

VALUTAZIONE CRITICA RETROSPETTIVA DELLO STUDIO CONDOTTO SU LAVORATORI ADDETTI ALLA BONIFICA NELLA ZONA A DI SEVESO E MODERNA GESTIONE DEL RISCHIO DA DIOSSINA IN ZONE A FORTE PRESENZA DI INSEDIAMENTI INDUSTRIALI QUALE L'AREA DI TARANTO

Vittorio Esposito^{1,*}, Giorgio Assennato²

¹ ARPA Puglia, Dipartimento di Taranto, Taranto.

² Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Biologia, Bari.

Sommario – Il presente articolo intende fornire una valutazione critica delle azioni svolte per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori addetti alla bonifica della Zona A di Seveso, confrontandole con quanto svolto a tutela delle popolazioni e dei lavoratori impiegati nell'area industriale di Taranto rispetto alla potenziale esposizione a diossina che ha interessato, e tuttora interessa, entrambi i siti. Si tratta di due vicende che hanno messo in luce come a distanza di oltre 30 anni dal disastro di Seveso, e anche in tempi relativamente più recenti, le Autorità confrontate ad eventi impreveduti reagiscono con le possibilità offerte al momento dell'emergere del disastro, nei limiti dati dal contesto e con il rischio di parzialità e incompletezza dei monitoraggi, ma in assenza di alternative. Viene descritto lo studio che fu definito per valutare l'appropriatezza delle misure adottate per la protezione dei lavoratori nella bonifica delle sottoaree A1-A5 nella zona A di Seveso, le aree che presentavano la più rilevante contaminazione da TCDD, e che consisteva in uno studio prospettico controllato della durata di 2 anni, con confronti multipli tra i bonificatori ed un gruppo di controllo, costituito da operai non esposti. Parallelamente, viene presentato quanto messo in campo da ARPA Puglia a seguito dell'emergere della presenza di emissioni di diossina estremamente rilevanti da parte dell'impianto di agglomerazione ILVA di Taranto e della diffusa presenza di diossina nel territorio tarantino, inclusi i luoghi di lavoro, di vita e di produzione di derrate alimentari.

Parole chiave: *disastro, bonifica, siderurgia, esposizione, emissioni.*

CRITICAL RETROSPECTIVE EVALUATION OF A STUDY CONDUCTED ON CLEAN-UP WORKERS IN SEVESO ZONE A AND MODERN DIOXIN RISK MANAGEMENT IN AREAS WITH STRONG INDUSTRIAL PRESENCE AS THE AREA OF TARANTO

Abstract – The present paper is intended to provide a critical assessment of the actions carried out for the health surveillance of workers engaged in the reclamation of the Zone A of Seveso in comparison to actions enforced to protect the resident population and the

workers employed in the Taranto industrial area from the potential exposure to dioxin, a pollutant that affected, and still affects, both sites. Those two events have highlighted the fact that even 30 years since the disaster at Seveso, the Authorities that are confronted with unexpected events still react to the best of possibilities at the time of the emergence of the disaster, facing the risk of partiality and incompleteness of monitoring, but still in the absence of alternatives. We describe the study aimed at the evaluation of the appropriateness of what implemented in protection of clean-up workers active in the reclamation of sub-areas A1-A5 in zone A of Seveso, the areas that showed the most significant TCDD contamination. This resulted in a two-year controlled prospective study, with multiple comparisons between reclaimers and a control group, consisting in non-exposed workers. In parallel, we present the response by ARPA Puglia to the events of contamination by dioxin of environment, workplace and food samples of animal origin and following the determination of very high dioxin emissions from local steelworks.

Keywords: *disaster, remediation, metallurgy, emissions, exposure.*

1. INTRODUZIONE

Uno degli Autori (G.A.) fu consulente come epidemiologo occupazionale per l'Ufficio Speciale di Seveso della regione Lombardia dal 1979 al 1983. Uno dei primi compiti fu quello di disegnare, realizzare e valutare uno studio sulla salute dei lavoratori addetti alla bonifica nella zona A, la zona fortemente contaminata da 2,3,7,8-TCDD. Il rationale dello studio era legato al fatto che le routine attività di sorveglianza sanitaria nei confronti dei lavoratori potenzialmente esposti a TCDD non erano sufficienti a tutelare la salute degli addetti, dato che all'epoca non era possibile effettuare un adeguato monitoraggio biologico attraverso misure ematiche di TCDD. All'epoca l'unica possibilità di effettuare misure biologiche di TCDD consisteva nel sottoporre i soggetti ad una biopsia adiposa con almeno 5 grammi di tessuto adiposo, cosa evidentemente eticamente inaccettabile.

* Per contatti: ARPA Puglia, Dipartimento di Taranto, Via Anfiteatro 8, 74100 Taranto. Tel. 099.9949764; Fax 099.9946311. E-mail: v.esposito@arpa.puglia.it.

cettabile. D'altra parte in precedenti episodi si erano manifestati casi certi o sospetti di intossicazioni da TCDD nei bonificatori: in particolare nel 1953 presso una fabbrica della tedesca BASF analoga all'ICMESA c'era stata un'esplosione e quando, dopo due anni, un lavoratore rientrò per la bonifica ebbe una intossicazione acuta con pancreatite ed epatite acuta rapidamente fatale (Thiess et al, 1982). Analogamente ben 79 casi di cloracne si erano verificati in un impianto analogo in lavoratori non presenti al momento dell'esplosione ma rientrati per le operazioni di bonifica immediatamente dopo l'evento. In un incidente simile in un impianto della Philips in Olanda ben dieci su sedici lavoratori svilupparono cloracne. L'impianto fu poi smantellato, caricato su una nave ed affondato nell'oceano Atlantico (Dalderup, 1974) con misure di sicurezza molto simili a quelle adottate a Seveso. I dispositivi di protezione individuale includevano una tuta "air-supplied" in cui l'aria era fornita da un compressore collocato in un locale adiacente. Alle operazioni di bonifica furono addetti dieci lavoratori, nessuno dei quali ebbe né sintomi clinici né deviazioni rilevanti di parametri di laboratorio. Altri due lavoratori che non appartenevano alla squadra di bonifica furono inviati sugli impianti per svuotare delle cisterne. In una occasione non rispettarono i codici di comportamento stabiliti, per cui entrambi a poche settimane distanza ebbero delle anomalie nei parametri funzionali epatici che si evidenziarono undici settimane dopo l'episodio e ritornarono molto lentamente nella norma nel periodo successivo. Di qui la necessità di definire un protocollo di studio molto rigido per la sorveglianza sanitaria, fondato sulla conoscenza per ciascun lavoratore dei valori dei parametri di laboratorio prima, durante e dopo l'attività di bonifica.

