

DIOSSINE, AMBIENTE E SALUTE

di Federico Valerio

Dicembre 2008

Le diossine sono cancerogene

Nel 1976, un incidente nell'industria chimica "ICMESA" di Seveso, rese famigliare il nome di una classe di composti chimici, fino allora sconosciuta ai non addetti ai lavori: le diossine. Il volto deturpato dall'acne di una bambina di Seveso fece il giro del mondo e mise tutti davanti agli effetti devastanti prodotti dall'esposizione acuta a questi composti.

Ci sono voluti venti anni per porre fine all'accesa polemica, scoppiata subito dopo Seveso, sui danni prodotti dalle diossine, a seguito di un'esposizione cronica, a basse dosi, quale quella prodotta dagli inceneritori di rifiuti urbani.

Nel 1997, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro [1] pubblicava i risultati sulla valutazione della tossicità della Tetra Cloro Dibenzo para Diossina (TCDD), ovvero la più pericolosa tra le circa trenta molecole appartenenti alla classe chimica denominata diossine.

Il verdetto formulato dagli esperti indipendenti dell'Agenzia non lasciava dubbi: **la TCDD è cancerogena per l'uomo** e l'esposizione a questo composto aumenta il rischio di particolari tumori quali i sarcomi dei tessuti molli e le leucemie.

Negli anni successivi era anche confermato un particolare effetto tossico di questo composto a danno del sistema endocrino, in grado di alterare i delicati meccanismi degli ormoni, a dosi estremamente basse e anche a seguito di esposizione prenatale [2].

Altri studi suggerivano possibili correlazioni tra esposizione a diossine ed insorgenza di diabete [3, 4].

Diossine, Furani e Policloro Difenili Diossino simili

La TCDD fa parte di una numerosa famiglia di composti chimici formata da centinaia di diverse molecole, definibili come cloro organici. In questi composti, la presenza di atomi di cloro conferisce particolari proprietà tossiche.

Nei cloro organici, a seconda della composizione, si individuano diverse famiglie di composti denominati: Diossine, Furani, Poli Cloro Bifenili (PCB). Alcuni PCB hanno dimostrato una attività tossicologica simile a quello delle diossine e pertanto sono stati inclusi nella famiglia dei composti diossino simili.

In questo testo, per semplicità, tutti questi composti (diossine, furani, PCB diossino simili) saranno definiti come diossine.

Ogni diossina ha una propria tossicità, anche molto diversa da composto a composto. Inoltre, gran parte delle diverse diossine sono contemporaneamente presenti nell'aria, nel suolo, negli alimenti e la loro composizione varia a seconda della fonte che le ha emesse e delle reazioni chimico-fisiche che possono avvenire nel lungo tragitto che le porta dal camino alla nostra tavola. Pertanto, per poter confrontare correttamente la tossicità di queste diverse miscele è stato introdotto il concetto di Tossicità Equivalente (TEQ).

In sintesi, per calcolare la Tossicità Equivalente di una miscela di diossine, furani e PCB, si moltiplica la quantità di ognuno di questi composti per un fattore proporzionale alla tossicità stimata per quella specifica molecola, messa a confronto con la tossicità della TCDD.

La somma di tutte le tossicità equivalenti così calcolate, permette di attribuire un valore di tossicità ad ogni miscela esaminata, equivalente a quella di una simile quantità di tetra-cloro-dibenzo-p-diossina (TCDD) ovvero la diossina che ha prodotto il disastro di Seveso.

Tutti i valori di diossina riportati di seguito sono stati calcolati con questo sistema e questo è indicato dalla sigla TEQ.

Dosi tollerabili giornaliere

Anche a seguito dell' autorevole giudizio della IARC, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nel 1998, riuniva i suoi consulenti per riesaminare il valore della Dose Giornaliera Tollerabile di diossina che la stessa Organizzazione, nel 1991, aveva fissato a 10 picogrammi TEQ (pg TEQ) per chilo di peso corporeo.

L'inconsueta unità di misura, il picogrammo, richiede una spiegazione, con riferimento ad una unità di peso più familiare, il milligrammo: **un picogrammo equivale ad un miliardesimo di milligrammo**. Quantità così piccole sono giustificate dalla elevata tossicità di questi composti.

Alcuni anni dopo, i nuovi dati sulla cancerogenicità delle diossine suggerirono l'opportunità di un ulteriore abbassamento di questo limite: tra uno e quattro picogrammi per chilogrammo di peso (pg TEQ/kg).

Nel 2001, come strategia comunitaria per ridurre l'esposizione della popolazione a diossine [5] si proponeva l'obiettivo, per tutta la popolazione europea, di ridurre la dose personale giornaliera al di sotto di due picogrammi TEQ, per chilo di peso.

Questa norma significa che, giornalmente, una persona di 70 chili, potrebbe assumere al massimo 140 picogrammi TEQ di diossine (70 kg x 2 pg TEQ/kg), mentre per un bambino di 5 chili la dose giornaliera di diossine non dovrebbe superare 10 picogrammi TEQ.

L'assunzione di diossine avviene anche per inalazione e contatto ma, come spiegheremo meglio di seguito, la principale via di contaminazione avviene attraverso gli alimenti, in particolare quelli più ricchi in grassi: burro, formaggi, latte, pesce e carne.

Con il cibo introduciamo nel nostro organismo oltre il 90 % delle diossine che vengono in contatto con il nostro corpo [6].

Per comprendere l'entità del problema segnaliamo che un cittadino belga, nel 2000, ogni giorno, in base alla dieta tipica di quel paese, mangiava 132,9 picogrammi di diossine, in prevalenza attraverso il consumo di latticini, carne e pesce [7], un valore molto vicino alla dose tollerabile giornaliera (140 picogrammi) per ogni cittadino belga di circa 70 chili di peso.

In Italia, in base al consumo di cibo di origine animale che avveniva nel nostro paese intorno al 2000, l'assunzione giornaliera di diossine da questi cibi è stata stimata di circa 7 pg TEQ [8], un valore decisamente più basso di quelli trovati in Belgio, nei piatti di tutti i giorni.

La presumibile minore contaminazione del nostro cibo quotidiano, rispetto a quello dei belgi, è probabilmente merito della nostra dieta mediterranea, più ricca in carboidrati, verdura e frutta, cibi, per loro natura, meno contaminati da diossine rispetto ai cibi di origine animale, tipici delle diete del nord Europa.

E' utile precisare che la Dose Giornaliera Tollerabile proposta dall'OMS e accettata dal Unione Europea, non corrisponde ad una dose sicura (rischio zero) ma è il giusto compromesso tra un rischio aggiuntivo, comunque molto basso, e la concentrazione "naturale" di diossine, nel cibo che mangiamo, nell'acqua che beviamo e nell'aria che respiriamo, in quanto le diossine si formano anche a seguito di eventi "naturali" quali, ad esempio gli incendi di boschi.

Le diossine e la catena alimentare

Il maggior rischio di esposizione a diossine attraverso il cibo e in particolare, carne, pesce e latticini ha una spiegazione: le diossine sono molto stabili dal punto di vista chimico e si sciolgono bene nei grassi.

A causa di queste caratteristiche le diossine, una volta uscite dai camini, hanno la pericolosa e subdola abitudine di concentrarsi, anche di centinaia di volte, lungo la catena alimentare, in particolare nei cibi ricchi di grassi quali, appunto, burro, oli alimentari, latte, formaggi, carne, pesce.

Ad esempio, la "storia" di un po' di diossine immesse nell'aria da un inceneritore potrebbe essere questa: le diossine, dopo essere uscite dal camino ad una concentrazione di qualche decina di picogrammi per metro cubo di fumi, si disperdono nell'aria e la loro concentrazione diminuisce man mano che il vento le allontana dalla sorgente; questa diluizione può essere di alcune migliaia di volte, per cui, quando i fumi arrivano al suolo, ad alcuni chilometri

di distanza, le diossine nell'aria sono a concentrazioni così basse che è necessario ricorrere ad una nuova unità di misura del loro peso: il fentogrammo, mille volte più piccolo del picogrammo.

Dall'aria, per sedimentazione, o trascinate da pioggia e neve, le diossine si depositano sul suolo e se il terreno è indisturbato qui si accumulano, giorno dopo giorno.

Ad esempio, durante gli anni '90, in Belgio [9] si misurava una "pioggia" giornaliera di diossina compresa tra 1 e 65 picogrammi di diossine TEQ per ogni metro quadrato di superficie di questo paese; "pioggia" dovuta alle diverse fonti industriali e civili che, nel 1998, immettevano nella bassa atmosfera belga 220 grammi TEQ di diossine, di cui l'8,9% attribuito all'incenerimento di rifiuti urbani, ospedalieri ed industriali.

Diossine nel terreno e nei sedimenti

E' stato possibile studiare l' accumulo progressivo di diossine nel terreno, analizzando un archivio di campioni di suolo raccolti, a partire dal 1856, nel Sud dell'Inghilterra e provenienti da un campo mai adibito ad uso agricolo [10].

Nel 1856, in un chilo di terreno raccolto in questo campo si potevano trovare 31 nanogrammi TEQ di diossine (un nanogrammo equivale ad un milionesimo di milligrammo, mille volte più grande di un picogrammo). Nei campioni raccolti negli anni successivi, le diossine aumentavano progressivamente (1.2 % all' anno), fino a raggiungere la concentrazione massima nell'1986 (92 ng TEQ/kg).

Pertanto, in 130 anni, la contaminazione da diossine di questo campo è aumentata del 300%, un risultato che conferma come, un terreno contaminato da diossine resta tale molto a lungo, in quanto, a causa della elevata stabilità chimica, la decontaminazione naturale delle diossine è molto lenta.

Studi effettuati in un suolo giapponese [11], mai utilizzato a scopo agricolo, ha permesso di valutare che occorrono almeno 17 anni affinché la quantità di diossine depositatesi al suolo in un determinato periodo si dimezzi, a causa di fenomeni di naturale degradazione .

Un risultato analogo si è ottenuto analizzando i sedimenti di un lago scozzese, (Loch Corie nan Arr) posto in zona remota [12]. La concentrazione di diossine nei sedimenti formati intorno ai primi anni del 1800 era di circa 1 ng TEQ/kg. Questo valore aumentava progressivamente nel tempo, per raggiungere il valore massimo (4.3 ng TEQ/kg) tra il 1930 e il 1949. Successivamente si registrava un leggero calo e la concentrazione nei sedimenti più recenti (1970-1993) era di 3.4 ng TEQ/kg.

