

Attualità **Una indagine sulle emissioni in atmosfera dei crematori italiani** (Parte I)

di Ing. Dario Bernardi (*)

Introduzione

La crescita esponenziale, anche in Italia, della pratica della cremazione è ormai consolidata e nota a tutti gli attori del settore funerario e cimiteriale.

Dalle appena 15mila cremazioni effettuate nel 1995 si è passati alle 190mila del 2017 (di cui 157mila cadaveri).

L'aumento della domanda ha portato il numero di impianti attivi nel nostro Paese a 79.

All'interno dei crematori avviene una reazione di combustione e, dunque, vi è una emissione di un effluente gassoso di scarico in atmosfera.

L'installazione degli impianti è spesso accompagnata da frequenti contese tra amministratori e le comunità; anche questi impianti vengono visti come una potenziale minaccia per la salute.

Naturalmente, per quantità complessiva di materia introdotta nel forno e, di conseguenza, di inquinanti emessi, tali timori non sono sempre giustificati: è evidente, ad esempio, come l'impatto dei sistemi di riscaldamento o del traffico veicolare sia infinitamente superiore. Va pure ricordato che gli impianti devono essere sottoposti a controlli frequenti, rigorosi e stringenti.

In tale contesto, questa indagine condotta nel 2015 ambisce a dare una sintetica ma sufficientemente significativa risposta alla domanda di conoscenza sullo "stato dell'arte" dei crematori italiani relativamente all'aspetto delle emissioni in atmosfera.

I crematori sono tenuti ad effettuare analisi periodiche di controllo nell'ambito delle autorizzazioni ricevute dagli Enti autorizzatori: dunque è disponibile una enorme quantità di misure certificate.

Esistono precedenti tentativi di fornire un quadro complessivo, si ricorda ad esempio l'esaustivo e rigoroso lavoro di Santarsiero et al. (2005) ⁽¹⁾, ma appare comunque benvenuto un aggiornamento data la rapida evoluzione del settore menzionata in precedenza.

Una necessaria premessa è che le emissioni dei crematori sono soggette a importanti fluttuazioni: esse dipendono da numerosi fattori tra cui la tipologia di forno, di filtro abbattitore, di materiale introdotto nel forno: peso, età del cadavere, tipologie dei cofani (legno naturale, legno trattato, zinco, altri metalli, casse di cellulosa, imbottitura), presenza nel cadavere di protesi metalliche o amalgama dentale,

⁽¹⁾ Santarsiero A. et al., Urban crematoria emissions as they stand with current practice, *Microchemical Journal* 79 (2005), p.299–306.

sono variabili che determinano variazioni di diversi ordini di grandezza per alcuni inquinanti.

Ad oggi, l'Unione Europea attraverso la EEA (*European Environment Agency*) fornisce anche per gli impianti di cremazione, attraverso l'*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* – valori di riferimento per gli inquinanti principali, con intervalli di confidenza necessariamente molto ampi, ed espressi in termini di flusso di massa per cremazione (“*per body*”) ⁽²⁾.

Anche le realtà europee differiscono molto tra di loro, per ovvia ragione ulteriore rispetto a quelle elencate: la differenza di tempo nell'inizio e aumento di frequenza della pratica della cremazione nei diversi Stati, e conseguenti differenze nelle tecnologie disponibili al momento dell'installazione dei forni. È dunque possibile che una stima delle emissioni dei crematori italiani operata solo attraverso i valori guida forniti dal guidebook EEA possa essere, in alcuni casi, fuorviante.

In chi aveva pensato questa indagine sussisteva la convinzione che la sensibilità molto spiccata verso i temi dell'inquinamento atmosferico nell'opinione pubblica, limiti stringenti forniti dagli enti autorizzatori, e uno sviluppo della cremazione relativamente recente (legato quindi alla disponibilità di tecnologie avanzate rispetto al contenimento delle emissioni) potessero dare per il nostro Paese una situazione di emissioni “di riferimento” migliore rispetto alla media europea: i risultati hanno in buona parte confermato questa convinzione.