In relazione alla gestione del rischio da diossina in altre aree a forte presenza di insediamenti industriali e in tempi più recenti può essere utile illustrare il caso di Taranto, per il quale a partire dall'anno 2007 l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente (ARPA) della Regione Puglia sotto la Direzione Generale dell'autore G.A. ha condotto una serie di campagne di misura alle emissioni convogliate per gli impianti industriali situati nell'area industriale della città. Sebbene per queste industrie, ed in particolare per il centro siderurgico a ciclo integrale, attivo a partire dagli anni sessanta, quindi di molto precedente il disastro di Seveso, le stime sul flusso di massa annuale di inquinanti organici per-

sistenti (POPs), basate su dati nazionali comunicati dagli stessi gestori degli impianti, fossero già disponibili e pubblicate negli inventari Europei, le misure reali restituirono valori che superavano le precedenti stime, peraltro già decisamente elevate, e resero necessario uno studio approfondito sul trasporto e sull'accumulo di diossine e PCB nei vari compartimenti ambientali e sul conseguente impatto sulla catena alimentare. Il ritrovamento di elevati valori di diossine e PCB diossina-simili in campioni di origine zootecnica, eccedenti i tenori massimi fissati in sede Europea, causò l'immediato allarme fra i cittadini e le Autorità locali. Come prima ed immediata risposta fu promulgata una Legge Regionale (LR 44/2008), che impose limiti più stringenti alle emissioni convogliate per il settore metallurgico. A seguito di queste azioni legislative si è ottenuta una netta riduzione del flusso di massa annuale di POPs come evidenziato dalle più recenti misurazioni alle emissioni convogliate (Esposito et al., 2014). Tuttavia, le emissioni diffuse e fuggitive contribuiscono ancora in maniera significativa all'impatto complessivo sui suoli agricoli e sulle superfici urbane, come dimostrato dai livelli di diossine e PCB diossina-simili riscontrati nelle deposizioni atmosferiche.

1.1. La bonifica della Zona A di Seveso

Nella bonifica della zona A di Seveso (Figure 1-2, 4-6) che si presentava, sulla base dei dati di letteratura, particolarmente complessa e rischiosa (Di Domenico et al, 1980), fu definito uno studio volto a valutare l'efficienza e l'efficacia delle misure



Figura 1 –Seveso, bonificatori addetti alla rimozione manuale di rifiuti



Figura 2 – Seveso, lavoratori addetti al monitoraggio delle polveri

adottate per la protezione dei lavoratori nella bonifica delle sottoaree A1-A5 nella zona A di Seveso, le aree più pesantemente contaminate da TCDD. Il disegno dello studio corrispondeva a quello di uno studio prospettico controllato della durata di 2 anni, basato su confronti multipli nei due gruppi studiati, i bonificatori ed un opportuno gruppo di controllo, costituito da operai non esposti. Nel periodo Marzo-Giugno 1980 furono effettuate le visite preassuntive (Ghezzi et al, 1982). La maggior parte degli operai aveva lavorato in precedenza in cantieri edili, nessuno era mai stato addetto ad operazioni di bonifica. Alla fine del periodo di reclutamento, furono selezionati 36 operai da avviare alla bonifica e 36 operai del gruppo di controllo. I parametri da determinare furono selezionati sulla base dei dati di letteratura che segnalavano l'epatotossicità e l'azione sul metabolismo lipidico e sulle porfirine della TCDD. Le visite periodiche furono effettuate ogni trenta giorni, mentre per i controlli gli esami erano ripetuti ogni sei mesi. Alla fine della bonifica (nel 1984) furono effettuate ulteriori controlli a 6 e a 12 mesi dalla fine dell'attività lavorativa, in entrambi i gruppi (Assennato et al, 1989).



Figura 3 – Taranto, mappa dell'area urbana e industriale con localizzazione dei punti di prelievo delle deposizioni atmosferiche

1.2. Il caso Taranto

Nel territorio regionale pugliese, numerosi impianti industriali emettono in atmosfera grandi quantità di sostanze nocive. In particolare, il polo siderurgico di Taranto (Figure 3, 7÷10), attivo dal 1965, ed in particolare l'impianto di agglomerazione del minerale di ferro, che risulta essere la fonte prevalente di emissioni convogliate di diossine per gli impianti siderurgici a ciclo integrale (Giua et al., 2009), sia in termini di concentrazioni misurate nei fumi e sia per di flusso di massa annuale (Lahl, 1993; Aries et al., 2006).

Nel mese di febbraio 2008 venne diffusa la notizia del ritrovamento in analisi autoprodotte dall'Associazione Peacelink di elevate concentrazioni di diossine e PCB diossina-simili in un campione di formaggio di capra acquistato a Taranto presso un allevatore di ovi-caprini. Nel mese di marzo 2008 il Dipartimento di Prevenzione della ASL Ta/1 ed ARPA Puglia disposero le analisi di n. 3 campioni di latte ovi-caprino che confermarono, almeno in un caso, l'eccedenza dei tenori massimi di PCDD/F e PCB diossina-simili stabiliti dal Regolamento CE 1881/2006 allora vigente. Nei giorni immediata-

mente successivi furono analizzati, dal Laboratorio Nazionale di Riferimento per le diossine in alimenti e mangimi (IZS A&M di Teramo), ulteriori campioni di latte ovi-caprino e furono confermate concentrazioni eccedenti i tenori massimi in vigore (Diletti et al., 2009).