Questi dati, relativi alla contaminazione di terreno e di sedimenti sono stati interpretati come l'effetto del trasporto, a lunga distanza, di diossine prodotte da attività industriali o di incenerimento.

Ovviamente, nelle zone industriali la situazione è peggiore. Ad esempio, in Germania [13] nel terreno raccolto nel raggio di 500 metri da un'azienda per il recupero di metalli, la concentrazione di diossine diminuiva esponenzialmente con la distanza da questa fonte, con un valore minimo pari a 12 ng/kg e un valore massimo di 14.000 ng/kg (sic).

Diossine nell'erba

Anche l'erba può essere contaminata dalla diossina. Campioni d' erba raccolti sistematicamente in Inghilterra, nello stesso campo in cui si sono analizzate le diossine nel terreno [10], hanno permesso di verificare che, per un intero secolo, dal 1860 al 1960, la concentrazione di diossine è rimasta stabile e pari a circa 12 ng/kg.

Successivamente, nei campioni d' erba raccolti nello stesso campo, tra il 1961 ed il 1965 e in quelli tra il 1976 e il 1980, si registravano due netti aumenti della concentrazione di diossine, pari a 96 e 85 ng/kg . Questo aumento della concentrazione di diossine, pari a circa sette volte rispetto al valore iniziale, era attribuito, rispettivamente, al maggior uso di pesticidi clorurati e all'aumento della quantità di rifiuti inceneriti, fatti avvenuti in quello stesso periodo.

Anche in questo caso sottolineiamo il fatto che la contaminazione misurata non è attribuibile a cause locali, ma al trasporto degli inquinanti su lunga distanza, anche centinaia di chilometri.

Diossine nel latte

Se l'erba contaminata è mangiata da erbivori, le diossine si trasferiscono dall'erba ai tessuti grassi di questi animali.

In questo caso, lo strato adiposo funziona come "serbatoio" di diossine, da cui, nei soggetti femminili, tali sostanze sono "prelevate" durante l'allattamento, per passare nel latte. Ovviamente questo fenomeno riguarda tutti i mammiferi.

La Tabella I sintetizza i risultati di studi condotti, all'inizio degli anni novanta, sia sul latte di mucche tedesche [14] che di mamme svedesi [15, 16].

Poiché le diossine si concentrano nei grassi e la percentuale di grasso nei vari alimenti può essere molto diverso, si preferisce normalizzare questi dati riportando la quantità di diossine presente nei grassi, di solito si fa riferimento ad un grammo di grassi o lipidi.

TABELLA I. Diossine nel latte vaccino e materno

	<i>anno</i>	<i>picogrammi TEQ/grammo di grasso</i>
mucche tedesche	1993	0.7
mamme svedesi	1992	18

Come si può vedere dalla Tabella I, in anni vicini, la quantità di diossine che si trovava nel latte delle mamme svedesi era circa 25 volte più elevato di quello che si trovava nel latte delle mucche tedesche.

Questa differenza è generalizzata: la quantità di diossine nel latte materno è sempre maggiore di quello del latte di mucca. Il motivo è che, nella catena alimentare, le mamme (e i papà) si trovano sempre ad un livello superiore alle mucche, quindi gli umani, mangiando, concentrano nel proprio tessuto adiposo le diossine che si trovano nel cibo con cui si alimentano, in particolare latticini, carne.

Analoghi fenomeni di bioconcentrazione dall'acqua, al plancton, ai pesci erbivori e carnivori e infine all'uomo si verifica lungo le catene alimentari dell'ambiente marino [17].

Per avere un quadro più generale della contaminazione da diossine del latte materno segnaliamo che, nello stesso periodo, il latte delle mamme svedesi aveva concentrazioni di diossine leggermente maggiore di quelli delle mamme spagnole ed ucraine (6-11 pg TEQ/gr grassi). Situazioni peggiori si sono trovate nelle mamme tedesche abitanti in zone industriali (41 pg TEQ/gr grassi) e, ancor peggio, nelle mamme di New York (189 pg TEQ/gr grassi).

In Italia sono stati condotti pochi studi sul latte materno.

Uno di questi è stato realizzato nel 1987 [18] con campioni di latte raccolti in quattro diverse regioni italiane, nei quali furono trovate concentrazioni medie di diossine e furani pari a 29 pg TEQ/gr grassi. Un secondo studio [19] ha raccolto campioni di latte materno a Venezia e a Roma tra il 1998 e il 2001. I campioni veneti con concentrazioni di diossine tra 11,6 e 14,8 pg TEQ/gr grassi, risultavano più contaminati dei campioni romani, a 9,40 pg TEQ/gr grassi.

Anche se il numero di campioni analizzati è limitato, questi studi segnalano una possibile riduzione (tra 40-50%) della contaminazione del latte materno tra il 1987 e il 2001.

In un periodo simile, tra il 1990 e il 2001, la produzione annuale di diossine in Italia passava da 473 a 293 grammi [20], con una riduzione del 38%.

E' un dato generale che a seguito di una riduzione delle diossine emesse, questa riduzione, dopo tempi relativamente brevi, si riscontra anche negli alimenti e quindi nel latte materno e in altri fluidi biologici (siero, sangue) e nei tessuti adiposi.

Ovviamente è vero anche il contrario: a fronte di un aumento delle emissioni di diossine, queste aumentano anche nei nostri cibi, nel nostro sangue, nel nostro tessuto adiposo, nel latte materno.

Anche nel popolo delle mucche si registrano importanti differenze nello spazio e nel tempo della quantità di diossine presente nel latte. Ad esempio, nel latte di mucche belghe, allevate in pascoli lontani da fonti inquinanti, si trovarono, nel 1997, concentrazioni di diossine pari a 0.6 pg TEQ/gr grassi, mentre, in quello stesso periodo, negli allevamenti vicini a zone industriali e ad inceneritori, le concentrazioni di diossine erano nettamente maggiori (1.2 - 4.5 pg TEQ/gr grassi).

Situazione analoga per il latte delle mucche svizzere [21]. Nel latte di mucche elvetiche che nel 2001 avevano pascolato nei pressi di attività industriali (in diversi casi inceneritori di rifiuti) le concentrazioni medie di diossine risultano pari a pg TEQ $0,71 \pm 0,28$ per grammo di grasso. Durante lo stesso anno, le mucche svizzere che avevano pascolato in alta montagna, in zone rurali, fornivano latte con $0,41 \pm 0,11$ picogrammi di diossine (TEQ) per grammo di grassi.

Bambini e diossine

Tuttavia, le mamme non sono l'ultimo anello della catena alimentare a base di diossine; questo primato spetta ai loro figli in quanto si ritiene che la quantità maggiore di diossine che si assimila nel corso della vita sia proprio quella ricevuta attraverso l' allattamento al seno materno [22].

Se si confrontano i dati della Tabella I con il valori tollerabili (2 pg TEQ/kg di peso), emerge una situazione inquietante.

Un neonato di 5 chili, giornalmente dovrebbe essere esposto a non più di 10 picogrammi TEQ di diossine, ovvero la quantità contenuta in 18 millilitri (centimetri cubi) di latte di mamma svedese negli anni '90.

Naturalmente un bambino di quel peso "ciuccia", ogni giorno, molto più latte (200-300 millilitri), quindi ingerisce, in proporzione, una quantità di diossine superiore al valore massimo tollerabile.

Ovviamente l'esposizione neonatale a diossine è da evitare. Comunque, è opinione dei ricercatori [23] che l'allattamento al seno, in situazioni "normali", quali quelle riscontrate in Svezia, sia sempre da preferire, per i suoi indubbi vantaggi sull' equilibrato e sano sviluppo del neonato.

E' evidente, comunque, che bisognerebbe fare tutto il possibile per diminuire al massimo la quantità di diossine presenti nel latte materno.

Da dove vengono le diossine

In base all' inventario europeo delle emissioni di diossine, nel 1995 [24] le maggiori fonti industriali di diossine in Europa, in grado di coprire il 62% delle diossine immesse in atmosfera, erano:

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

Il restante 38% era attribuito a:

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

Dopo dieci anni, nel 2005, la situazione risultava migliorata e la quantità di diossine emesse in Europa da queste stesse fonti, in particolare quelle industriali, si era notevolmente ridotta.

La Tabella II riporta le stime sulla quantità di diossine emessa annualmente dalle principali fonti attive nei 17 paesi Europei; fanno riferimento al 1985 e al 2005 e quest'ultime, al momento, sono quelle più aggiornate.

Le quantità riportate sono espresse in grammi di diossine di tossicità equivalente (TEQ) ed, in entrambi gli anni, i valori riportati fanno riferimento ai valori massimi delle rispettive stime [25].

Nella Tabella II sono riportate anche le quantità totali di diossine emesse da tutte le fonti prese in considerazione nello studio e quelle attribuibili alle sole fonti industriali e non industriali. Le fonti sono state ordinate in base ai valori decrescenti delle quantità di diossine emesse nel 2005.

Si possono notare importanti cambiamenti verificati in 20 anni, tra il 1985 e il 2005.

Le emissioni da gran parte delle fonti industriali, con la sola eccezione di acciaierie e fonderie, sono diminuite in modo rilevante.

Piccole riduzioni si registrano nelle emissioni da riscaldamento domestico a legna e nel 2005 è proprio il riscaldamento domestico a legna che risulta, in assoluto, la maggiore fonte di diossine.

L'uso della legna per il riscaldamento domestico è una prassi diffusa nei paesi dell'EST, entrati a far parte dello studio (Polonia, Repubblica Ceca, Estonia e Latria), come pure nei paesi scandinavi. La presenza di diossine nei fumi di questi impianti è documentata [26], ma certamente la sua quantità dipende dalla quantità e dal tipo di legna bruciata e dall'efficienza dell'impianto termico utilizzato.

L'inquinamento da impianti di riscaldamento a legna è una tematica ancora poco studiata e di scarsa rilevanza per l'attuale realtà italiana.

Certamente notevoli miglioramenti possono essere ottenuti anche su questo fronte, a partire da un generalizzato aumento dell'isolamento termico degli edifici e la sostituzione delle vecchie stufe a legna e caminetti aperti con impianti termici moderni, quali quelli alimentati a pellet [26].

La quantità di diossine emesse da processi di incenerimento (rifiuti urbani ed ospedalieri) nel 2005 assommava a 393 grammi TEQ, confrontabile con la quantità che si presume essere emessa da incendi boschivi.