In questa prima parte si riepiloga la metodologia dell'indagine e si forniscono i primi risultati dei valori di concentrazione di riferimento ottenuti: alla seconda parte di articolo, in uscita nel prossimo numero, rinviamo le considerazioni conclusive e i confronti sui risultati rispetto al *guidebook EEA* e alla legislazione vigente.

L'indagine

ISPRA e SEFIT hanno richiesto ai gestori dei crematori (a Maggio del 2015) la compilazione di una scheda (Figura 1) relativa alla concentrazione di inquinanti rilevati durante le misure periodiche che i crematori sono tenuti ad effettuare, e informazioni di massima sul funzionamento dell'impianto.

⁽²⁾ <https://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook/emep>, EEA, 2016.

Allegato 1 – Tipologia minimale di misurazioni richieste per ogni crematorio

CREMATORIO:	Unità di misura	Valore		
		MED	min	max
PORTATA MEDIA NORMALIZZATA SECCA	Nm ³ /h			
TEMPO MEDIO PER UN CICLO DI CREMAZIONE DI CADAVERE	min			
PERIODO EFFETTUAZIONE MISURE (Data, ora e durata campionamenti)				
INQUINANTI				
NOx (come NO2)	mg/Nm ³			
CO	mg/Nm ³			
NMVOC*	mg/Nm ³			
SOx (come SO2)	mg/Nm ³			
TSP (polveri totali)	mg/Nm ³			
Pb	mg/Nm ³			
Cd	mg/Nm ³			
Hg	mg/Nm ³			
As	mg/Nm ³			
Cr	mg/Nm ³			
Cu	mg/Nm ³			
Ni	mg/Nm ³			
Se	mg/Nm ³			
Totale metalli pesanti	mg/Nm ³			
Zn (se disponibile)	mg/Nm ³			
Somma PCBs**	ng/Nm ³			
Somma PCDD/F ***	ng/Nm ³			
Somma IPA****	µg/Nm ³			
Benzo(a)pyrene (se disponibile)	µg/Nm ³			
Benzo(b)fluoranthene (se disponibile)	µg/Nm ³			
Benzo(k)fluoranthene (se disponibile)	µg/Nm ³			
Indeno(1,2,3-cd)pyrene (se disponibile)	µg/Nm ³			
HCB Hexachlorobenzene (se disponibile)	µg/Nm ³			
HCl	mg/Nm ³			
HF	mg/Nm ³			

* Composti organici volatili totali ** Policlorobifenili ***Diossine + Furani per tossicità equivalente I-TEQ ****Idrocarburi policiclici aromatici.
Valori di concentrazione espressi alle condizioni di riferimento (aria secca a 101.3 kPa, 273 K con 11% O2)
Specificare data, ora e durata dei campionamenti.
Ove non siano disponibili valori minimi e massimi, ad esempio per singolo campionamento, compilare solo la colonna "Valore MED"

N.B. Inviare copia delle misurazioni effettuate da laboratorio/ditta specializzata, preferibilmente con il modulo già compilato. E' possibile inviare la sola copia delle misurazioni contenente i dati di riferimento.

Figura 1 – Scheda di indagine (2015)

Hanno risposto 43 gestori per 50 complessive linee di cremazione, con risultati di prove effettuate tra il 2013 e il 2015, esclusivamente da Enti accreditati e certificati.

Le risposte fornite provengono da impianti che rappresentavano il 74% delle cremazioni complessive – di salme e resti mortali – sul totale nazionale del 2014 (109.486 su 147.367).

Non tutti i crematori hanno potuto fornire risultati relativi a tutti gli inquinanti richiesti. La dimensione del campione cambia dunque per ogni inquinante analizzato.

Vennero richiesti anche i valori di portata normalizzata dell'effluente e il tempo medio per un ciclo di cremazione.

Per operare un primo filtraggio e ridurre l'eterogeneità del campione, nonché l'effetto di eventuali errori e fluttuazioni locali, il campione per le analisi successive è costituito dai valori medi di concentrazione forniti da ciascun crematorio per ogni inquinante (la prima delle colonne in Figura 1).

In Tabella 1 sono riepilogati gli inquinanti per cui sono disponibili misure e la dimensione del campione per ciascuno.