Allo scopo di valutare l'estensione del fenomeno di contaminazione fu quindi sviluppato un Piano Straordinario di Monitoraggio per le aziende agricole e le aree adibite a pascolo in agro della Provincia di Taranto. Il Piano ha previsto l'analisi di campioni di alimenti (latte, prodotti caseari, uova, tessuti animali), mangimi e foraggi, suolo, acque sotterranee, e deposizioni atmosferiche.

La caratterizzazione dell'impatto ambientale associato alle emissioni industriali è stata condotta con l'obiettivo di delineare compiutamente il quadro ambientale tarantino e di fornire gli strumenti di conoscenza utili per l'assunzione di decisioni che hanno rilevanza anche dal punto di vista socio-economico e delle prospettive di sviluppo del territorio.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Visita preassuntiva bonificatori Seveso

Alla visita preassuntiva dei lavoratori per la bonifica della Zona A di Seveso furono effettuati: l'anamnesi e la visita medica, il prelievo di 10 ml di sangue, la raccolta delle urine, i test di funzionalità respiratoria, la valutazione funzionale neurologica con elettromiografia e misura della velocità di conduzione. I parametri ematochimici valutati erano enzimi epatici (ALT, AST, Fosfatasi Alcaline, gamma GT, Bilirubina totale, colesterolemia, trigliceridi, marker virali per epatite B, Elettroforesi delle proteine sieriche, esame emocromocitometrico. Le porfirine totali e l'acido delta-amino-



Figura 4 – Seveso, lavoratori addetti alla demolizione di manufatti

nolevulinico (ALA) furono misurati nelle urine di ciascun soggetto in studio.

2.2. Campionamenti eseguiti a Taranto

I campioni di emissione in atmosfera sono stati prelevati da ARPA Puglia, ad eccezione dei prelievi del periodo 2007-2008 effettuati da SGS di Villafranca Padovana, secondo la norma UNI EN 1948-1 (metodo del filtro-condensatore) utilizzando un sistema Isostack (TCR Tecora, Corsico MI). Il punto di prelievo è localizzato ad una quota di 54m al camino E312 dell'impianto di Agglomerazione AGL2 dello stabilimento siderurgico ILVA di Taranto, diametro interno 10m, portata media annuale 5×10^6 m³/ora (portata normalizzata $3,4 \times 10^6$ Nm³/ora), funzionamento circa 8000 ore/anno.

I campioni di deposizione atmosferica sono stati prelevati secondo metodo ISTISAN 06/38 utilizzando campionatori Depobulk in vetro Pyrex (Lab-service Analytica, Anzola Emilia BO) localizzati in n. 4 diverse postazioni dei Comuni di Taranto e

Tabella 1 – Valori medi di porfirine urinarie nei lavoratori esposti e non esposti durante la bonifica della Zona A di Seveso, durante diversi controlli (valori in µg/l)

	Lavoratori esposti			Lavoratori non esposti		
	Media	±	errore standard	Media	±	errore standard
Assunzione	85,34	±	9,2	86,61	±	9,6
Prima visita	83,12	±	8,5	95,23	±	9,36
Seconda visita	73,11	±	5,35	72,98	±	5,56
Terza visita	84,04	±	8,8	76,03	±	8,1
Quarta visita	75,14	±	8,33	77,26	±	8,61
Quinta visita	72,91	±	5,11	74,04	±	5,97



Figura 5 – Seveso, bagnatura delle superfici per limitare la risospensione di polveri

Statte. Per ogni postazione (Figura 3) sono stati prelevati n. 12 campioni mensili a partire dall'anno 2008 come meglio descritto in Esposito et al. 2012.

2.3. *Analisi di laboratorio per PCDD/F e PCB*

I campioni prelevati a partire dal maggio 2008 sono stati analizzati presso ARPA Puglia, Polo di Specializzazione Microinquinanti, Dipartimento di Taranto. I campioni di emissione convogliata prelevati fino al maggio 2008 sono stati analizzati dal Consorzio INCA (Marghera VE). Per tutti i campioni si è impiegata la tecnica della diluizione isotopica tramite standard marcati al ^{13}C (Cambridge Isotope Laboratories, Andover MA USA) e Spettrometria di Massa ad Alta Risoluzione (ThermoFisher, DFS HRMS, Bremen DE) secondo norma UNI EN 1948 2-3-4 (PCDD/F e PCB in emissioni in atmosfera), metodo EPA 1613 (PCDD/F, tutte le matrici), metodo EPA 1668 (PCB, tutte le matrici).

3. *RISULTATI E DISCUSSIONE*

3.1. *Addetti alla bonifica della zona A di Seveso*

I dati di base alla visita preassuntiva per i bonificatori di Seveso non evidenziarono differenze significative tra gli operai che sarebbero stati addet-

ti alla bonifica e quelli di controllo. Nessun caso clinico rilevante di tipo dermatologico, neurologico, internistico fu osservato nel periodo in studio, anche dopo la fine della bonifica. Alle visite periodiche cinque lavoratori furono considerati non idonei alla mansione e quindi licenziati. Le cause della non idoneità furono valori anomali di ALT e AST in due visite successive con successiva normalizzazione; un lieve aumento della gammaGT, positività persistente all'HBsAg; uso di farmaci antiepilettici e grave ipertensione. Il primo caso teoricamente avrebbe potuto avere una qualche connessione con l'esposizione a TCDD, anche se il soggetto aveva avuto un incremento ponderale molto forte nei due mesi.