E nel 2005, tra le prime due fonti di diossine di origine industriale, con 470 grammi TEQ, troviamo al primo posto gli impianti di sinterizzazione (impianti a servizio delle acciaierie per preparare le cariche usate negli altoforni per la produzione della ghisa), seguiti a ruota dagli inceneritori di rifiuti urbani, ospedalieri ed industriali (438 grammi TEQ).

In base a queste stime si può valutare che, nel 2005, l'11,6% di diossine immesse in atmosfera dai paesi europei sia stata prodotta dall'incenerimento di rifiuti urbani, industriali e ospedalieri.

Nel 1985, all'incenerimento di questi stessi rifiuti, si poteva attribuire il 46% delle diossine emesse in atmosfera.

TABELLA II. Quantità di diossine prodotte annualmente in Europa da diverse fonti.

Fonte	grammi TEQ/anno	
	1985	2005
<i>Riscaldamento domestico a legna</i>	989	969
Impianti di sinterizzazione	1650	470
<i>Incendi</i>	382	371
Inceneritori rifiuti urbani	4000	232
Acciaierie forno elettrico	120	172
Conservazione legno	390	310
Inceneritori rifiuti ospedalieri	2000	161
Fonderie metalli non ferrosi	50	72
Trasporto su gomma	262	60
Incenerimento rifiuti industriali	300	45
Totale tutte le fonti	13.690	3.752
Fonti industriali	10.539	1.495
<i>Fonti non industriali</i>	<i>3.151</i>	<i>2.257</i>

Diossine in Europa

La tutela della salute della popolazione ha motivato, nel 1993, la scelta dell' Unione Europea di inserire nel quinto Piano d' Azione l'obiettivo, entro il 2005, di ridurre del 90 % le emissioni di diossine, rispetto ai valori del 1985.

La Tabella III riporta la stima della quantità di diossine emessa pro capite in alcuni paesi europei, in base alle valutazioni effettuate per il 1985 e il 1995 dall' OIKOS Institute [24] e da noi calcolate per il 2005, in base alle emissioni stimate per quest'anno dal Centro Meteorologico Centro-Est di Mosca [20] e alla popolazione residente in ciascun paese, nello stesso anno.

Le emissioni procapite stimate nel 2005 sono state messe a confronto con gli obiettivi di riduzione fissati dall' UE per ogni Paese membro nel 5° Programma d'azione. Questo Programma prevedeva che, entro il 2005, fosse ridotta del 90% la quantità di diossina emessa dai paesi membri, rispetto alle quantità emesse, dagli stessi paesi, nel 1985.

TABELLA III. Andamento della quantità procapite di diossine emesse annualmente in alcuni paesi europei, dal 1985 al 2005 e obiettivi previsti al 2005, in base al 5° Programma Quadro

	1985	1995	2005	Obiettivo 2005
	<i>microgrammi TEQ pro capite</i>			
Austria	35,1	15,1	5,4	3,5
Belgio	52,4	45,2	5,6	5,2
Danimarca	26,9	8,3	4,8	2,7
Francia	35,8	18,2	3,4	3,6
Germania	24,4	7,0	1,0	2,4
Inghilterra	32,8	14,8	3,3	3,3
Irlanda	<u>17,5</u>	8,5	6,2	1,7
<i>Italia</i>	26,9	16,8	5,0	2,7
Lussemburgo	188	75,2	3,2	19
Olanda	31,3	<u>6,5</u>	2,2	3,1
Portogallo	21,2	12,2	<u>0,8</u>	2,1
Spagna	18,2	7,4	3,4	1,8
Svezia	48,1	8,4	4,2	4,8

La Tabella III conferma la progressiva riduzione, negli ultimi venti anni, delle diossine emesse da ciascun paese, anche tenendo conto dell'aumento delle popolazioni.

Dei tredici paesi esaminati, otto risultano aver raggiunto l'obiettivo prefissato, mentre cinque paesi (Austria, Danimarca, Irlanda, Italia, Spagna, in grassetto nella 5^a colonna di Tab III) risultano ancora più o meno lontani dall'obiettivo fissato.

Nel 2005, la quantità media di diossine pro-capite dei paesi esaminati risulta essere pari a 3,7 microgrammi; questo valore è superato da sei paesi, tra cui l'Italia.

La quantità procapite di diossine più alta si riscontra in Irlanda, seguita dal Belgio, dall'Austria, dall'Italia e dalla Danimarca. Il valore più basso spetta al Portogallo.

L' Italia, che nel 1985 si trovava in una situazione leggermente migliore rispetto alla media europea, si è vista sorpassare, dopo dieci anni, da Germania ed Olanda.

Peraltro, la Tabella III mostra come siano ancora importanti gli sforzi che i diversi paesi della Comunità devono fare se vogliono veramente raggiungere gli obiettivi del quinto Piano d'Azione.

In particolare, l'Italia, per rispettare i propri obiettivi, nel 2005 avrebbe dovuto ulteriormente dimezzare la propria produzione di diossine. Al contrario, a partire dal 2004, nel nostro Paese, si è invertita la tendenza di una progressiva diminuzione delle emissioni di diossine. In tutti gli anni successivi si è registrata un progressivo aumento, per cui si è passati da 282 grammi di diossine TEQ nel 2003 a 302 grammi di diossine TEQ nel 2006 [20].

E non va nella giusta direzione l'attuale scelta governativa di privilegiare l'incenerimento al riciclaggio, al compostaggio, alla riduzione alla fonte. Se in Italia si passerà, dall' attuale 16%, ad incenerire il 40 % dei rifiuti prodotti, come è stato proposto nel 2008, sull'onda emotiva dell'emergenza rifiuti di Napoli, è inevitabile che la quantità di diossine immessa nel nostro ambiente, da questa specifica fonte, aumenterà, nonostante il minor impatto dei nuovi inceneritori che tuttavia, come vedremo non è trascurabile come si vuol far credere.

Non va nella giusta direzione neppure la scelta di non intervenire nella riduzione delle pesanti emissioni di diossine delle acciaierie, in particolare in quelle di Taranto e di Brescia.

Diossine in Italia

L'inventario delle emissioni di diossine in Italia è curato dal Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINANET) ed è consultabile in rete (http://www.sinanet.apat.it/it/sinanet/sstoriche/index2_html).

A questo indirizzo si possono consultare le serie storiche delle principali emissioni di diossine, dal 1990 al 2006 e avere notizie più dettagliate sul contributo di ognuna delle principali fonti, naturali, civili, industriali che provocano l'immissione di diossine nell'ambiente del nostro Paese.

In questi sedici anni, la quantità di diossine globalmente emessa in Italia è passata da 474 grammi (TEQ) a 302 grammi (TEQ), con una riduzione del 36%.

Occorre tuttavia ribadire che, dal 2003 al 2006, le emissioni di diossine in Italia sono in progressivo aumento (283 grammi TEQ nel 2002, 302 grammi TEQ nel 2006); le fonti responsabili di questo aumento sono quelle definite residenziali, le combustioni con contatto, e industrie del ferro, acciaio e miniere di carbone.

In Italia, nel 1990 la maggiore quantità di diossine era prodotta da processi di combustione (110 gr TEQ), Impianti commerciali (109 grammi TEQ), incenerimento rifiuti (98 grammi TEQ), industrie del ferro, dell'acciaio e miniere di carbone (67 grammi TEQ), incenerimento di rifiuti agricoli (24 grammi TEQ).

Il traffico, nel 1990, contribuiva con 6 grammi TEQ di diossine, prodotte da tutte le automobili che circolavano nel nostro Paese e con 0,45 grammi TEQ da tutti i mezzi pesanti adibiti al trasporto delle nostre merci.

Nel 2006, erano ancora in testa i processi di combustione (112 gr TEQ), la produzione di ferro, acciaio e carbone (87 gr TEQ) e l'incenerimento di rifiuti agricoli (37 gr TEQ).

Rispetto al 1990, nonostante il maggior numero di veicoli circolanti, molte meno diossine erano prodotte nel 2006 dal traffico leggero, con 0,96 grammi TEQ dalle automobili, certamente merito dell'introduzione obbligatoria delle marmitte catalitiche, mentre rimane stazionario il contributo dal traffico pesante, con 0,44 grammi di diossine TEQ.

Nel 2006 il contributo di diossine prodotte dall'incenerimento dei rifiuti, 0,17 grammi TEQ, appare in netta riduzione rispetto al 1990 (99 grammi TEQ), con una riduzione da attribuire all'adozione di più efficaci sistemi di trattamento fumi negli inceneritori in funzione.

A riguardo, segnaliamo che nel 2006, il contributo auto-dichiarato dell'inceneritore di Brescia [27] alla contaminazione ambientale è stato di 0,0037 grammi di diossine e furani (TEQ) e di 0,0042 grammi di PCB diossino simili, un totale annuo di 0,0079 grammi di diossine TEQ.

Quanta diossina c'è oggi in Italia nell'aria, nel terreno, nei vegetali

Una aggiornata mappa italiana delle emissioni e della concentrazione di diossine nell'aria, sul suolo e nei vegetali si trova nel già citato sito della Meteorological Synthesizing Centre-East (MSC-E) [20].

I dati sono aggiornati al 2006 e sono il risultato di un programma cooperativo per il monitoraggio e la stima del trasporto a lunga distanza, in Europa, degli inquinanti atmosferici.

Da queste stime (Tabella IV) risulta che, in Italia, le aree dove ci sono le maggiori emissioni di diossine per unità di superficie, le maggiori ricadute al suolo e le maggiori concentrazioni nei comparti ambientali esaminati, sono quelle intorno a Brescia e a Taranto.

La presenza di grandi acciaierie in entrambe queste città è la principale spiegazione di questo fenomeno e certamente non ha migliorato la situazione la scelta di realizzare a Brescia uno dei più grandi inceneritori d'Europa (803.396 tonnellate di rifiuti inceneriti nel 2007).

Tabella IV. Emissione, sedimentazione e concentrazione media annuale (2006) nell'aria, nel suolo, nei vegetali di diossine TEQ, nel tarantino e del bresciano [20] .

	<i>Unità di misura</i>	Taranto	Brescia
Emissioni annuali	<i>nanogrammi / m² anno</i>	25,4	11,5
Deposizione al suolo	<i>picogrammi / m² giorno</i>	21	19,4
Aria	<i>picogrammi / m³</i>	0,023	0,015
Suolo	<i>nanogrammi / chilo</i>	0,17	0,40
Vegetazione	<i>nanogrammi / chilo</i>	46,5	16,7

La Tabella IV esemplifica, con stime quantitative, il fenomeno della progressiva concentrazione delle diossine nel passaggio tra la fase gassosa (aria), la sedimentazione al suolo e l'assorbimento radicale e fogliare di cui si è parlato in precedenza.