INQUINANTE	N campione	INQUINANTE	N campione
NOx (come NO ₂)	43	Somma PCDD/F ***	26
CO	46	Somma IPA****	16
VOC* (TOC)	39	Benzo(a)pyrene	8
SOx (come SO ₂)	44	Benzo(b)fluoranthene	8
TSP (polveri totali)	47	Benzo(k)fluoranthene	8
Hg	35	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	8
Totale metalli pesanti	35	HCB Hexachlorobenzene	1
Zn	21	HCl	46
Somma PCBs**	2	HF	31

* Composti organici volatili totali ** Policlorobifenili ***Diossine + Furan per tossicità equivalente I-TEQ ****Idrocarburi policiclici aromatici.

Tabella 1 – inquinanti e dimensione del campione

I dati relativi a PCB, IPA (aggregati e singolarmente), HCB, sono poco numerosi e non consentono di effettuare approfondimenti significativi, tuttavia viene fornito comunque, per informazione, il valore medio riscontrato.

Metodologia

L'obiettivo della prima parte dell'indagine era quello di trovare dei valori di concentrazione di riferimento per gli inquinanti.

Attraverso questi valori di riferimento sarà poi possibile ricondursi ai valori di emissione per cremazione e ai flussi di massa complessivi, in modo da fare confronti con i valori del *Guidebook EEA* e operare ulteriori considerazioni sulla rilevanza della sorgente inquinante rispetto anche alla legislazione vigente.

Per quanto riguarda i valori di concentrazione misurati, si confronta il campione di osservazione con una distribuzione normale attraverso un *q-q plot*.

Se questo confronto ha esito positivo, il campione si considera normalmente distribuito e si forniscono i valori della media m , deviazione standard s e degli intervalli $m \pm s$, $m \pm 2s$ come valori guida per la concentrazione di inquinante.

In caso contrario, quando la distribuzione del campione è fortemente asimmetrica e si discosta considerevolmente dalla distribuzione normale, la media non è un indice sufficientemente robusto e si considerano quindi come valori guida la mediana, il primo e terzo quartile ($1q$ e $3q$) e i percentili 16 e 84 (pct16 e pct84). Per chiarezza e semplificando brutalmente, l'84esimo percentile è il valore sotto il

quale si colloca l'84 per cento del campione. Si ritiene di fornire anche il valore massimo e minimo riscontrato, a scopo orientativo.

Primi risultati sui valori di concentrazione

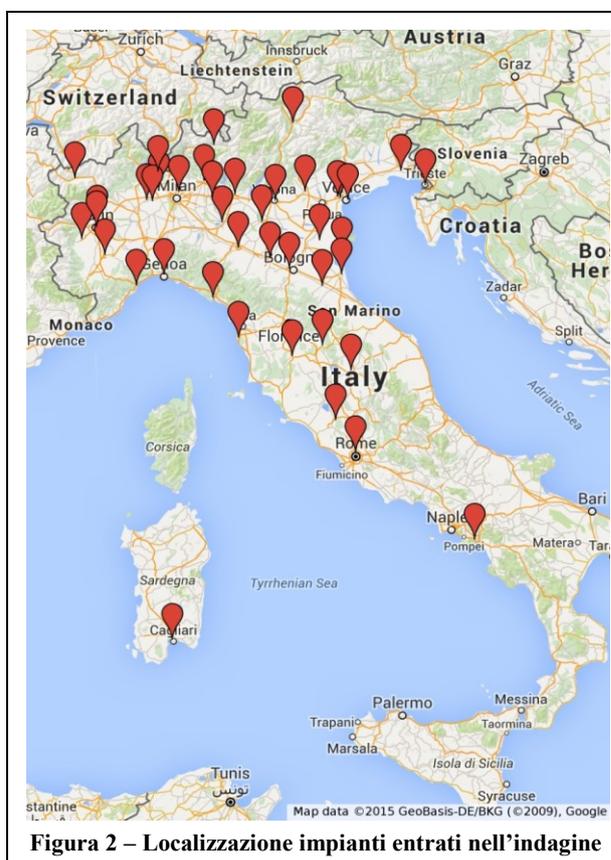
I primi risultati sono riepilogati in Tabella 2. Per orientarsi rispetto ai limiti di concentrazione forniti in fase autorizzativa, si riportano i limiti adottati da Arpa (Emilia-Romagna) in autorizzazioni concesse nel 2017.