Considerando il test delle porfirine urinarie come l'indicatore più sensibile di effetto sanitario precoce da inalazione di TCDD, lo studio mostra che non vi è alcuna differenza significativa tra esposti e non esposti né alla visita di assunzione né in ciascuna delle cinque successive visite periodiche dopo l'assunzione. All'assunzione il valore medio di porfirine urinarie era pari a $85.34 \mu\text{g/l}$ (± 9.2 errore standard E.S.) negli esposti rispetto a $86.61 \mu\text{g/l}$ (± 9.6) nei non esposti. I valori misurati nelle successive visite periodiche sono mostrati in Tabella 1. All'interno dei soli bonificatori non si osservava nessuna relazione esposizione-risposta stratifican-



Figura 6 – Seveso, vista aerea del bacino di raccolta rifiuti



Figura 7 – Taranto, ispettori ISPRA/ARPA presso impianto di agglomerazione del minerale di ferro



Figura 8 – Taranto, parco loppa durante ispezione ISPRA/ARPA

do i lavoratori in base al numero di ore lavorate come addetto alla bonifica (poco esposti con meno di 200 ore di lavoro, mediamente esposti da 201 a 400 ore, molto esposti oltre le 400 ore di lavoro). L'assenza di una relazione positiva tra indicatori di esposizione e indicatore di risposta biologica è chiaramente dimostrato che nel sottogruppo a maggiore esposizione il valore medio più alto ($96.4 \pm 9.9 \mu\text{g/l}$) fu osservato alla visita di assunzione (prima cioè dell'inizio dei lavori di bonifica) e il valore più basso all'ultima visita ($66.9 \pm 7,1 \mu\text{g/l}$). Fu anche effettuata un'analisi discriminante per evidenziare eventuali differenze tra i due gruppi e, all'interno dei bonificatori, tra i valori di base e quelli successivi all'inizio della bonifica ma non si

riscontrò alcuna significatività statistica. Analogamente, suddividendo i lavoratori in funzione del numero di ore lavorate alla bonifica non si riscontrò alcuna differenza significativa tra i sottogruppi.

3.2. Il caso Taranto

3.2.1. Le emissioni industriali

Durante il periodo 2008-2015 un totale di n. 69 campioni di emissione in atmosfera sono stati prelevati al camino E312 dell'impianto di Agglomerazione situato nel polo siderurgico di Taranto. I risultati delle misurazioni per il parametro PCDD/F sono illustrati graficamente nella Figura 11 e riassunti in Tabella 2. La Figura 12 presenta la stima

Tabella 2 – Riepilogo delle concentrazioni di PCDD/Fs nei fumi delle emissioni convogliate dell'impianto di agglomerazione dell'ILVA di Taranto, nel periodo 2007-2015

Parametro	N prelievi	Intervallo min-max [pgTE/Nm ³]	Media [pgTE/Nm ³]	Mediana [pgTE/Nm ³]
PCDD/F	69	29 - 8344	938	216



Figura 9 – Taranto, reparto Gestione Rottami Ferrosi durante ispezione ISPRA/ARPA



Figura 10 – Taranto, ispettori ISPRA/ARPA presso area ghisa

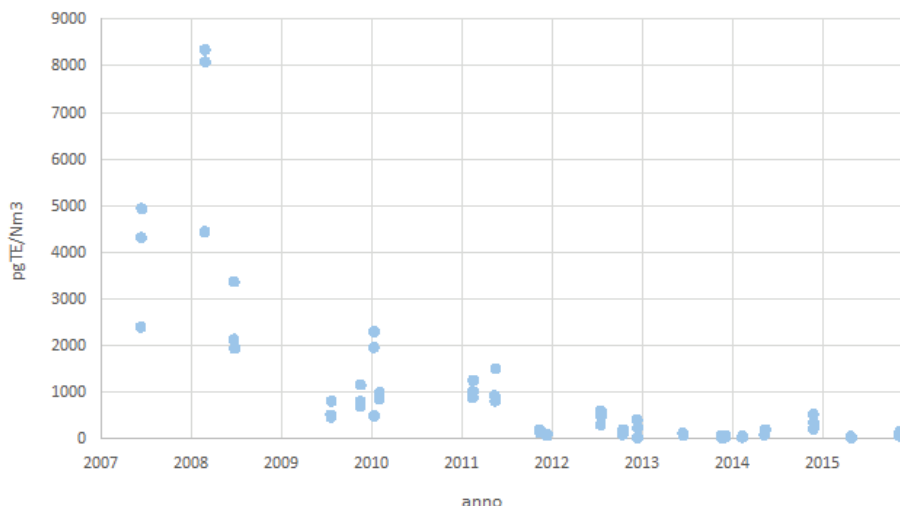


Figura 11 – Taranto, evoluzione delle concentrazioni di PCDD/F nelle emissioni dell'impianto di agglomerazione del polo siderurgico di Taranto nel periodo 2007-2015

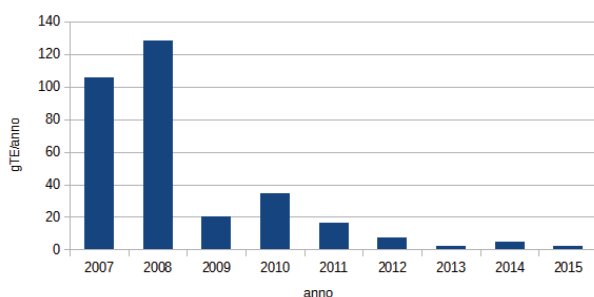


Figura 12 – Taranto, evoluzione del flusso di massa annuo di PCDD/F nelle emissioni del polo siderurgico di Taranto

del flusso di massa annuale di PCDD/F per il camino E312, espresso in grammi I-TE/anno (gI-TE/anno) considerando la portata nominale di $3,4 \cdot 10^6$ Nm³/ora e 8000 ore/anno di funzionamento dell'impianto di agglomerazione.

I primi controlli al camino dell'impianto di agglomerazione, nell'anno 2007, consentirono di stimare una emissione annua di PCDD/F superiore a 100 grammi/anno. Con Legge Regionale 44/2008 furono fissati nuovi limiti più restrittivi, con step successivi, e cioè: 2.5 ngI-TE/Nm³, da rispettare entro marzo 2009, e 0.4 ngI-TE/Nm³, da rispettare entro dicembre 2010.