Nell'esempio riportato in Tabella IV, nel passaggio tra suolo e vegetali, le diossine si concentrano di alcune centinaia di volte.

A partire dal 2008, l'ARPA Puglia ha attivata una rete di deposimetri nel territorio di Taranto che ha permesso di stimare l'effettiva deposizione al suolo di diossine e PCB diossino simili. In località Tamburi, alla periferia di Taranto, le deposizioni medie mensili di Diossine e PCB, tra giugno e settembre 2008, sono risultate comprese tra 47,8 e 9,91 *picogrammi TEQ / m² giorno*, valori tendenzialmente maggiori di quelli riportati nella Tabella IV.

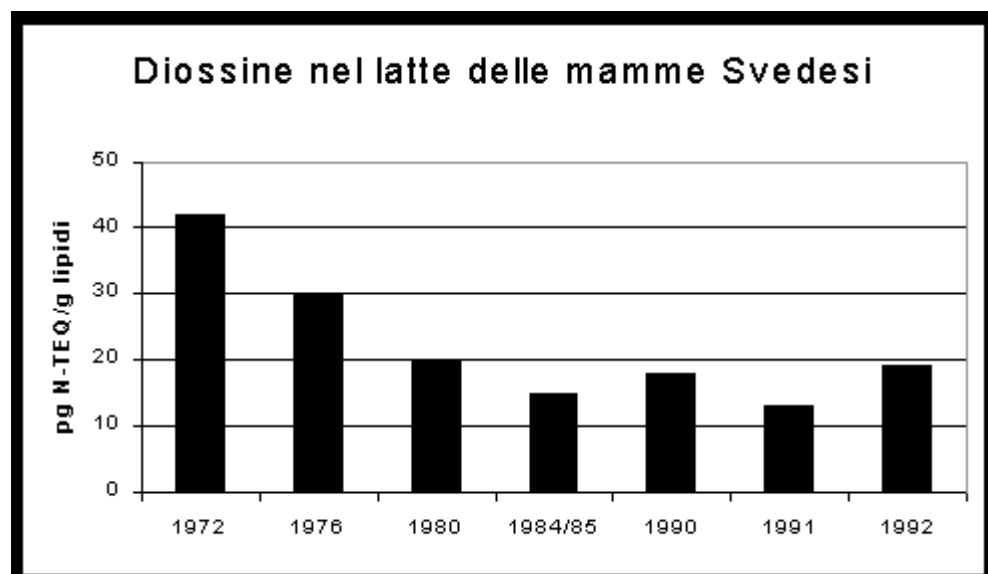
I valori reali di deposizioni trovate a Taranto, suggeriscono un netto superamento dei valori proposti nel 2008 da ricercatori belgi [28], come linee guida europee delle deposizioni medie annuali di diossine e PCB: 8,2 *picogrammi / m² giorno*.

Come cambia nel tempo l'esposizione a diossine

Solo a partire dagli anni settanta si sono rese disponibili tecniche analitiche in grado di misurare le diossine alle concentrazioni richieste dalla loro elevata tossicità e la complessità di queste tecniche ha fatto sì che, per molti anni, solo in pochi paesi fossero disponibili dati accurati e sufficientemente sistematici, tali da permettere di valutare l'andamento nel tempo di questi inquinanti.

Ad esempio, i dati sulla concentrazione di diossine nel latte delle mamme svedesi e in quello delle mucche tedesche, presentati nella Tabella I, fanno parte di misure ripetute regolarmente nel tempo, a partire dal 1972 in Svezia e dal 1993 in Germania. Questi risultati, riportati nelle Figure 1 e 2 permettono di fare utili osservazioni.

FIGURA 1



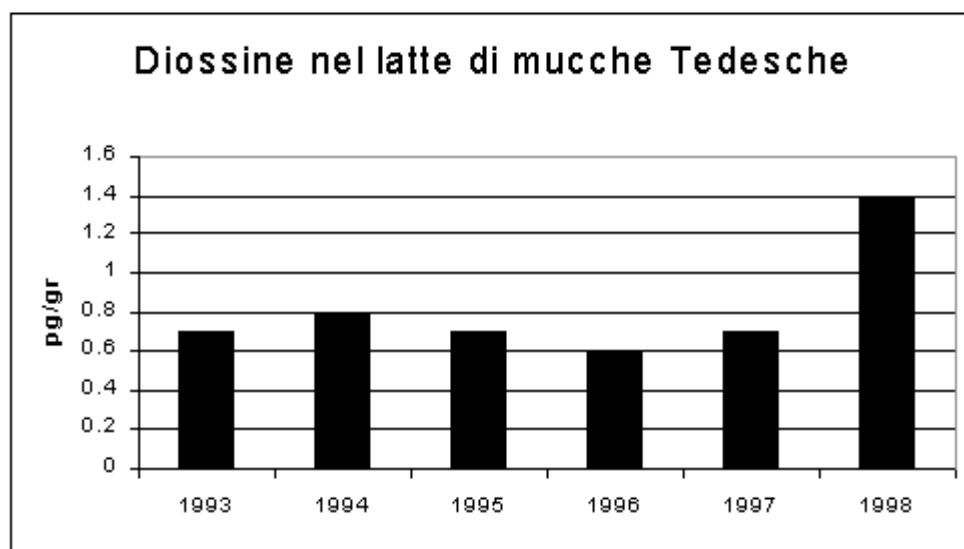
La Figura 1 mostra come, in Svezia, le diossine nel latte materno si siano drasticamente ridotte tra il 1970 e il 1980 [16]

Questo calo è sicuramente da attribuire a tutte le misure adottate in Svezia, come nel resto dei paesi industrializzati, per ridurre l'emissione di diossine, anche a seguito del drammatico incidente di Seveso.

Rispetto al 1972, la quantità di diossine nel latte materno si è più che dimezzata, ma è rimasta sostanzialmente costante tra il 1984 ed il 1992.

Analoghi risultati, con una progressiva riduzione di diossine nel latte materno, si sono registrati anche in altri paesi [29].

FIGURA 2



La Figura 2 riporta i risultati dei controlli annuali effettuati tra il 1993 e il 1998 sul latte di un allevamento di mucche tedesche [14] che, nel 1998, segnalano un evento inaspettato, degno di essere commentato.

Nell'allevamento tenuto sotto controllo, la concentrazione di diossine nel latte, dal 1993 al 1997, rimase sostanzialmente costante ma, improvvisamente, nel corso del 1998, si registrò un brusco aumento, con un raddoppio delle concentrazioni.

La concentrazione di diossine raggiunta (1.4 picogrammi TEQ/grammo di grassi) risultava superiore al valore guida per il controllo del latte, fissato in Germania nel 1993 e pari a 0.9 picogrammi TEQ/grammo grassi. Per questo motivo si attivava uno studio per verificare le cause di questo fenomeno che rischiava di mettere fuori commercio il latte prodotto che, in base alla normativa tedesca non può essere utilizzato per l'alimentazione umana se le diossine superano la concentrazione di 3 pg TEQ/gr grassi.

L'indagine evidenziò subito il motivo della contaminazione: l'uso, a partire dalla fine del 1997, di bucce di limone come mangime per gli animali, provenienti dal Brasile[30] !

Ovviamente, l'uso di bucce di agrumi per l'alimentazione delle mucche risultava più che lecito, (specialmente in periodi di "mucche pazze" alimentate con farine animali) ed era anche encomiabile l'iniziativa di riciclare un sottoprodotto della lavorazione degli agrumi.

Purtroppo si era trascurato il piccolo particolare che gli oli della buccia del limone sono un efficiente sistema di assorbimento e concentrazione di diossine presenti, come fu definitivamente dimostrato [30], nella calce usata per la preparazione del mangime.

Insomma, gli allevatori tedeschi si sono trovati di fronte ad un inaspettato, sgradito regalo della globalizzazione del mercato e dell'inquinamento ambientale e questo regalo avrebbe inevitabilmente aumentato la dose giornaliera di consumatori e consumatrici, se non fosse esistito un regolare e qualificato controllo del latte.

Riteniamo che di questa esperienza si debba fare tesoro per non abbassare mai la guardia sul fronte dei controlli e per valutare l'opportunità di realizzare inceneritori o industrie inquinanti in presenza non solo di agrumi ma anche di ulivi e di basilico, ovvero vegetali ricchi di sostanze oleose che agiscono come efficacissimi sistemi di bioconcentrazione di diossine immesse nell'ambiente.

Le diossine fantasma

In tutti gli inventari sulla produzione di diossine esiste una incredibile lacuna: nessuno conta le diossine presenti nelle ceneri prodotte dagli inceneritori.

E' un fatto certo e documentato che gli inceneritori con recupero energetico producono rifiuti speciali e rifiuti tossici, ovvero le ceneri pesanti che restano sul fondo del forno e le ceneri leggere prodotte dalla depurazione dei fumi.

Ad esempio, per ogni tonnellata di rifiuto che è stato termovalorizzato dall'inceneritore di Brescia, questo stesso impianto ha prodotto 180 chili di ceneri pesanti e 41 chili di polveri leggere.

Si tratta di rifiuti solidi più pericolosi dei rifiuti urbani trattati, che occorre smaltire in sicurezza.

Non è affatto un problema secondario, in quanto le quantità di ceneri in gioco non sono per niente trascurabili: nel 2005 l'inceneritore di Brescia ha prodotto, complessivamente 167.389 tonnellate di ceneri (136.268 tonnellate di ceneri pesanti e 31.121 tonnellate di ceneri leggere): una quota di 882 chili di rifiuti per ciascun abitante del comune di Brescia che non sono entrati in nessun bilancio ambientale.

Non si può ignorare che nelle ceneri sono presenti sostanze tossiche in quantità tutt'altro che trascurabili. In particolare, in base a studi su inceneritori italiani [31] e spagnoli [32], per ogni tonnellata di rifiuto incenerito, grazie a questo trattamento, si producono da 2 a 7 microgrammi di diossine nelle ceneri pesanti e da 2 a 11 microgrammi nelle ceneri leggere.

In particolare nelle ceneri prodotte dall'inceneritore spagnolo le concentrazioni di diossine sono risultate pari a 512 microgrammi TEQ per tonnellata nelle ceneri leggere e 10 microgrammi TEQ per tonnellata nelle ceneri pesanti.

Poiché in una tonnellata di rifiuto incenerito in quello stesso impianto (stima alla fine degli anni '90 [33]) sono circa 2 i microgrammi di diossine presenti (in prevalenza, nei nostri scarti di cibo contaminati), se ne conclude che l'incenerimento è un sistema che, per recuperare un poco di energia dai rifiuti urbani, produce rifiuti più pericolosi di quelli termovalorizzati.

Questa affermazione è vera anche perché nelle ceneri, insieme alle diossine, si trovano diversi metalli tossici e cancerogeni come gli idrocarburi policiclici aromatici e anche questi inquinanti, nelle ceneri, sono a concentrazione superiore a quelli misurati nei rifiuti inceneriti.

L'idea di risolvere il problema, come è stato fatto nel recente passato in paesi come la Danimarca, usando le ceneri pesanti per riempimenti stradali e per asfalto e utilizzando le ceneri leggere per fare manufatti in cemento, non ci sembra una scelta prudente.

La scelta più prudente, se proprio si insiste nel volere incenerire i rifiuti, è quella di mescolare le ceneri ad una adeguata quantità di cemento e mettere il tutto in discariche controllate che diano garanzia di tenuta per i secoli a venire.

In Germania usano, a questo scopo, le vecchie miniere di salgemma, dove vanno certamente le ceneri leggere dell'inceneritore di Vienna e per qualche tempo sono anche andate le ceneri leggere dell'inceneritore di Brescia.

Ovviamente la scelta ancora più prudente e saggia, sarebbe quella di rinunciare all'incenerimento e puntare decisamente a modelli di produzione e consumo a "rifiuti zero", una scelta tutt'altro che utopica.

Per quantificare il problema delle diossine nelle ceneri, ricordiamo che nel 2006 in Italia abbiamo incenerito “solo” 4 milioni di tonnellate di rifiuti; ipotizzando, con le ceneri, una produzione media di 5 microgrammi di diossine per ogni tonnellata incenerita, in quello stesso anno abbiamo prodotto, con le ceneri e grazie all’incenerimento, circa 20 grammi di diossine che, a nostro avviso, dovrebbero essere aggiunti ai 302 grammi di diossine della stima ufficiale di quell’anno, stima che ha valutato solo le diossine immesse nell’atmosfera del nostro Paese.

L'incenerimento in Europa

La Tabella V permette di avere un quadro della quantità procapite di rifiuti urbani che risultano essere stati smaltiti attraverso incenerimento nel 1995 [24] e nel 2005.

Per calcolare la quantità procapite, incenerita nel 2005, sono stati utilizzati i dati forniti dalla Confederazione degli Impianti di Incenerimento Rifiuti Europea (CEWEP) sulla quantità di rifiuti urbani inceneriti nei paesi Europei durante quest'anno [34] e le popolazioni residenti nello stesso anno in ciascun paese.

Nella stima delle quantità di rifiuti inceneriti nel 2005 sono state conteggiate anche le quantità di Combustibile da Rifiuto (CDR) utilizzati nei cementifici e in centrali a carbone

Tabella V. Tonnellate procapite di rifiuti urbani inceneriti nel 1995 e nel 2005 nei paesi europei

	1995	2005
Austria	0,04	0,18
Belgio	0,22	0,24
Danimarca	0,44	0,65
Francia	0,19	0,22
Germania	0,14	0,19
Inghilterra	0,06	0,05
Irlanda	0	0
<i>Italia</i>	<i>0,03</i>	<i>0,05</i>
Lussemburgo	0,40	0,20
Olanda	0,20	0,33
Portogallo	0	0,10
Spagna	0,02	0,04
Svezia	0,21	0,24

In Europa, nel 2005, la quantità di rifiuti avviata all' incenerimento, compreso la co-combustione dei rifiuti (CDR) in cementifici e centrali a carbone, è stata mediamente di 191 chili all' anno pro capite, a fronte di 150 chili nel 1995.

La Danimarca, con 650 chili procapite, è il paese europeo con il più alto tasso di incenerimento nel 2005, segue l'Olanda con 330 chili per abitante.

L' Irlanda, fino al 2006, non risultava avere inceneritori e il Portogallo, solo nel 2006, ha attivato tre impianti.

L'Italia è tra i paesi con la quantità più bassa di rifiuti inceneriti (50 chili per abitante), insieme alla Spagna (40 chili) e l'Inghilterra (50 chili per abitante).

E' doveroso segnalare che, a confronto dei Paesi esaminati, nel 2006, l'Italia aveva quote di riciclaggio e compostaggio (35%) tra le più basse in Europa, superiori solo ad Inghilterra e Portogallo.

Nello stesso anno, Germania, Olanda, Belgio e Austria, riciclavano e compostavano più del 60% dei loro rifiuti urbani (http://www.cewep.com/storage/med/media/data/graphs/244_Eurostat_Graph_2006.pdf).

Limiti alle emissioni di diossine nell'incenerimento dei rifiuti

La Comunità Europea, al fine di contenere l'emissione di diossine negli Stati Membri, ha fissato a 0.1 nanogrammi TEQ per metro cubo (un nanogrammo è pari ad un milionesimo di milligrammo) la concentrazione massima di diossine nei fumi degli inceneritori con recupero energetico.

Questa concentrazione è nettamente inferiore ai valori limite stabiliti nel recente passato dalle stesse normative per i "vecchi" inceneritori, ma questi nuovi valori, come quelli antichi, non sono sinonimi di sicurezza, rispecchiano solo le prestazioni possibili con questi nuovi impianti, le migliori tecnologie oggi esistenti e, come recita la norma, compatibili con i costi di esercizio.

Peraltro è proprio l'approccio metodologico scelto (fissare limiti sulle concentrazioni dei fumi di ogni singolo impianto) a non dare garanzie per la tutela della salute pubblica

A causa delle caratteristiche tossicologiche delle diossine che abbiamo sinteticamente illustrato (persistenza e bio-accumulo), una corretta valutazione del loro impatto ambientale e sanitario dovrebbe tenere conto della quantità complessiva di diossine emesse nel tempo da tutte le fonti che impattano su un determinato territorio.

Fatta questa stima, occorrerebbe valutare, nel tempo, l'entità dell'accumulo delle diossine nei diversi ecosistemi sensibili (aria, terreno, vegetali) ed in particolare negli alimenti.

Occorrerebbe, quindi, per ciascun ecosistema, calcolare le concentrazioni di diossine all'equilibrio, ossia la concentrazione che si raggiunge quando la quantità di diossina immessa nell'ambiente, durante un determinato intervallo di tempo, corrisponde a quella che, nello stesso tempo, "scompare" per degradazione.

Fatte queste valutazioni, bisognerebbe studiare quanta diossina si accumula nel nostro corpo se si mangiano cibi così contaminati.

Si è già detto che le diossine sono molto stabili, in particolare nei tessuti umani le diossine hanno un'emivita di ben sette anni. Questo significa che anche interrompendo del tutto l'assunzione di cibi contaminati, occorrono sette anni perché la concentrazione di diossine accumulata nei grassi si riduca della metà.

Se invece si fa un consumo costante di cibo contaminato, le diossine si concentrano progressivamente, anno dopo anno, nei nostri tessuti grassi e il loro valore aumenta progressivamente. Questo aumento di concentrazione si riduce nel tempo e dopo qualche decennio, raggiunto l'equilibrio, l'aumento cessa e la concentrazione di diossine rimane costante, ma a valori decine di volte superiori al valore iniziale.

Ad esempio, è stato calcolato che, durante l'emergenza diossina avvenuta nel 1999 in Belgio a causa di una contaminazione accidentale del pollame, il consumo settimanale di 300 grammi carne di pollo mediamente contaminato (1.000 picogrammi diossine TEQ/grammo di grasso), avrebbe comportato un aumento mensile delle diossine nel tessuto adiposo dei consumatori, pari 20 picogrammi TEQ/grammo di grasso.

Se l'incidente non si fosse scoperto e la popolazione avesse continuato a mangiare il cibo contaminato, la concentrazione di diossine nel corpo dei consumatori sarebbe aumentata progressivamente nei successivi 30-40 anni, fino ad arrivare, dopo questo lungo periodo, alla concentrazione stabile di 2.000 picogrammi TEQ/grammo di grasso, 200 volte maggiore della concentrazione iniziale.

I 2.000 pg TEQ/gr grasso di questa stima, devono essere confrontati con i 5-20 picogrammi TEQ di diossine che si trovano normalmente in Finlandia nel tessuto adiposo di un ventenne e i 20-100 picogrammi TEQ che si trovano in un sessantenne di quello stesso paese.

Il confronto con la Finlandia non è casuale, in quanto la dieta ricca di pesce di un Finlandese, alla fine degli anni '90, induceva una esposizione a diossine particolarmente elevata (95 picogrammi TEQ al giorno), contro i 65 picogrammi TEQ di un Belga (una volta superata la crisi dei polli), i 61 picogrammi TEQ di un tedesco e i nostri 42 picogrammi TEQ al giorno, a conferma della salubrità della dieta mediterranea, ovviamente quando mozzarella di bufala e olio d'oliva sono prodotti in zone altrettanto salubri [7].

I criteri corretti per fissare i limiti di emissione delle diossine

La comunità scientifica è da tempo in possesso di tutte le conoscenze necessarie per introdurre nelle nostre legislazioni, standard di qualità per le diossine idonei a tutelare veramente la salute nostra e quella dei nostri figli.

In sintesi, l'approccio metodologico corretto dovrebbe essere il seguente: la quantità di diossine che, da ogni fonte, ogni giorno "piove" su un campo coltivato dovrebbe essere tale da garantire che la quantità di diossine che da quel campo si trasferiranno, in modo diretto o indiretto nel cibo, garantisca sempre il rispetto della dose tollerabile giornaliera, ovvero 2 picogrammi di diossine per chilo di peso.

C'è già stato chi questi conti complessi li ha fatti; si tratta di ricercatori belgi, forse spinti a questo studio dalla grave crisi dei polli alla diossina che aveva colpito il loro paese [9].

Le loro conclusioni sono sintetizzate nella Tabella VI, in cui sono riportate le quantità di diossine che si possono depositare giornalmente su un metro quadrato di terreno in grado di garantire il rispetto di diverse Dosi Tollerabili Giornaliere.

Più recentemente gli stessi autori hanno inserito anche i PCB diossino simili nella loro stima [28]

I valori delle deposizioni giornaliere ammesse fanno riferimento alle deposizioni raccolte in continuo per un anno in quanto è una caratteristica delle diossine di avere un andamento stagionale: le loro concentrazioni sono più alte in inverno e più basse in estate [35, 36].

