori scientifici. Fra questi, diverse decine sono costituiti da *studi epidemiologici* condotti per indagare lo stato di salute delle popolazioni residenti nei dintorni di tali impianti e/o dei lavoratori addetti. Nonostante le diverse metodologie di studio applicate e i numerosi fattori di confondimento esaminati, in molti di questi lavori sono segnalati numerosi effetti avversi sulla salute, sia neoplastici che non.

Gli effetti non neoplastici segnalati sono ascrivibili soprattutto agli effetti di diossine (e più in generale degli *endocrine disruptors*) e all'emissione di particolato e agli ossidi di azoto. Sono stati descritti: alterazioni del metabolismo degli estrogeni, incremento dei nati femmine e dei parti gemellari, incremento di malformazioni congenite, ipofunzione tiroidea, disturbi nella pubertà, ma anche diabete, patologie cerebrovascolari, ischemiche, cardiache, problemi comportamentali, tosse persistente, bronchiti, allergie.

Un ampio studio condotto in Giappone su 450.807 bambini ha evidenziato una **relazione statisticamente significativa** fra vicinanza della scuola all'impianto di incenerimento e sintomi quali: difficoltà di respiro, mal di testa, disturbi di stomaco, stanchezza.

Più solide sono le evidenze concernenti le patologie neoplastiche. Una revisione di **46** studi, selezionati in quanto condotti con particolare rigore, ha evidenziato **un incremento statisticamente significativo** nei 2/3 degli studi che hanno analizzato incidenza, prevalenza, mortalità per cancro. In particolare, **sono ben documentate l'associazione con linfomi non Hodgkin, cancro del polmone, neoplasie infantili e sarcomi.**

Anche il recente studio condotto sulla popolazione di un quartiere di Forlì (Coriano) esposto a due impianti di incenerimento (rifiuti urbani e ospedalieri) ha evidenziato gravi danni per la salute, specie nel sesso femminile, con aumento significativo del rischio di morte per tutte le cause e soprattutto per tutti i tumori (in particolare mammella, colon, stomaco).

Occorre ricordare che l'incenerimento **sposta il problema delle discariche, ma non lo risolve**: il 20-30% della massa dei rifiuti in ingresso cui si aggiunge un 3-5 % di rifiuti pericolosi (ceneri volanti e residui degli impianti di abbattimento dei fumi) hanno la necessità di discariche di servizio. Anche per queste esistono conferme di tumori, malformazioni fetali e neonati sottopeso.

## **CONCLUSIONI**

**La limitata disponibilità di dati scientifici sull'impatto sanitario dei moderni impianti non coincide con una mancanza di evidenza.** Il Principio di Precauzione (PP) induce ad attenersi a linee di "prudenza storica", considerando che:

-le patologie correlate a tali esposizioni sono caratterizzate da tempi di latenza lunghi e, *allo stato attuale*, l'unica *valutazione epidemiologica* possibile, relativamente agli effetti sanitari dei nuovi inceneritori, potrebbe riguardare *sintomatologie o patologie acute*;

-le metodologie epidemiologiche utilizzate basandosi su fonti di dati ambientali ancora molto carenti, risultano limitate nel prevedere *l'effetto sinergico* (con possibile amplificazione logaritmica) che l'esposizione ai nuovi impianti di incenerimento può generare in popolazioni già esposte a numerose fonti di inquinamento. Il Veneto è già ora uno dei luoghi con inquinamento atmosferico altissimo, tra i più alti del Pianeta, con tassi di incidenza di patologie cosiddette "da benessere" (cancro della mammella in primis) con un primato proporzionale;

- l'esposizione agli agenti inquinanti (epi)genotossici, sempre più diffusi in ambiente e catene alimentari, è tale da poter determinare sulla salute umana, non solo e non tanto anomalie dello sviluppo morfo-funzionale evidenti alla *nascita* ed espresse nei *primi anni di vita* (v. incremento delle neoplasie infantili), ma anche alterazione nella *programmazione* di organi e tessuti e quindi *patologie cronico-degenerative* che, già oggi in costante incremento nel mondo industrializzato, sono *destinate a manifestarsi soltanto in età adulta*.

La crescente consapevolezza di questa realtà e la diffusa *responsabilità* civica di molti dovrebbe metterci nella prospettiva di usare Scienza e Tecnologia per darci ulteriori strumenti di *studio, interpretazione, proposte* per quanto riguarda la gestione dei rifiuti e le sue ricadute sull'ambiente e sulla salute della popolazione.

Ricordiamo i ritardi nell'eliminare il *piombo* dalla benzina, da vernici e smalti ( di grave impatto sul sistema nervoso dei bambini) e nell'attuare le misure pubbliche contro il fumo di tabacco e l'amianto: anche in questo caso, l'attesa forse troppo lunga di dati probanti e la mancata applicazione del Principio di Precauzione potrebbero trasformare un *problema di igiene pubblica* in un *grande problema sanitario*.

**Testo rielaborato** dall'articolo delle Dr.sse Gentilini e Franchini "Inceneritori e danni alla salute umana", pagg.139-164, tratto dal libro "GESTIONE DEI RIFIUTI E RISCHI PER LA SALUTE" (curato da Burgio e Faggioli, Edizioni Medico Scientifiche, 2009), contenente ulteriori informazioni ed un'ampia bibliografia scientifica, a cura della **Dott.ssa Chiara GIAGGIO**, dell'**Associazione dei Medici per l'Ambiente (A.M.A. ) TV** .

**Mogliano Veneto , 31 ottobre 2009**