Le tre campagne di controllo effettuate da ARPA Puglia nel 2010, in base alla legge regionale, hanno mostrato il rispetto del limite di 2.5 ngI-TE/Nm³. Invece, le prime campagne del 2011 hanno mostrato valori superiori al limite 0.4 ngI-TE/Nm³. A seguito, probabilmente, del consolidamento della gestione del processo, le campagne effettuate a partire dall'anno 2013 hanno mostrato valori significativamente inferiori a 0.4 ngI-TE/Nm³.

3.2.2. Le indagini ambientali

Numerosi campioni ambientali sono stati prelevati nel corso degli anni 2008-2010 presso le aziende agricole insistenti entro un raggio di 5 km dall'Area Industriale di Taranto, distanza che è stata in seguito estesa fino a 20 km (Esposito et al., 2010). Per questi campioni sono stati registrati superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione in vigore per i parametri PCDD/F (I-TE) e PCB (totali) in campioni di suolo e acqua sotterranea (D.Lgs. 152/06). Tuttavia, la maggior parte dei campioni nei suoli adibiti a pascolo hanno mostrato concentrazioni di diossine generalmente contenute entro il limite di 10 ngI-TE/kg per i siti ad uso verde pubblico, privato, e residenziale; si tratta di un limite che, in assenza di limiti specifici per i suoli agricoli, può essere assunto come riferimento legislativo, senza tuttavia che questo implichi la sua adeguatezza a prevenire fenomeni di bioaccumulo in animali al pascolo. Gli stessi campioni di suolo hanno invece mostrato alcuni superamenti del limite in vigore per il parametro PCB. La Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale per il parametro PCDD/F è pari a 10 ngI-TE/kg e può considerarsi adeguata per contenere entro livelli tollerabili l'esposizione dermica, inalatoria, ed alimentare (particellato occasionale) per i residenti su suoli con tali livelli di contaminazione. Maggiore attenzione merita il caso dei bambini, per i quali la quantità di suolo/particellato che da essi potrebbe venir occasionalmente ingerita può raggiungere quantità significative in rapporto al peso corporeo, senza tuttavia che ciò rappresenti necessariamente una minaccia per la salute.

Il caso degli animali al pascolo richiede tuttavia la considerazione di fattori che non sono applicabili al caso dell'esposizione umana. È infatti provato che un ovino al pascolo ingerisce dal 2% al 18% in peso di terreno rispetto al peso del foraggio mangiato ma anche fino al 25% secondo altri autori. Si nota come gli ovini esaminati avessero una assunzione media di suolo pari al 4,5% del foraggio mangiato, ossia 45 g/giorno di suolo secco per animali che ingeriscono circa 1 kg di materia secca (Hoffmann et al., 2003). Il problema della contaminazione degli animali dovuta all'ingestione di suolo contaminato anche a livelli di 1 ng WHO-TE/kg è peraltro ben noto sia all'estero che in Italia. In un'altra ricerca (Perucatti et al., 2006) si evidenzia come un'attenzione particolare deve essere rivolta alla quantità di suolo ingerita dai ruminanti, in quanto circa il 12% della razione di cibo giornaliera è costituita da terra ingerita durante il pascolo. Gli stessi autori sottolineano come i limiti di legge in vigore in Italia per il tenore di diossina nel suolo (10 ngI-TE/kg) siano notevolmente più elevati di quelli per il foraggio, pari a 0,75 ngWHO-TE/kg.

È utile sottolineare come alcuni paesi abbiano invece adottato limiti specifici per i suoli agricoli come ad esempio il Canada (4 ngI-TE/kg), la Germania (5 ngI-TE/kg), la Svizzera (5 ngI-TE/kg), e l'Olanda (1 ngI-TE/kg) (Ospar Commission, 2007). Un impatto particolarmente significativo della presenza delle diossine nel suolo è quello sul pollame ruspante: le uova prodotte da galline ruspanti che abbiano accesso a terreni con livelli pari a 1-2 ngI-TE/kg possono contenere 2-6 ng TE/kg su base lipidica e comunque fino a 4 volte la quantità tipicamente trovata in galline tenute in ambienti chiusi ed alimentate con cibi non contaminati (ibidem).

La modalità di immissione di PCDD/F nell'ambiente attraverso le deposizioni atmosferiche secche ed umide rappresenta uno dei principali meccanismi di contaminazione della catena alimentare (e quindi dell'uomo) sia attraverso l'ingestione diretta di polveri depositate, sia attraverso la contaminazione delle produzioni alimentari (zootecniche o ittiche) (Van Lieshout, 2001). Per questo motivo, il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche di microinquinanti organici riveste particolare importanza nella valutazione dell'impatto sull'ambiente delle emissioni di PCDD/F da parte delle varie sorgenti.

Le deposizioni atmosferiche totali di diossina e PCB diossina-simili sono oggetto di attenzione da

parte delle autorità Europee in quanto ritenute uno dei veicoli principali per l'introduzione di PCDD/F e PCB nella catena alimentare (e quindi nell'uomo), sia attraverso l'ingestione diretta di polveri depositate, sia attraverso la contaminazione delle produzioni alimentari (zootecniche o ittiche). Il materiale particellare sedimentabile deposita il suo carico di PCDD/F su vegetazione, corpi idrici, edifici e a qualsiasi tipo di superficie per semplice deposizione secca e gravità, mentre le piogge sono in grado di depositare anche le particelle altrimenti sospese ed in parte gli eventuali inquinanti presenti in fase gassosa. Per questo motivo, il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche di microinquinanti organici riveste particolare importanza nella valutazione dell'impatto sull'ambiente delle emissioni di PCDD/F da parte delle varie sorgenti.

Uno studio completo della massa totale di sostanze inquinanti che ricadono al suolo tramite deposizioni atmosferiche richiede una copertura temporale di almeno 12 mesi. Le deposizioni totali, infatti, sono fortemente influenzate dalle condizioni meteo-climatiche e pertanto possono subire fluttuazioni stagionali.