È da ricordare che i limiti sono eterogenei a seconda dei territori.

Si può riscontrare come i limiti riportati, recenti e dunque piuttosto restrittivi specialmente se confrontati con autorizzazioni rilasciate in anni precedenti, siano ampiamente superiori ai valori di concentrazione indicativi restituiti dall'indagine (ricordiamo che le misure sono avvenute tra il 2013 e il 2015).

In molti casi infatti, anche i valori massimi riscontrati (quindi casi isolati, colonna "max") stanno al di sotto dei limiti autorizzatori.

Per diversi inquinanti c'è addirittura un ordine di grandezza di differenza tra i limiti e il valore indicativo: TOC, SOX, polveri totali (TSP), mercurio,



INQUINANTE	Unità	m (media)	s (devst)	m-2s	m+2s	m-s	m+s	min	max	LIM Arpae
NOx (come NO2)	mg/Nm ³	144.9	70.7	3.5	286.3	74.2	215.6	6	415	200
INQUINANTE	Unità	m (media)	med (mediana)	1q	3q	pct16	pct84	min	max	LIM Arpae
CO	mg/Nm ³	18.76	13.6	5	32	3	34.14	1	63	62.5
NMVOc* (TOC)	mg/Nm ³	3.8	3.1	1.5	5.05	0.8	5.6	0.004	19.1	12.5
SOx (come SO2)	mg/Nm ³	11.52	8	3.66	19.5	2.38	22.32	0.5	46	50
TSP (polveri totali)	mg/Nm ³	3.29	1.0	0.3	4.55	0.18	6.1	0.05	22.96	12.50
Hg	mg/Nm ³	0.0058	0.002	0.0005	0.0058	0.0005	0.0118	0	0.0420	0.05
Totale metalli pesanti	mg/Nm ³	0.15	0.0940	0.0380	0.1610	0.019	0.36	0.0005	0.83	0.5
Zn (autorizzati)	mg/Nm ³	0.63	0.158	-	-	-	-	-	-	5
Zn (non autorizzati)	mg/Nm ³	0.108	0.073	-	-	-	-	-	-	5
Somma PCBs	mg/Nm ³	2.2 10 ⁻⁵								
Somma PCDD/F	ng/Nm ³	0.03	0.011	0.003	0.038	0.0021	0.064	0.00023	0.227	0.1
Somma IPA	µg/Nm ³	0.50	0.055	-	-	-	-	-	-	10
Benzo(a)pyrene	µg /Nm ³	0.0133	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthene	µg /Nm ³	0.0234	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthene	µg /Nm ³	0.0109	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	µg /Nm ³	0.01264	-	-	-	-	-	-	-	-
HCB	µg /Nm ³	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-
HexaClBenzene	µg /Nm ³	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-
HCl	mg/Nm ³	3.92	1.07	0.55	3.7	0.38	8.92	0.01	26.3	30
HF	mg/Nm ³	0.343	0.2	0.1	0.34	0.045	0.61	0	1.98	5

Tabella 2 – Risultati dell'indagine: i valori di concentrazione indicativi per ciascun inquinante

metalli pesanti, diossine e furani (PCDD/F), IPA, HCl (acido cloridrico), HF (acido fluoridrico).

Appare dunque confermato quanto ipotizzato in premessa, ossia che pare vi sia uno sforzo consistente della gran parte dei gestori in Italia per una attenzione l'impatto ambientale, con investimenti nei dispositivi filtranti tali da raggiungere valori di emissione ben inferiori ai limiti previsti.

Rinviamo ulteriori considerazioni e confronti su questi valori di concentrazione, così come il calcolo relativo ai flussi di inquinanti per singola cremazione, alla seconda parte di questo articolo.

(*) *Ingegnere civile per l'ambiente e il territorio*