TABELLA VI. Valori guida per la deposizione di diossine

Dose tollerabile giornaliera (picogrammi TEQ per chilo di peso)	Deposizione giornaliera di diossine (picogrammi TEQ per metro quadrato)
4	14
3	10
2	8,2*
2	21**
1	3,4

* valori proposti, sommando diossine e PCB diossino simili, media annuale

** Diossine e PCB diossino simili, media mensile

Per comprendere il significato di questa Tabella, facciamo un esempio.

Se su un determinato suolo, dopo un anno di raccolta delle polveri sedimentate, si riscontra una deposizione media giornaliera di diossine e PCB pari 8,2 picogrammi per metro quadrato, siamo sicuri che, anche se tutto il cibo consumato dalla popolazione fosse prodotto da questo terreno, la dose giornaliera di diossine e PCB sarebbe pari a 2 picogrammi TEQ per chilo di peso, quindi sarebbe rispettata questa Dose Tollerabile.

Ovviamente, deposizioni di diossine più basse possono garantire dosi tollerabili più basse. A tal proposito ricordiamo che l'Unione Europea ha individuato in 2 picogrammi per chilo la dose tollerabile giornaliera da garantire a tutti i suoi cittadini.

Tra il 1993 e il 1999, nel Belgio furono effettuate misure sulla quantità delle sole diossine che si depositavano al suolo, nelle vicinanze di inceneritori, in aree industriali, in aree urbane e in aree remote.

Nel 1993, il 70% delle misure superava il valore più alto delle deposizioni ammesse; nel 1999 il numero di campioni che non rispettavano il limite scendeva al 10%.

La minore quantità di diossine depositate nell'ultimo periodo studiato rispecchiava la diminuita emissione di diossine in Belgio, passata da 496 grammi nel 1993 a 140 grammi nel 1999.

Chiusi gli inceneritori più inquinanti e messi in condizione di rispettare il limite di $0,1 \text{ ng/m}^3$ i restanti impianti (nel 2006 in Belgio erano in funzione 16 inceneritori), tra il 1993 e il 1999, nei pressi di inceneritori i valori più alti delle deposizioni di diossine risultava essere comprese tra 70 e 130 pg/m^2 , mentre nelle aree industriali le maggiori ricadute di diossine erano comprese tra 30 e 70 pg/m^2 .

Misure effettuate in Belgio, tra il 2003 e il 2007, presso impianti per il recupero di scarti elettronici [28], evidenziavano l'importante ruolo dei PCB (superiore anche all'80%) nella deposizione di diossine intorno a queste fabbriche, con valori di deposizioni medie giornaliere anche superiori a 200 pg TEQ / m^2 . E' interessante notare che dopo queste prime misure, si sono attivati provvedimenti per ridurre le emissioni, la cui efficacia era testimoniata da successive misure di deposizioni, significativamente più basse.

Questa esperienza Belga è utile anche perché dimostra l'utilità di avere a disposizione un sistema di misura relativamente semplice per individuare le aree a rischio diossina, aree dove è opportuno attivare prioritariamente iniziative di risanamento ambientale

Se si confrontano le deposizioni ammesse riportate nella Tabella VI con le deposizioni medie annuali di diossine stimate a Taranto (21 pg/m^2) e a Brescia ($19,4 \text{ pg/m}^2$), e riportate nella Tabella IV, e quelle mensili effettivamente misurate a Taranto (comprese tra $4,5$ e $47,8 \text{ pg/m}^2$) ne possiamo desumere che l'alimentazione con cibo prodotto in queste due località potrebbe, con elevata probabilità, esporre la popolazione a dosi di diossine superiori alla dose massima tollerabile di 2 picogrammi per chilo di peso.

E' inoltre opportuno ricordare che analizzando la composizione delle diossine e dei metalli ad esse associate che si depositano al suolo è possibile risalire alle principali fonti da cui derivano le diossine trovate.

Pertanto, l'introduzione nella normativa Europea ed italiana dello standard di qualità delle diossine sedimentate, potrebbe realmente tutelare la nostra salute e permettere di individuare le fonti inquinanti responsabili di situazioni anomale.

Che significato ha il rispetto degli attuali limiti alle emissioni degli inceneritori

Nel 2008, nel pieno della emergenza rifiuti di Napoli, un personaggio autorevole, dagli schermi televisivi ha affermato che il rischio per la salute da parte degli inceneritori è pari a "zero" e abbondano, sui mass media, le rassicurazioni rispetto alle trascurabili quantità di diossine emesse da un moderno inceneritore.

Ora vi proponiamo di calcolare insieme la quantità di diossine emessa giornalmente da un inceneritore dell'ultima generazione che rispetta gli attuali limiti alle emissioni. Ottenuto questo valore cercheremo di capire se le quantità in gioco ci possono far dormire sonni tranquilli.

Come abbiamo detto, in base alle normative oggi in vigore, in ogni metro cubo di fumi emessi da un moderno inceneritore ci devono essere, al massimo 0.1 nanogrammi di diossine.

Ma quanti metri cubi di fumi emette un inceneritore?

La risposta può venire dalle specifiche del progetto dell'inceneritore di Genova che dovrebbe trattare 800 tonnellate di rifiuti al giorno, quantità che, guarda caso, corrisponde alla capacità minima di trattamento per rendere economica l'intera operazione.

Ebbene, un inceneritore che tratta 800 tonnellate al giorno di rifiuti emette, ogni ora, dal proprio camino, 210.000 metri cubi di fumi. Questo grande volume di fumi è inevitabile, in quanto corrisponde alla quantità d'aria che occorre immettere nelle caldaie per avere l'ossigeno sufficiente per bruciare completamente i rifiuti.

Di conseguenza, la quantità di diossine emessa, in 24 ore, da un moderno inceneritore, nel rispetto degli attuali limiti di legge, si può così calcolare:

$0.1 \text{ nanogrammi} \times 210.000 \text{ metri cubi} \times 24 \text{ ore} = 504.000 \text{ nanogrammi / giorno}$

Sappiamo già che è meglio pesare le diossine in picogrammi, per cui, essendo un nanogrammo pari a 1000 picogrammi.

$504.000 \text{ nanogrammi} = 504.000.000 \text{ picogrammi}$.

Pertanto, un moderno inceneritore da 800 tonnellate al giorno (270.000 tonnellate/anno, in base al numero effettivo di giorni di funzionamento), rispettando i limiti di legge, emette in atmosfera 504 milioni di picogrammi di diossine, ogni 24 ore.

La Tabella che segue ci può aiutare a dare un significato a questa quantità.

Infatti, nella Tabella VII sono riportati la quantità massima di picogrammi a cui giornalmente un adulto di 70 chili può essere esposto in base ai parametri proposti dall' Unione Europea, la quantità massima di diossine ammessa in un litro di latte in base alla normativa francese ed, infine, quanti picogrammi di diossine sono immessi nell' ambiente dai gas di scarico di un' auto catalizzata, per ogni litro di benzina consumato [37], ovvero quanto si consuma per un normale percorso urbano.

TABELLA VII. Quantità di diossine presenti in diverse situazioni

	Picogrammi TEQ
Dose massima giornaliera di un adulto di 70 kg di peso	140
Dose massima in un litro di latte	175
Emissione auto catalizzata (1 litro benzina)	7.2

In base a questi dati, si può facilmente calcolare che la quantità di diossine (504 milioni di picogrammi) **prodotta giornalmente** da un moderno inceneritore che rispetta l'attuale limite alle emissioni, fissato dalla Comunità Europea) equivalgono a :

- Dose massima giornaliera di 3.600.000 adulti
- 2.400.000 litri di latte contaminato a livelli che lo rendono non commerciabile
- Emissione giornaliera di 70 milioni di auto catalizzate dopo aver percorso ciascuna, circa 10 chilometri.

Le misure ufficiali effettuate su inceneritori europei confermano che, oggi la maggior parte di essi rispetta ampiamente la concentrazione massima ammessa di diossine (0,1 nanogrammi TEQ/m³).

Oltre il 70% degli impianti ha fatto registrare concentrazioni di diossine inferiori a 0,05 nanogrammi TEQ per metro cubo [38] e in particolare l'inceneritore di Brescia, nelle sei misure effettuate nel 2004 e nel 2005, ha fatto registrare concentrazioni di diossine comprese tra 0,0004 e 0,007 nanogrammi TEQ/m³, con i valori più frequenti intorno a 0,002 nanogrammi TEQ/ m³.

Occorre precisare che queste poche misure, che di fatto hanno monitorato solo 24 ore su circa 8.000 ore di funzionamento annuo dell'inceneritore bresciano, ben difficilmente sono rappresentative delle emissioni medie in continuo dell'impianto.

E' noto, ad esempio, che nelle fasi di accensione e spegnimento di un inceneritore, l'emissione di diossine è significativamente maggiore rispetto ai valori che si registrano durante il normale funzionamento.

Queste fasi transitorie durano complessivamente circa otto ore e avvengono normalmente in tutti gli impianti almeno due volte all'anno, quando l'impianto viene spento per effettuare le previste manutenzioni e la successiva riaccensione..

Uno studio a riguardo [31] ha segnalato, durante queste fasi, un aumento delle emissioni di diossine pari 50% di quanto emesso durante il normale funzionamento..

Occorre anche ricordare che la tendenza dei moderni inceneritori è quella di avere capacità di trattamento sempre più grandi. Questa scelta è per diminuire i costi e aumentare i guadagni e ovviamente più rifiuti si bruciano più fumi si producono e più diossine si emettono in atmosfera nella stessa unità di tempo.

Ad esempio, se l'inceneritore virtuale di Genova, che abbiamo usato per stimare la quantità di diossina emessa nel rispetto della legge (molto probabilmente quest'inceneritore non sarà mai realizzato), tratta 270.000 tonnellate di rifiuti all'anno, l'inceneritore di Brescia, nel 2007, ha realmente incenerito 803.396 tonnellate di rifiuti, con una proporzionale maggiore emissione di fumi e di diossine.

Ma diamo pure per buone le quantità di diossine emesse annualmente dall'inceneritore di Brescia, in base alle autocertificazioni dei suoi gestori.

In base a queste misure, nel 2007, attraverso la ciminiera dell'inceneritore di Brescia sono finiti in atmosfera 0,0076 grammi TEQ di diossine e furani e 0,00028 grammi TEQ di PCB diossini simili, in totale 0,00788 grammi di composti organici persistenti, pari a 7.880.000 nanogrammi TEQ di diossine.