L'entità delle deposizioni di PCDD/F e PCB diossina-simili misurate a Taranto per le postazioni prossime ad aree su cui insistono aziende agricole/zootecniche appare compatibile con le concentrazioni di diossine riscontrate in campioni di terreno, acqua e latte/carni in animali da allevamento (Esposito et al., 2010; Brambilla et al., 2013). Sono risultate particolarmente elevate le deposizioni misurate per la stazione di campionamento "Quartiere Tamburi" e "Masseria Fornaro", entrambe eccedenti le soglie tollerabili proposte in sede di Comunità Europea (Desmet et al., 2008; LAI, 2004) pari ad 8,2 pgWHO-TE/m²/giorno die e 4 pgWHO TE/m²/giorno per la somma di PCDD/F e PCB diossina simili. Invece, i flussi di deposizione di PCDD/F presso le postazioni "Fondo urbano" e "Quartiere Borgo" risultano relativamente più basse, sebbene si collochino a ridosso delle soglie tollerabili (Figura 13).

La proposta di linea guida CE è stata formulata sulla base di un dettagliato studio di modelli "a catena" (De Fré et al., 2000). Questo modello include tre sotto-modelli: un modello atmosferico per il calcolo delle deposizioni secche e umide, un modello per il calcolo delle concentrazioni nel suolo e sulla vegetazione, ed infine un modello che descrive il trasferimento degli inquinanti a latte e carne negli animali al pascolo (cow model). Prenden-

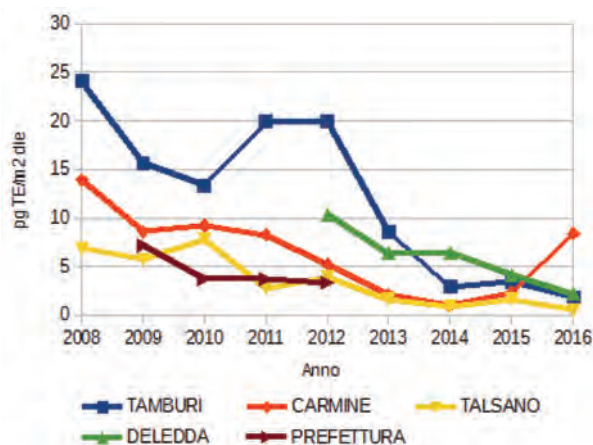


Figura 13 – Andamento del tasso di deposizione atmosferica annuo di PCDD/F + PCB diossina-simili nell'area di Taranto

do in considerazione tutte le vie di esposizione umana il modello è stato applicato per calcolare l'assunzione totale per gruppi di popolazione residenti nelle vicinanze di sorgenti di diossine e PCB diossina-simili e per derivare le linee guida sopra esposte.

3.2.3. Studi sulla popolazione e sui lavoratori

La mortalità residenziale dell'area di Taranto è stata oggetto di un primo studio (1980-1987) che ha evidenziato la presenza di fattori di inquinamento ambientale diffusi (Biggeri et al. 2004). Due studi caso-controllo hanno avvalorato l'ipotesi di un ruolo causale delle esposizioni ambientali a cancerogeni sulle neoplasie dell'apparato respiratorio (Vigotti et al., 2007, Marinaccio et al., 2011); è risultato evidente un trend di aumento del rischio di tumore polmonare e della pleura in funzione della diminuzione della distanza della residenza dall'area industriale ed una rilevante esposizione della popolazione maschile ad agenti di rischio di origine occupazionale. Uno studio geografico (Graziano et al., 2009) ha analizzato l'incidenza di alcune sedi tumorali nei 29 comuni della Provincia di Taranto (1999-2001) confermando l'evidenza di precedenti studi di mortalità di un aumento di rischio nell'area di Taranto per i tumori del polmone, pleura e vescica tra gli uomini. Lo studio S.E.N.T.I.E.R.I., finanziato dal Ministero della Salute (Piratsu et al. 2011), ha considerato il periodo 1995-2009 evidenziando un eccesso di rischio anche tra i sottogruppi di popolazione in età pre-lavorativa (nelle classi inferiori a un anno e a 14 anni). Su queste basi scientifiche e nell'ambito delle previsioni della legge della Regione Puglia n. 21 del 24 luglio 2012 ARPA Puglia ha pubbli-

cato il documento di Valutazione del Danno Sanitario (VDS, consultabile nelle sue successive edizioni al link www.arpa.puglia.it/web/guest/vds) che ha evidenziato come residui un rischio sanitario in eccesso per la città di Taranto anche con il miglioramento ambientale conseguibile con l'attuazione di tutte le misure previste dall'Autorizzazione Integrata Ambientale per lo stabilimento siderurgico. Per gli aspetti occupazionali è possibile citare uno studio trasversale (Bisceglia et al., 2005) sull'esposizione professionale ad idrocarburi policiclici aromatici (IPA) dei lavoratori impiegati nelle operazioni di manutenzione e nelle ditte di pulizia della cokeria delle acciaierie ILVA di Taranto, che ha evidenziato livelli urinari di biomarcatori della dose interna di IPA significativamente più elevati nel gruppo di lavoratori addetti alla manutenzione.

4. CONCLUSIONI

La maggiore differenza tra l'esperienza di Seveso e i precedenti incidenti industriali era legata al fatto che a Seveso l'area da bonificare era estesa (circa 55 ettari per la zona A), mentre gli altri incidenti avevano avuto un impatto soltanto all'interno degli stabilimenti industriali.

L'utilità di misure di base per ciascun lavoratore e di un opportuno gruppo di controllo è dimostrato dal fatto che in altre situazioni si erano verificati, oltre a casi molto seri di intossicazione, anche casi di minore gravità difficili da valutare. Lo studio effettuato ha consentito di definire l'efficienza delle misure protettive adottate nei confronti dei lavoratori addetti alla bonifica della zona A di Seveso pesantemente contaminata da TCDD.

In tempi relativamente più recenti, e nonostante per Taranto non risulti ancora la pubblicazione di studi epidemiologici analitici (caso-controllo, coorte) sullo stato di salute dei lavoratori in servizio presso le aziende operanti nel polo industriale di Taranto, l'Arpa Puglia ha posto con forza, sulla base delle numerose evidenze sperimentali, la necessità di definire i limiti alle emissioni degli impianti industriali e in particolare di quelli contenenti sostanze cancerogene e bioaccumulabili e la necessità di portare le emissioni di diossine nei fumi dell'impianto di agglomerazione dello Stabilimento siderurgico di Taranto ai livelli più bassi ottenibili riportati in letteratura. Dalle rilevazioni condotte è infatti emerso come sia possibile ridurre drasticamente le emissioni con l'adozione di tecnologie già consolidate e a costi ragionevolmente bassi (ad. es.

le citate addizioni di urea e carboni attivi), ma soprattutto con una migliore gestione degli impianti e con una efficace azione di controllo da parte delle Autorità Competenti per assicurare la corretta implementazione delle prescrizioni contenute nell'Autorizzazione Integrata Ambientale per l'esercizio degli impianti.

Elementi comuni legano le esperienze di Seveso e Taranto.

Un primo elemento comune è legato alla natura chimica dell'inquinamento: in entrambi i casi si tratta di diossine, anche se con caratteristiche molto diverse. Nel caso di Seveso si trattò di un disastro chimico che determinò il rilascio di quantità elevate (mai esattamente definite dal punto di vista quantitativo, con stime tra 1 e 30 kg di TCDD), nel caso di Taranto dell'impatto ambientale e sanitario delle emissioni convogliate e diffuse dell'impianto di agglomerazione, verificatesi nell'arco di mezzo secolo.

Un secondo elemento comune alle due situazioni è legato alla risposta istituzionale. In entrambi i casi, quando il problema ambientale è scoppiato (per la nube tossica nel primo caso, per la denuncia degli ambientalisti nel secondo) le istituzioni hanno dovuto far fronte ad una situazione del tutto inattesa, per la quale non erano disponibili servizi all'altezza delle necessità. In entrambi i casi, peraltro, è stata predisposta una risposta istituzionale in grado di far fronte alla gravità delle situazioni. Nel caso di Seveso, al momento di avviare la pericolosa attività della bonifica dell'area più inquinata, avendo riscontrato che in episodi precedenti i bonificatori avevano purtroppo dovuto subire le conseguenze sanitarie di una esposizione che si era evidentemente verificata, le istituzioni adottarono una strategia preventiva adeguata ad integrazione delle rigorose misure tecniche predisposte. Si poneva sia un problema di prevenzione individuale sia un problema di prevenzione collettiva. Dal punto di vista individuale, un problema all'epoca insormontabile era dovuto alla indisponibilità di misure di sorveglianza sanitaria fondate sul monitoraggio biologico individuale. All'epoca le tecniche analitiche disponibili poco sensibili non consentivano di effettuare le misure ematiche di TCDD nei lavoratori esposti. In precedenti situazioni, una valutazione di certezza dell'intossicazione da diossine contratta nel corso dei lavori di bonifica era stata impossibile per mancanza di dati di laboratorio sui singoli lavoratori prima che la bonifica fosse iniziata. Non era quindi possibile escludere che le alterazioni riscontrate

dei parametri di laboratorio fossero pregresse, legata ad altri fattori di rischio endogeni o esogeni. Nello studio proposto a Seveso, ciascun lavoratore fu sottoposto, prima dell'inizio dei lavori di bonifica, alla serie di esami ematochimici previsti nel protocollo dello studio. In questo modo, l'eventuale presenza di un delta tra un valore di laboratorio elevato riscontrato ed il valore misurato prima della bonifica acquisiva un preciso significato ai fini dell'accertamento dell'eventuale esposizione e dei relativi effetti. Analogamente ai fini di una adeguata prevenzione collettiva, era stata definita non soltanto la valutazione di gruppo dei dati in corso di bonifica rispetto ai dati precedenti ma anche una valutazione comparativa rispetto ad un gruppo di controllo esterno, per il quale erano disponibili i dati di laboratorio periodicamente aggiornati.

Ad una impossibilità tecnologica fu quindi risposto con un approccio empirico, certamente parziale ma, nel caso specifico, utile a gestire in modo relativamente efficace un potenziale problema. In entrambi i casi, infatti, pur nella carenza tecnologica e logistica e pur nella certezza che si sarebbe dovuto fare di più e diversamente, non si è indugiato sulla semplice sorveglianza sanitaria ma si è pianificata una valutazione d'insieme per evitare il pericolo di non evidenziare un danno manifesto. Come per Seveso, quando non era possibile effettuare misure ematiche di diossine sui lavoratori e sulla popolazione, anche per Taranto l'emergenza trovò ARPA Puglia non in grado di produrre campionamenti e misure di diossine nelle emissioni dalle sorgenti convogliate nelle aree industriali del proprio territorio, pur raccogliendo la sfida di potenziare le proprie infrastrutture raggiungendo la propria autonomia operativa nel 2009.