Se questi numeri sono veri, nel corso del 2007, ogni giorno, mediamente, l'inceneritore di Brescia ha immesso in atmosfera 21.589 nanogrammi TEQ di diossine, pari a 21.589.000 picogrammi.

Prudenza vorrebbe che tutte queste diossine in libertà non vadano a finire nel piatto o nel bicchiere di latte dei bresciani o più in generale di chi abita la pianura Padana nel raggio di alcuni chilometri dall'impianto, possibile area di impatto dei suoi fumi.

Infatti 21.589.000 picogrammi di diossine, corrispondono alla dose tollerabile giornaliera di 154.207 adulti, più o meno l'intera popolazione di Brescia che, nel 2007, era di 189.742 abitanti.

E se tutte le diossine prodotte giornalmente dall'inceneritore di Brescia finissero nel latte, renderebbero non vendibili oltre 120.000 litri di latte.

Se, in una ipotesi molto semplificata, tutte le diossine emesse giornalmente dall'inceneritore di Brescia si distribuissero uniformemente sul terreno, intorno all'inceneritore, nel raggio di 1.500 metri, la sedimentazione giornaliera sarebbe di 3 picogrammi per metro quadrato, una frazione non trascurabile del valore guida proposto dai ricercatori belgi per rispettare la dose tollerabile giornaliera di 2 pg/kg: 8,2 pg TEQ/m².

Questa semplice stima e quelle più accurate riportate nella Tabella IV, a noi suggeriscono che non sia il caso di sottovalutare la scoperta, fatta nel dicembre del 2007, che latte prodotto nel bresciano, era contaminato da diossine a livelli leggermente superiori al valore consentito (<http://ecologica-mente.blogspot.com/2008/01/brescia-diossina-nel-latte-della.html>).

Ovviamente, non tutte le diossine prodotte da un impianto di incenerimento finiscono nel latte o nei polli, ma un impianto di incenerimento funziona in modo pressoché continuo per almeno venti anni e quindi, come abbiamo già spiegato, inevitabilmente provoca l'aumento progressivo della quantità di diossine depositate al suolo nelle aree sottovento all'impianto con un meccanismo simile a quello che abbiamo descritto per il grasso dei Belgi amanti del pollo fritto.

Inoltre, le prospettive in Italia sono che la quantità di rifiuti inceneriti aumenti di oltre quattro volte, rispetto alla situazione attuale (da 4,5 a 17,5 milioni di tonnellate all'anno).

Sarà così, se passerà la proposta dell'Associazione Nazionale Imprese Difesa Ambientale, all'indomani della crisi rifiuti campana del 2008: costruire 50 nuovi inceneritori da 250.000 tonnellate di rifiuti inceneriti all'anno.

Se passa questa linea, in Italia saranno in funzione almeno 100 inceneritori. Se tutti questi impianti avranno le stesse prestazioni del tanto decantato inceneritore di Vienna, l'atmosfera del nostro paese sarà "arricchita", ogni anno, con 780 milioni di nanogrammi di diossine: 13 nanogrammi a testa, per ogni italiano, bambini compresi.

Questa smania inceneritorista, che ci porterebbe tra le prime nazioni europee per quantità di rifiuti inceneriti ha una sola spiegazione: i generosi incentivi statali per la produzione di elettricità dai rifiuti, grazie ai CIP 6 e ai Certificati Verdi (una forma occulta di Tassa sui Rifiuti a carico della collettività), in base ai quali i cittadini, con la loro bolletta della luce, pagano 50 € a tonnellata per l'incenerimento dei loro rifiuti, oltre alla tassa rifiuti e alla tassa sul riciclaggio degli imballaggi, sempre a carico delle famiglie italiane.

E' il caso di ricordare, in quanto tutti tacciono a riguardo, che Austria, Danimarca, Svezia [39], da diverso tempo tassano l'incenerimento dei rifiuti, anche se con recupero di calore, con l'esplicito obiettivo di incentivare il sistema che garantisce il minor impatto ambientale e il maggior risparmio energetico nella gestione dei rifiuti: il loro riciclaggio.

E Germania e Stati Uniti, lasciano i gestori di questi impianti alle leggi del mercato, senza sovvenzioni pubbliche.

E visti gli alti costi dell'incenerimento, negli Stati Uniti, quando sono venuti meno le sovvenzioni statali all'inizio degli anni novanta, si è bloccata la costruzione di nuovi inceneritori e si è spinto il riciclo che, nel 2007, con il 33,4% di rifiuti riciclati e compostati è il metodo di gestione nettamente preferito e in continua crescita, in questo

paese, mentre la "termovalorizzazione" è ferma, da molti anni, al 12,6 % (<http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/msw99.htm>).

Il principio di precauzionalità applicato all' incenerimento dei rifiuti

La direttiva CEE sugli inceneritori stima che, applicando i nuovi limiti alle emissioni, il contributo alla produzione di diossine dagli inceneritori si ridurrà, in Europa, dal 40 % allo 0.3%, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi del 5° Programma quadro.

Tuttavia, come si è visto la produzione residua di diossine, quanto meno nei dintorni di ogni impianto, non potrà considerarsi trascurabile ed i fenomeni di accumulo a livello locale o per trasporto transfrontaliero, grazie al mercato globale, come evidenziato dall' episodio tedesco delle bucce di limone contaminate, suggeriscono di non abbassare la guardia.

A tal riguardo, è utile ricordare le raccomandazioni del Comitato per la Tossicità delle Sostanze Chimiche negli Alimenti (UK) che, nel 1995, a conclusione di una valutazione dei rischi sanitari connessi con l' esposizione a diossine afferma:

"L' azione più utile che può essere presa per ridurre l' esposizione a queste sostanze indesiderabili è, per quanto possibile, identificare le maggiori fonti di diossine e prendere le appropriate misure per ridurre le emissioni a lungo termine nell' ambiente, con lo scopo di ridurre i livelli negli alimenti e nei tessuti umani."

Questo giudizio rientra nella nuova politica di attivare misure precauzionali a tutela della salute pubblica, ovvero quella di prevenire il danno, invece di mitigarlo.

Poiché non è assolutamente obbligatorio incenerire i rifiuti urbani e questa pratica non è neanche giustificata dal punto di vista energetico ed economico, l' applicazione del principio di precauzione alla gestione dei rifiuti obbligherebbe a rinunciare all' incenerimento e a puntare, in modo prioritario, sulla riduzione, il riuso e il riciclaggio dei materiali post consumo e il ricorso a Trattamenti Meccanico Biologici (TMB) [40].

Tutte queste pratiche inducono un impatto ambientale nettamente inferiore a quello degli inceneritori, come mostra la Tabella VIII, in cui sono riportate le quantità di diversi inquinanti emessi in atmosfera per tonnellata di rifiuto trattato. I valori sono in grammi per gli inquinanti convenzionali e in nanogrammi per le diossine.

TABELLA VIII. Fattori di emissione in atmosfera (grammi per tonnellata) da Trattamenti Meccanico Biologici e da incenerimento con recupero energetico

Inquinanti	TMB ^{§§}	Incenerimento UK	Incenerimento [§] Austria	Incenerimento [§] Belgio
	grammi per tonnellata trattata			
Ossidi di azoto	72,3	nd	189	2.141
Ossido di carbonio	72,3	nd	102	126
Anidride solforosa	28	42	24,8	129
Polveri	4,7**	38	7	165
Composti organici	36	8	nd	19
Acido cloridrico	1,2	58	4	70
Diossine ng/TEQ	40 – 13**	400	44,4	250

nd: dati non disponibili

** rif. [41] ; § rif. [42] ; §§ rif. [43]

La presenza di diossine nelle emissioni di TMB, come mostra la Tabella VIII è dovuta ad un trattamento termico degli effluenti gassosi, previsto in Germania per ridurre le concentrazioni di composti organici odoriferi in uscita da impianti di trattamento biologico dei rifiuti [44].

I fattori di emissione di diossine riportate (40 – 13 ng/ton) fanno riferimento a due diverse stime: il primo alle emissioni di un impianto di digestione anaerobica operante in Germania, il secondo da uno studio commissionato da Green Peace per la progettazione un impianto di trattamento a freddo [41].

E' opportuno precisare che il trattamento termico degli effluenti gassosi di un impianto biologico dei rifiuti non è obbligatorio; risultati accettabili si hanno anche depurando l'aria con bio-filtri [45]. In questo caso, poiché tutti i processi avvengono a freddo (temperature inferiori a 70 °C), l'emissione dei tipici inquinanti prodotti dalle combustioni è trascurabile.

Misure effettuate nel 2002 dall'Istituto Mario Negri di Milano [46], presso un impianto TMB in funzione in Lombardia, misurava nell'aria in uscita dai bio-filtri e da un filtro a manica, una concentrazione di diossine pari a 0,015 picogrammi per metro cubo, un decimo della quantità misurata dallo stesso Istituto, nell'aria in ingresso all'impianto TMB.

Questo risultato significa che dopo il passaggio nell'impianto biologico, l'aria utilizzata per la respirazione della flora microbica era meno inquinata da diossine rispetto a quanto riscontrato nell'aria in ingresso all'impianto.

Questa decontaminazione può essere spiegata, come fanno i ricercatori del Mario Negri, per assorbimento delle diossine da parte del compost che si forma nell'impianto, ma è anche possibile che le diossine diminuiscano per biodegradazione provocata dall'intensa attività microbica presente nell'impianto e nel bio filtro, un fenomeno che è stato verificato sperimentalmente e che avviene ad opera di specifici ceppi di funghi [47].

In base alla quantità d'aria necessaria per trattare una tonnellata di rifiuti con sistemi meccanico biologici, la concentrazione di diossine nell'aria in uscita, trovata dall'Istituto Mario Negri, farebbe stimare pari a 0,1 nanogrammi per tonnellata il fattore di emissione di diossine da parte di un impianto TMB, un valore cento volte inferiore alle prestazioni del miglior inceneritore oggi in funzione.

Si tratta di un risultato estremamente interessante, che sarebbe opportuno confermare anche sui tanti nuovi impianti TMB che si realizzano in Italia e in Europa.

Questo successo è dovuto anche per i costi molto contenuti dei Trattamenti Meccanico Biologici, a confronto di quelli degli inceneritori, in particolare quando si conteggiano i costi per il trattamento delle ceneri, rifiuti speciali e tossici che, come abbiamo già mostrato, sono prodotti in grande quantità dagli inceneritori [48].

References

1. **LISTS OF IARC EVALUATIONS ACCORDING TO IARC MONOGRAPHS - International occupational safety & health information centre**
[\[http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/iarclist.htm\]](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/iarclist.htm)
2. **Vreugdenhil HJI, Slijper FME, Mulder PGH, Weisglas-Kuperus N: Effects of perinatal exposure to PCBs and dioxins on play behavior in Dutch children at school age.** *Environmental Health Perspectives* 2002, 110(10):A593-A598.
3. **Remillard RBJ, Bunce NJ: Linking dioxins to diabetes: epidemiology and biologic plausibility.** *Environmental health perspectives* 2002, 110(9):853-858.
4. **Fierens S, Mairesse H, Heilier J-F, De Burbure C, Focant J-F, Eppe G, De Pauw E, Bernard A: Dioxin/polychlorinated biphenyl body burden, diabetes and endometriosis: findings in a population-based study in Belgium.** *Biomarkers : biochemical indicators of exposure, response, and susceptibility to chemicals* 2003, 8(6):529-534.
5. **Comunicazione della commissione al consiglio, al parlamento europeo e al comitato economico e sociale. Strategia comunitaria sulle diossine, i furani e i bifenili policlorurarti**
[\[http://ec.europa.eu/environment/waste/pcbs/pdf/it.pdf\]](http://ec.europa.eu/environment/waste/pcbs/pdf/it.pdf)
6. **Parzefall W: Risk assessment of dioxin contamination in human food.** *Food and Chemical Toxicology* 2002, 40(8):1185-1189.
7. **Focant J-F, Eppe G, Pirard C, Massart A-C, Andre J-E, De Pauw E: Levels and congener distributions of PCDDs, PCDFs and non-ortho PCBs in Belgian foodstuffs - Assessment of dietary...** *Chemosphere* 2002, 48(2):167-179.
8. **Taioli E, Marabelli R, Scortichini G, Migliorati G, Pedotti P, Cigliano A, Caporale V: Human exposure to dioxins through diet in Italy.** *Chemosphere* 2005, 61(11):1672-1676.
9. **Lieshout LV, Desmedt M, Roekens E, Fré RD, Cleuvenbergen RV, Wevers M: Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values.** *Atmospheric Environment* 2001, 35(Supplement 1):83-90.
10. **Kjeller L, Jones KC, Johnston AE, Rappe C: Increases in the Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin an furan content of soil and vegetation since the 1840s.** *Environ Sci Technol* 1991, 25:1619-1627.
11. **Seike N, Kashiwagi N, Otani T: PCDD/F contamination over time in Japanese paddy soils.** *Environmental science & technology* 2007, 41(7):2210-2215.
12. **Rose NL, Rippey B: The historical record of PAH, PCB, trace metal and fly-ash particle deposition at a remote lake in north-west Scotland.** *Environmental Pollution* 2002, 117(1):121-132.
13. **She J, Hagenmaier H: Levels and fate of PCDDs/PCDFs in soil around Raststätt in Southwest Germany.** *Organohalogen Compounds* 1996, 28:31-34.
14. **Malisch R: Increase of the PCDD/F-contamination of milk, butter and meat samples by use of contaminated citrus pulp.** *Chemosphere* 2000, 40(9):1041-1053.

15. Vaz R, Slorach SA, Hofvander Y: Organochlorine contaminants in Swedish human milk: studies conducted at the National Food Administration 1981-1990. *Food additives and contaminants* 1993, 10(4):407-418.
16. Norén K: Organochlorine contaminants in Swedish human milk from the Stockholm region. *Acta paediatrica Scandinavica* 1983, 72(2):259-264.
17. Pandelova M, Henkelmann B, Roots O, Simm M, Järv L, Benfenati E, Schramm K-W: Levels of PCDD/F and dioxin-like PCB in Baltic fish of different age and gender. *Chemosphere* 2008, 71(2):369-378.
18. Schecter A, di Domenico A, Turrio-Baldassarri L, Ryan JJ: Dioxin and dibenzofuran levels in the milk of women from four geographical regions in Italy as compared to levels in other countries. *Organohalogen Compounds* 1992, 9:227-230.
19. Abballe A, Ballard TJ, Dellatte E, Domenico Ad, Ferri F, Fulgenzi AR, Grisanti G, Iacovella N, Ingelido AM, Malisch R: Persistent environmental contaminants in human milk: Concentrations and time trends in Italy. *Chemosphere* 2008, 73(1):S220-S227.
20. Pollution of the EMEP Region. POPs Emissions. [http://msceast.org/pops/pcdd_table.pdf]
21. Schmid P, Gujer E, Zennegg M, Studer C: Temporal and local trends of PCDD/F levels in cow's milk in Switzerland. *Chemosphere* 2003, 53(2):129-136.
22. Chao H-R, Wang S-L, Lee C-C, Yu H-Y, Lu Y-K, Pöpke O: Level of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and biphenyls (PCDD/Fs, PCBs) in human milk and the input to infant body burden. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 2004, 42(8):1299-1308.
23. Charnley G, Kimbrough RD: Overview of exposure, toxicity, and risks to children from current levels of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin and related compounds in the USA. *Food and Chemical Toxicology* 2006, 44(5):601-615.
24. Towards environmental pressure indicators for the EU [<http://esl.jrc.it/envind/tepi99rp.pdf>]
25. Quasz U, Fermann M, Broker G: The European Dioxin Air Emission Inventory Project-- Final Results. *Chemosphere* 2004, 54(9):1319-1327.
26. Hubner C, Boos R, Prey T: In-field measurements of PCDD/F emissions from domestic heating appliances for solid fuels. *Chemosphere* 2005, 58(3):367-372.
27. Rapporto dell'osservatorio sul funzionamento del termoutilizzatore di Brescia, relativo agli anni 2004 e 2005. Brescia: Comune di Brescia Settore Ambiente ed Ecologia; 2006.
28. Desmedt M, Roekens E, De Fré R, Cornelis C, Van Holderbeke M: Threshold values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs. First results of deposition of DL-PCBs in Flanders (Belgium). *Organohalogen Compounds* 2008, 70:1232-1235.
29. Colles A, Koppen G, Hanot V, Nelen V, Dewolf M-C, Noël E, Malisch R, Kotz A, Kypke K, Biot P *et al*: Fourth WHO-coordinated survey of human milk for persistent organic pollutants (POPs): Belgian results. *Chemosphere* 2008, 73(6):907-914.

30. **Carvalhoes GK, Brooks P, Marques CG, Azevedo JAT, Machado MCS, Azevedo GC: Lime as the source of PCDD/F contamination in citrus pulp pellets from Brazil and status of the monitoring program. *Chemosphere* 2002, 46(9-10):1413-1416.**
31. **Grosso M, Cernuschi S, Giugliano M, Lonati G, Rigamonti L: Environmental release and mass flux partitioning of PCDD/Fs during normal and transient operation of full scale waste to energy plants. *Chemosphere Halogenated Persistent Organic Pollutants Dioxin 2004 - Selected, extended and updated proceedings of the 24th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs convened at the Technical University of Berlin, Germany, September 2004* 2007, 67(9):S118-S124.**
32. **Abad E, Adrados MA, Caixach J, Rivera J: Dioxin abatement strategies and mass balance at a municipal waste management plant. *Environ Sci Technol* 2002, 36(1):92-99.**
33. **Abad E, Caixach J, Rivera J, Gustems L, Massague G, Puig O: Surveillance programme on dioxin levels in ambient air sites in Catalonia (Spain). *Chemosphere* 2002, 49(7):697-702.**
34. **Waste-to-Energy Plants in Europe [<http://www.cewep.com/data/studies/art145,138.html>]**
35. **Choi MPK, Ho SKM, So BKL, Cai Z, Lau AKH, Wong MH: PCDD/F and dioxin-like PCB in Hong Kong air in relation to their regional transport in the Pearl River Delta region. *Chemosphere* 2008, 71(2):211-218.**
36. **Wang JB, Chang-Chien GP, Lin WY, Yeh JH, Hung CH: A seasonality study of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in ambient air in Kaohsiung (Taiwan)... *Journal of Hazardous Materials* 2009, 162(1):103-110.**
37. **Chang MB, Chang SH, Chen YW, Hsu HC: Dioxin emission factors for automobiles from tunnel air sampling in Northern Taiwan. *The Science of the total environment* 2004, 325(1-3):129-138.**
38. **Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on the best available techniques for waste incineration
[<http://www.jrc.es/pub/english.cgi/d1254337/28%20Reference%20Document%20on%20Best%20Available%20Techniques%20for%20Waste%20Incineration%20%28adopted%20August%202006%29%20-%2010.2%20Mb>]**
39. **Björklund AE, Finnveden G: Life cycle assessment of a national policy proposal - The case of a Swedish waste incineration tax. *Waste Management Life Cycle Assessment in Waste Management* 2007, 27(8):1046-1058.**
40. **Mechanical-Biological Pre-Treatment of waste. State of the art and potentials of biotechnology. http://www.gts-oekotech.de/docs/MBP_potentials_of_biotechnology.pdf
[http://www.gts-oekotech.de/docs/MBP_potentials_of_biotechnology.pdf]**
41. **Greenpeace_Environmental_Trust: Cool Waste Management. A state-of-the-art alternative to incineration for residual municipal waste. MBT.
<http://www.greenpeace.it/inquinamento/gestione/riutilizzo.pdf> 2003.**
42. **JRC EC: Reference Document on the best available techniques for waste incineration
ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/cvs_bref_1201.pdf; 2005.**

43. **Review of information on emissions.**
<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/research/health/pdf/health-report2.pdf> [
44. **Hermia J, Vigneron S: Catalytic incineration for odour abatement and VOC destruction.** *Catalysis Today* 1993, 17(1):349-358.
45. **Delhoménie M-C, Heitz M: Biofiltration of air: a review.** *Critical reviews in biotechnology* 2005, 25(1-2):53-72.
46. **Benfenati E: Indagine sperimentale per valutare le concentrazioni di PCDD/F nei vari comparti dell'impianto di bioessiccazione sito a Montanso Lombardo (LO). In.; 2003.** Comunicazione personale.
47. **Hiraishi A, Miyakoda H, Lim BR, Hu HY, Fujie K, Suzuki J: Toward the bioremediation of dioxin-polluted soil: structural and functional analyses of in situ microbial populations by quinone profiling and culture-dependent methods.** *Appl Microbiol Biotechnol* 2001, 57(1-2):248-256.
48. **Valerio F: Impatti ambientali delle ceneri e dei residui solidi prodotti dall'incenerimento di rifiuti urbani: rassegna bibliografica.** *Epidemiologia & Prevenzione* 2008, 32:244-253.