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Assennato G., Cannatelli P., Emmett E., Ghezzi I., Merlo F. (1989) Medical monitoring of dioxin clean-up workers. *Am Ind Hyg Assoc J.*, 50, 586-92.
- Aries E., Anderson D.R., Fisher R., Fray T.A.T. and Hemfrey D. (2006) PCDD/F and "Dioxin-like" PCB emissions from iron ore sintering plants in the UK. *Chemosphere*, 65, 1470-1480.
- Biggeri A., Bellini P., Terracini B. (2004) Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution-MISA 1996-2002. *EpidemiolPrev*, 4-5 (Suppl.), 1-100.
- Bisceglia L., de Nichilo G., Elia G. et al. (2005) Assessment of occupational exposure to PAH in coke-oven workers of

- Taranto steel plant through biological monitoring. *Epidemiol Prev*, 5-6 (Suppl.), 37-41.
- Brambilla G., De Filippis S. P., Esposito V., Settimo G. (2013) Dioxin Like Compounds Bulk Deposition on Corn (*Zea mays*) and Alfa Alfa (*Medicago sativa*): Modelled Levels on Derived Silage and Hay and Their Relevance for Dairy Production, *Clean – Soil, Air, Water*, 41, 113-118.
- Dalderup L.M. (1974) Safety measures for taking down building contaminated with toxic material. *T. Soc. Geneesk*, 52, 582-623.
- De Fré R., Cornelis C., Mensink C., Nouwen J., Schoeters G., Roekens E. (2000) Proposed limit values for dioxin deposition in Flanders. *Organohalogen Compounds*, 45, 324-327.
- Desmedt M., Roekens E., De Fré., Cornelis C., Van Holderbeke M. (2008) Threshold values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs. First results of deposition of DL-PCBs in Flanders (Belgium). *Organohalogen Compounds*, 70, 1232-1235.
- Di Domenico A., Silano V., Viviano G., Zapponi G. (1980) Accidental release of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) at Seveso, Italy: TCDD distribution in the soil surface layer. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 4, 298-320.
- Diletti G., Ceci R., Scortichini G., Migliorati G. (2009) Dioxin levels In livestock and grassland near a large industrial area in Taranto (ITALY). *Organohalogen Compounds*, 38, 2359-2363.
- Esposito V., Maffei A., Castellano G., Martinelli W., Conversano M., Assennato G. (2010) Dioxin levels in grazing land and groundwater in the surrounding of a large industrial area in Taranto (Italy). *Organohalogen Compounds*, 72, 736-739.
- Esposito V., Maffei A., Ficocelli S., Spartera M., Giua R., Assennato G. (2012) Dioxins from industrial emissions to the environment. The Taranto case study. *Ital. J. Occup. Environ. Hyg.*, 3, 42-48.
- Esposito V., Maffei A., Bruno D., Varvaglione B., Ficocelli S., Capoccia C., Spartera M., Giua R., Blonda M., Assennato G. (2014) POP emissions from a large sinter plant in Taranto (Italy) over a five-year period following enforcement of new legislation. *Science of the Total Environment*, 491-492, 118-122.
- Ghezzi I., Cannatelli P., Assennato G., Merlo F., Mocarelli P., Brambilla P., Sicurello F. (1982) Potential 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin exposure of Seveso decontamination workers. *Scand J work environ health*, 8, 176-179.
- Giua R., Menegotto M., Esposito V., Maffei A., Ficocelli S., Nocioni A. and Assennato G. (2009) PCDD/F wind-selective sampling in Taranto area. *Organohalogen Compounds*, 38, 2414-2417.
- Graziano G., Bilancia M., Bisceglia L., de Nichilo G., Pollice A., Assennato G. (2009) Statistical analysis of the incidence of some cancers in the province of Taranto 1999-2001. *Epidemiol Prev.*, 33, 37-44.
- Hoffman D. J., Barnett A., Rattner, G., Allen Burton, Jr., and John Cairns, Jr., editors (2003) *Handbook of Ecotoxicology 2nd Edition* pgg151-163, Lewis publisher, Boca Raton, Florida.
- ISS Istituto Superiore di Sanità (2006) Caratterizzazione ambientale del territorio del comune di Reggio Emilia inserita nel contesto provinciale.
- Lahl U. (1993) Sintering plants of steel industry – The most important thermal PCDD/F source in industrialized regions? *Organohalogen Compounds*, 11, 311-314.
- LAI (2004) Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind – Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe. Vom 21. Bericht des Länderrausschusses für Immissionsschutz (LAI).
- Marinaccio A., Belli S., Binazzi A. et al. (2011) Residential proximity to industrial sites in the area of Taranto (Southern Italy). A case-control cancer incidence study. *Ann Ist Super Sanità.*, 47, 92-199.
- OSPAR Commission (2007) OSPAR Hazardous Substances Series. Background Document on Dioxins.
- Perucatti A., Di Meo G.P., Albarella S., Ciotola F., Incarnato D., Jambrenghi A.C., Peretti V., Vonghia G., Iannuzzi L. (2006) Increased frequencies of both chromosome abnormalities and SCEs in two sheep flocks exposed to high dioxin levels during pasturage. *Mutagenesis*, 21, 67-75.
- Pirastu R., Iavarone I., Pasetto R., Zona A., Comba P. (2011) SENTIERI – Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento: risultati / SENTIERI Project - Mortality study of residents in Italian polluted sites: results, *Epidemiol Prev.*, 35, Suppl. 4, 1-204.
- Thiess A.M., Frenzel-Beyme R., Link R. (1982) Mortality study of persons exposed to dioxin in a trichlorophenol process accident that occurred in the BASF-AG on November 17, 1953. *American Journal of Industrial Medicine*, 3, 179-185.
- Van Lieshout L., Desmedt M., Roekens E., De Fre' R., Van Cleuvenbergen R., Wevers M. (2001) Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values. *Atmospheric Environment*, 35, Supplement 1, 583-590.
- Vigotti M.A., Cavone D., Bruni A., Minerba S., Conversano M. (2007) Analisi di mortalità in un sito con sorgenti localizzate: il caso di Taranto. In Comba P., Bianchi F., Iavarone I., Pirastu R. (eds). *Impatto sulla salute dei siti inquinati: metodi e strumenti per la ricerca e le valutazioni. Rapporti ISTISAN (07/50)*. Roma, Istituto Superiore di Sanità, 155-165.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare tutto il personale di ARPA Puglia, i Direttori di Dipartimento, i Responsabili dei Servizi, dirigenti e funzionari, in particolare quanti nel periodo 2006-2016 durante la Direzione Generale del Prof. Giorgio Assennato, hanno contribuito ad un decennio di autonomia, autorevolezza, trasparenza ed inclusività. In memoriam Prof. Italo Ghezzi, primario UO OML Medicina del Lavoro, Desio.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2017 è sostenuta da:

