



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Settore Aria e Agenti Fisici



Regione Lombardia

L'inventario delle emissioni di metalli pesanti in Lombardia

Arsenico, Cadmio, Cromo, Nichel, Mercurio e Piombo

Alessandro Marongiu

a.marongiu@arpalombardia.it

Realizzato nell'ambito delle attività dell':

INVENTARIO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA IN LOMBARDIA ANNO 2008 PUBLIC REVIEW

[http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/InemarDatiWeb/
Inventario+delle+emissioni+in+atmosfera](http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/InemarDatiWeb/Inventario+delle+emissioni+in+atmosfera)

ARPA LOMBARDIA - REGIONE LOMBARDIA (2011), INEMAR,
Inventario Emissioni in Atmosfera: emissioni in Regione Lombardia nell'anno 2008 - dati per
revisione pubblica. ARPA Lombardia Settore Aria;
Regione Lombardia DG Ambiente, Energia e Reti.

Emissioni di metalli pesanti – rif. legislativi

As, Cd, Ni, Hg

- considerati dalla normativa comunitaria sulla qualità dell'aria (2008/50/CE), recepita nella legislazione nazionale (D.Lgs. 155/10), che prevede dei valori obiettivo di concentrazione in atmosfera per il 2012, in termini di media su un anno civile, rispettivamente di 6 ng/m³ per l'arsenico, 5 ng/m³ per il cadmio e 20 ng/m³ per il nichel. Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato.

Pb

- inizialmente soggetto ai limiti definiti dal DM 60/2002, è previsto un valore limite di concentrazione pari a 0,5 µg/m³ (D.Lgs. 155/10).

Cr

- nel suo stato di ossidazione esavalente è stato riconosciuto essere un agente cancerogeno (US-ATSDR, 2008).

Caratteristiche dei metalli pesanti in atmosfera

La forma chimica dei metalli pesanti determina la loro capacità di essere assunti, assorbiti o metabolizzati dagli esseri umani, e per questo ha un'importante influenza sulla loro tossicità, che presenta sostanziali differenze al variare dello stato di ossidazione e della solubilità.

As, Cd, Ni, Hg, Pb

- si trovano generalmente adsorbiti sul particolato aerodisperso, in differenti composti chimici e differenti gradi di ossidazione

Hg

- I profili di emissione del mercurio dalle principali categorie di emissione antropogenica considerano generalmente la suddivisione fra Hg(o) elementare allo stato gassoso, Hg(II) gassoso bivalente e Hg(p) sottoforma di particolato

Attività	Hg ^(o)	Hg ^(II)	Hg ^(p)	Incertezza
Combustione di carbone in centrali elettriche e caldaie	40 - 60 %	30 - 50 %	5 - 20 %	C
Combustione di carbone in piccole caldaie residenziali	40 - 60 %	20 - 40 %	10 - 30 %	E
Impianti di produzione primaria di piombo	70 - 90 %	5 - 15 %	1 - 15 %	D
Impianti di produzione primaria di zinco	70 - 90 %	10 - 20 %	5 - 10 %	D
Produzione di cemento	70 - 90 %	10 - 20 %	5 - 10 %	D
Produzione di ghisa ed acciaio (tutte le tecnologie)	60 - 80 %	20 - 40 %	0 %	D
Produzione di cloro-alcali	50 - 90 %	10 - 40 %	0 %	D
Incenerimento dei rifiuti	10 - 30 %	50 - 70 %	10 - 30 %	C

Theloke, et al. (2008)

Dati sull'esposizione e sulla tossicità dei metalli pesanti

IPCS

- International Programme for Chemical Safety
- www.inchem.org

EPA

- Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System
- www.epa.gov/iris

WHO

- World Health Organisation
- www.who.int

ACGIH

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- www.acgih.org/home.htm

ATSDR

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- www.cdc.gov/atsdr

Principali riferimenti

Convenzioni internazionali

C-LRTAP EMEP
<http://www.unece.org>

OSPAR
<http://www.ospar.org>

HELCOM
<http://www.helcom.fi>

Inventari delle emissioni

EMEP/EEA
<http://www.eea.europa.eu/>

ISPRA
<http://www.sinanet.apat.it/>

EPA FIRE
<http://www.epa.gov>

IIASA

Progetti UE

MAMCS
<http://www.eloisegroup.org>

MERCYMS
<http://www.iiacnr.unical.it/>

MOE
<http://www.eloisegroup.org>

EMECAP
<http://www.emecap.com>

ESPreme
<http://espreme.ier.unistuttgart.de>

Letteratura scientifica

Pacyna J., et al.
2009

van Storch et al.,
2003

Theloke et al.,
2008

Hulskotte et al.,
2006

Principali fonti di emissione

combustione di carbone ed olio;

produzione di ferro ed acciaio;

produzione di cemento;

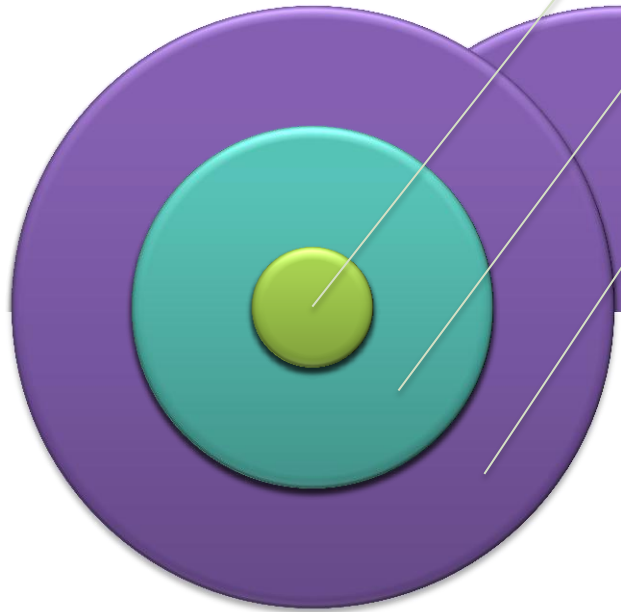
produzione di metalli non ferrosi;

incenerimento di rifiuti;

combustione di benzina (nel caso del Pb);

altre sorgenti (varie tipologie di impiego dei metalli);

Metodologie di stima delle emissioni



$$E_i = C_i \cdot P_F \cdot D$$

E_i = emissione dell'inquinante i (g anno⁻¹)
 C_i = concentrazione media dell'inquinante i (g Nm⁻³)
 P_F = portata dei fumi (m³ s⁻¹)
 D = durata di funzionamento dell'impianto in un anno solare (s anno⁻¹)

$$E_i = A \cdot FE_i^{na} \cdot (1 - \eta_i)$$

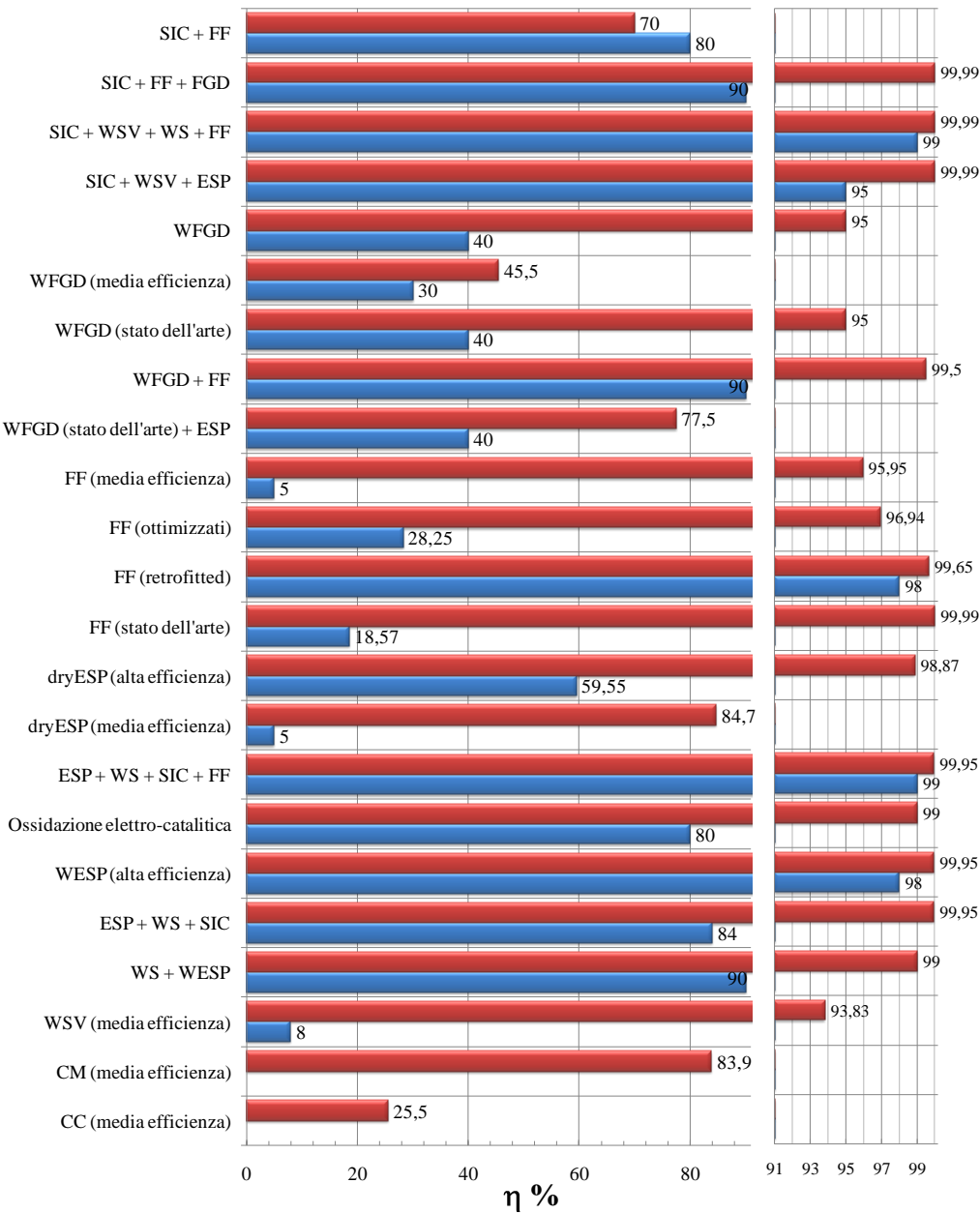
FE_i^{na} = fattore di emissione dell'inquinante i senza abbattimento (g t⁻¹ di prodotto)
 η_i = rendimento medio o di una specifica tecnologia di abbattimento per un determinato inquinante

$$E_i = A \cdot FE_i$$

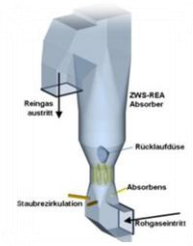
A = indicatore dell'attività, ad es. quantità prodotta, consumo di combustibile (t di prodotto anno⁻¹)
 FE_i = fattore di emissione dell'inquinante i (g t⁻¹ di prodotto), ossia emissione per unità di indicatore

Sistemi di abbattimento

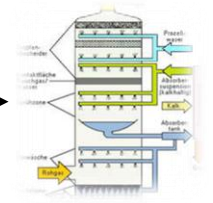
■ As, Cd, Cr, Ni, Pb ■ Hg



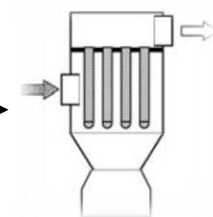
Iniezione carboni attivi



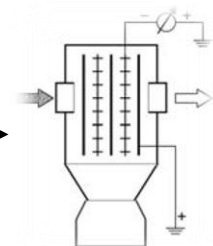
wFGD



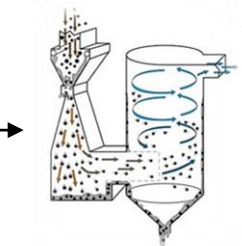
FF



ESP



wSV



Impiego delle tecnologie

Categoria del sistema di abbattimento	Descrizione	Tipologia di impianto	Impiego
Sistemi di desolforazione dei gas esausti	Sistemi ad umido di desolforazione dei gas esausti eventualmente seguiti da sistemi di depolverazione	WFGD	
		WFGD (media efficienza)	
		WFGD (stato dell'arte)	
		WFGD + FF	
		WFGD (stato dell'arte) + ESP	
Iniezione diretta di materiale adsorbente	Impiego di adsorbenti impregnate di Ca(OH) ₂	SIC controllo simultaneo di SO ₂ , NO _x e Hg	
	Iniezione di carboni attivi ed impiego di filtri	SIC + FF	
	Iniezione di carboni attivi, impiego di filtri e di sistemi di desolforazione	SIC + FF + FGD	
	Iniezione di carboni attivi, lavaggio tramite sistemi venturi con soluzione di Ca(OH) ₂ , lavaggio con NaOH ed impiego di filtri	SIC + WSV + WS + FF	
	Iniezione di carboni attivi, lavaggio tramite sistemi venturi ed impiego di filtri elettrostatici	SIC + WSV + ESP	
Sistemi di corretta gestione dell'impianto	Adozione di misure mirate non tecnologiche	Corrette operazioni di manutenzione e riparazione	
		Separazione dei rifiuti	
Sistemi di abbattimento del particolato	Cicloni	CC (media efficienza)	
		dryESP (alta efficienza)	
	Precipitatori elettrostatici	dryESP (media efficienza)	
		ESP + WS + SIC + FF	
		Ossidazione elettrocatalitica	
		WESP (alta efficienza)	
		ESP + WS + SIC	
	Filtri	FF (media efficienza)	
		FF (ottimizzati)	
		FF (retrofitted)	
		FF (stato dell'arte)	
	Sistemi multi ciclone	CM (media efficienza)	
	Sistemi di lavaggio ad umido	WS + WESP	
Sistemi di lavaggio ad umido venturi	WSV (media efficienza)		

ESP = elettrofiltro

WS = lavaggio ad umido

WFGD = sistemi di deacidificazione

FF = filtri a manica

SIC = iniezione di carboni attivi

CC = cicloni

CM = multi cicloni

SV = sistemi venturi

W = ad umido; dry = a secco



produzione di energia



processi di combustione nell'industria



processi produttivi



incenerimento dei rifiuti

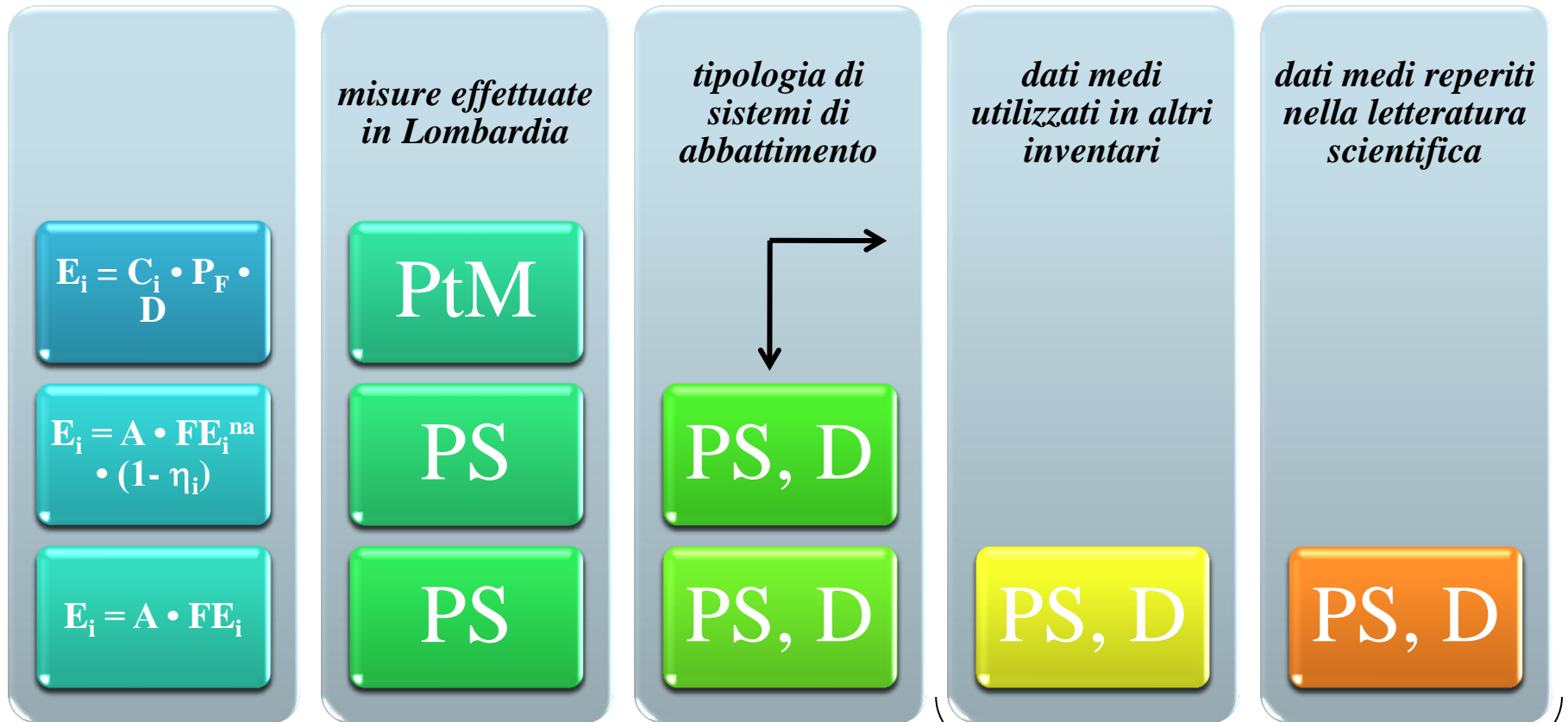
Fattori di emissione



Fattori intrinseci che influiscono sui FE

- contaminazione delle materie prime da parte dei metalli pesanti;
- proprietà chimico-fisiche dei metalli che ne determinano le caratteristiche durante i processi industriali;
- tecnologie dei processi industriali;
- tipologia e la efficienza dei sistemi di controllo delle emissioni

Stima delle emissioni



PtM – emissioni puntuali misurate

PS – emissioni puntuali stimate

D – emissioni diffuse

A cui si aggiungono algoritmi esterni per esempio per le emissioni da traffico

Quadro riassuntivo per le principali sorgenti di emissione

Processi di metallurgia secondaria

- Queste attività comprendono la produzione di rame, zinco, piombo ed alluminio di seconda fusione. I dati relativi alle emissioni di alcuni impianti di fusione secondaria, come per altri impianti di combustione ed incenerimento dei rifiuti, sono stati dichiarati dai gestori, nell'ambito del piano di monitoraggio dell'AIA (D.Lgs. 59/05 e modifiche).

Processi di alta temperatura

- L'attività di combustione in forni "clinker" per la produzione di cemento e quelle di incenerimento sono state caratterizzate in questo inventario attraverso le emissioni di alcuni impianti dichiarate dai gestori nell'ambito delle AIA e l'implementazione di fattori di emissione medi. Nei forni di produzione del clinker per il cemento Portland, le emissioni principali sono quelle dovute alla combustione con contatto e le emissioni dipendono fortemente dal contenuto iniziale di metalli pesanti nel combustibile e nelle materie prime.

Emissioni da traffico ed usura

- Secondo alcune stime effettuate nell'ambito del programma di inventario coordinato europeo per le emissioni di particolato (CEPMEIP) e di altri studi, l'usura dei pneumatici, dei freni e delle strade nell'ambito del settore dei trasporti sarebbe una fonte importante di emissione di materiale particolato caratterizzato da numerosi metalli pesanti tra cui Pb e Cu (CEPMEIP, 2003; Rauterberg-Wulff, 1999; Hulskotte et al. 2006). Tutte le emissioni generate dal traffico veicolare sono state calcolate con l'impiego della metodologia COPERT IV e l'utilizzo di fattori di emissione provenienti dalla letteratura scientifica.

Altre sorgenti di emissione

- Per le sorgenti di emissione quali la produzione di energia o la trasformazione dei combustibili, studiate nei progetti europei già precedentemente citati, i fattori di emissione provengono generalmente dalla letteratura scientifica o da altri inventari.

Fattori di emissione

SNAP	Attività	u.m.	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
01.01.01	Caldaie con potenza termica >= 300 MW - olio combustibile	mg GJ ⁻¹	12 ⁽⁴⁾	25 ⁽⁴⁾	62 ⁽⁴⁾	25 ⁽⁴⁾	862 ⁽⁴⁾	32 ⁽⁴⁾
01.01.04	Turbine a gas - gas naturale (metano)	mg GJ ⁻¹	0,10 ⁽³⁾	0,53 ⁽³⁾	0,68 ⁽³⁾	0,2 ⁽⁴⁾	1,02 ⁽³⁾	0,24 ⁽³⁾
01.02.03	Caldaie con potenza termica < 50 MW - rifiuti solidi urbani	mg GJ ⁻¹	4,8 ⁽⁴⁾	19 ⁽⁴⁾	72 ⁽⁴⁾	287 ⁽⁴⁾	19 ⁽⁴⁾	956 ⁽⁴⁾
01.03.02	Caldaie con potenza termica >= 50 e < 300 MW - olio	mg GJ ⁻¹	0,57 ⁽⁴⁾	0,55 ⁽⁴⁾	1,2 ⁽⁴⁾	0,18 ⁽⁴⁾	26 ⁽⁴⁾	0,95 ⁽⁴⁾
02.02.06	Camino aperto tradizionale a legna	mg GJ ⁻¹		9,6 ⁽⁴⁾		0,4 ⁽³⁾		4,8 ⁽⁴⁾
02.02.07	Stufa tradizionale a legna - legna e similari	mg GJ ⁻¹		9,6 ⁽⁴⁾		0,4 ⁽³⁾		4,8 ⁽⁴⁾
02.02.08	Camino chiuso o inserto - legna e similari	mg GJ ⁻¹		9,6 ⁽⁴⁾		0,4 ⁽³⁾		4,8 ⁽⁴⁾
03.01.02	Caldaie con potenza termica >= 50 e < 300 MW - rifiuti di legna	mg GJ ⁻¹		1,9 ⁽⁴⁾	687 ⁽¹⁾			68 ⁽¹⁾
03.01.03	Caldaie con potenza termica < 50 MW - legna e similari	mg GJ ⁻¹	34 ⁽¹⁾	1,86 ⁽¹⁾	167 ⁽¹⁾	1,86 ⁽¹⁾	20,56 ⁽¹⁾	3624 ⁽¹⁾
03.03.03	Fonderie di ghisa e acciaio	mg t prod. ⁻¹	300 ⁽³⁾	74 ⁽¹⁾	1738 ⁽¹⁾	40 ⁽³⁾	1061 ⁽¹⁾	305 ⁽¹⁾
03.03.07	Produzione di piombo di seconda fusione	mg t prod. ⁻¹	8000 ⁽³⁾	2750 ⁽⁴⁾				31738 ⁽¹⁾
03.03.08	Produzione di zinco di seconda fusione	mg t prod. ⁻¹	59 ⁽²⁾	205 ⁽²⁾		1,3 ⁽¹⁾	1,3 ⁽¹⁾	9 ⁽¹⁾
03.03.09	Produzione di rame di seconda fusione	mg t prod. ⁻¹	2000 ⁽³⁾		6,16 ⁽¹⁾		11 ⁽²⁾	90000 ⁽⁴⁾
03.03.10	Produzione di alluminio di seconda fusione	mg t prod. ⁻¹	170 ⁽¹⁾	128 ⁽¹⁾	7390 ⁽¹⁾	11 ⁽³⁾	657 ⁽¹⁾	1480 ⁽¹⁾
03.03.11	Cemento - petcoke	mg GJ ⁻¹	0,92 ⁽¹⁾	0,52 ⁽¹⁾	2,10 ⁽¹⁾	1,53 ⁽¹⁾	2,74 ⁽¹⁾	3,55 ⁽¹⁾
03.03.15	Contenitori di vetro - gas naturale (metano)	mg GJ ⁻¹	55 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	23,5 ⁽¹⁾	7,86 ⁽¹⁾	2,27 ⁽¹⁾	401 ⁽¹⁾
03.03.19	Laterizi e piastrelle	mg t prod. ⁻¹						200 ⁽¹⁾
03.03.20	Materiale di ceramica fine	mg t prod. ⁻¹						6000 ⁽¹⁾
03.03.25	Produzione di smalto	mg GJ ⁻¹		815 ⁽¹⁾				
04.02.07	Acciaio (forno elettrico)	mg t prod. ⁻¹	45 ⁽¹⁾	22 ⁽¹⁾	195 ⁽¹⁾	34 ⁽¹⁾	110 ⁽¹⁾	527 ⁽¹⁾
04.02.08	Laminatoi	mg t prod. ⁻¹	3,20 ⁽¹⁾	0,65 ⁽¹⁾	4,12 ⁽¹⁾	0,38 ⁽¹⁾	0,32 ⁽¹⁾	104 ⁽¹⁾
04.03.07	Galvanizzazione	mg t prod. ⁻¹			18,4 ⁽¹⁾		43,66 ⁽¹⁾	
04.04.07	Fertilizzanti composti (NPK)	mg t prod. ⁻¹	2,95 ⁽¹⁾	2,95 ⁽¹⁾	5,9 ⁽¹⁾	2,95 ⁽¹⁾	852 ⁽¹⁾	2,95 ⁽¹⁾
04.04.14	Fertilizzanti a base di fosforo	mg t prod. ⁻¹		500 ⁽⁴⁾				
09.02.01	Incenerimento di rifiuti solidi urbani - rifiuti solidi urbani	mg t rif. ⁻¹	11 ⁽¹⁾	11 ⁽¹⁾	21 ⁽¹⁾	69 ⁽¹⁾	146 ⁽¹⁾	277 ⁽¹⁾

1 - dati medi provenienti da misure effettuate in Lombardia;

2 - dati stimati sulla base della tipologia di sistemi di abbattimento utilizzati;

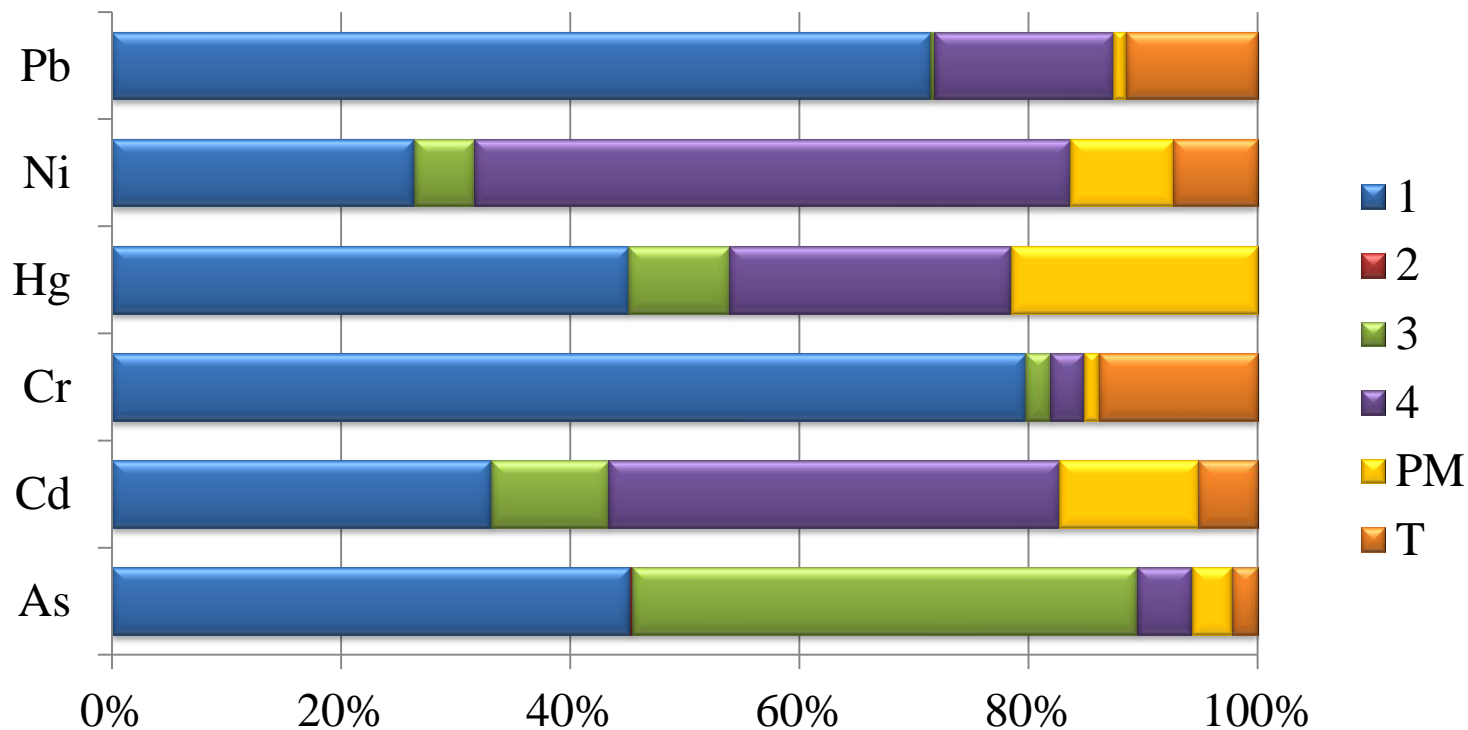
3 - dati medi reperiti nella letteratura scientifica;

4 - dati medi utilizzati in altri inventari;

Inventario delle emissioni di metalli pesanti in Lombardia - 2008

SNAP	Sorgente di emissione	min	As	max	min	Cd	max	min	Cr	max	min	Hg	max	min	Ni	max	min	Pb	max
01.01.01	Caldaie con potenza termica >= 300 MW - olio combustibile	21	58	165	43	121	343	106	301	850	43	121	343	1478	4180	11822	55	155	439
01.01.04	Turbine a gas	8	23	64	44	124	350	56	158	446	16	46	131	84	236	668	20	56	159
01.02.03	Caldaie con potenza termica < 50 MW - rifiuti solidi urbani	<1	<1	1	<1	1	3	2	4	13	6	18	51	<1	1	3	21	60	170
01.03.02	Caldaie con potenza termica >= 50 e < 300 MW - olio combustibile	<1	1	2	<1	1	2	1	2	4	<1	<1	1	124	351	992	<1	1	4
01.03.06	Forni di raffinaria - olio combustibile	20	57	160										160	456	1286			
02.02.06	Camino aperto tradizionale - legna e similari				13	38	107				1	2	4				7	19	53
02.02.07	Stufa tradizionale a legna - legna e similari				16	46	129				1	2	5				8	23	64
02.02.08	Camino chiuso o inserto - legna e similari				29	82	232				1	3	8				14	41	116
03.01.02	Caldaie con potenza termica >= 50 e < 300 MW - legna e similari	2	5	14	<1	<1	1	9	24	69	<1	<1	1	1	3	9	187	530	1498
03.01.02	Caldaie con potenza termica >= 50 e < 300 MW - rifiuti di legna				1	3	8	417	1021	2501							41	101	248
03.01.03	Caldaie con potenza termica < 50 MW - legna e similari	64	157	385	4	9	21	320	785	1923	3	8	20	39	97	236	5084	12453	30505
03.03.03	Fonderie di ghisa e acciaio	37	106	300	13	26	53	310	620	1239	23	64	181	190	380	760	59	118	235
03.03.07	Produzione di piombo di seconda fusione	213	602	1702	73	207	585										464	929	1857
03.03.09	Produzione di rame di seconda fusione	42	102	251	10	29	81	2	4	10				2	6	18	1357	3837	10854
03.03.10	Produzione di alluminio di seconda fusione	63	126	253	45	90	180	2649	5297	10594	3	8	22	236	471	943	563	1127	2253
03.03.11	Cemento - petcoke	6	12	25	4	7	14	14	28	57	24	49	98	19	37	74	24	48	96
03.03.15	Contenitori di vetro - gas naturale (metano)	68	136	272	44	88	175	29	58	116	10	19	39	3	6	11	496	992	1984
03.03.19	Laterizi e piastrelle				51	145	409	51	145	409	51	147	414	51	145	409	144	352	862
03.03.20	Materiale di ceramica fine																415	1173	3317
03.03.25	Produzione di smalto - gas naturale (metano)				22	62	175												
04.02.07	Acciaio (forno elettrico)	272	384	543	139	197	278	1147	1622	2293	187	264	374	645	912	1290	3204	4531	6408
04.02.08	Laminatoi	14	28	56	3	6	12	18	36	72	2	3	7	1	3	6	450	900	1799
04.03.02	Ferroleghie	<1	1	2	<1	1	2	<1	1	2	17	47	133	<1	1	3	3	10	27
04.03.10	Estrusione di metalli	1	3	8	1	2	7							60	172	486	94	268	754
04.04.07	Fertilizzanti composti (NPK)	<1	1	2	<1	1	2	1	1	3	<1	1	2	73	179	438	<1	1	2
04.04.14	Fertilizzanti a base di fosforo				15	43	120												
07.07.00	Usura dei pneumatici e dei freni	15	43	121	6	18	51	473	1352	3814				77	220	621	1287	3676	10367
09.02.01	Incenerimento di rifiuti solidi urbani - rifiuti solidi urbani	10	14	20	10	14	20	19	26	37	64	90	127	112	158	223	226	320	452
	Altre sorgenti di emissione	20	57	160	57	162	457	174	497	1400	41	116	326	271	773	2181	206	590	1664
	TOTALE EMISSIONI	876	1915	4503	643	1521	3818	5795	11982	25854	492	1009	2286	3625	8788	22480	14430	32309	76187

Impatto della metodologia di stima



1 - dati medi provenienti da misure effettuate in Lombardia;

2 - dati stimati sulla base della tipologia di sistemi di abbattimento utilizzati;

3 - dati medi reperiti nella letteratura scientifica;

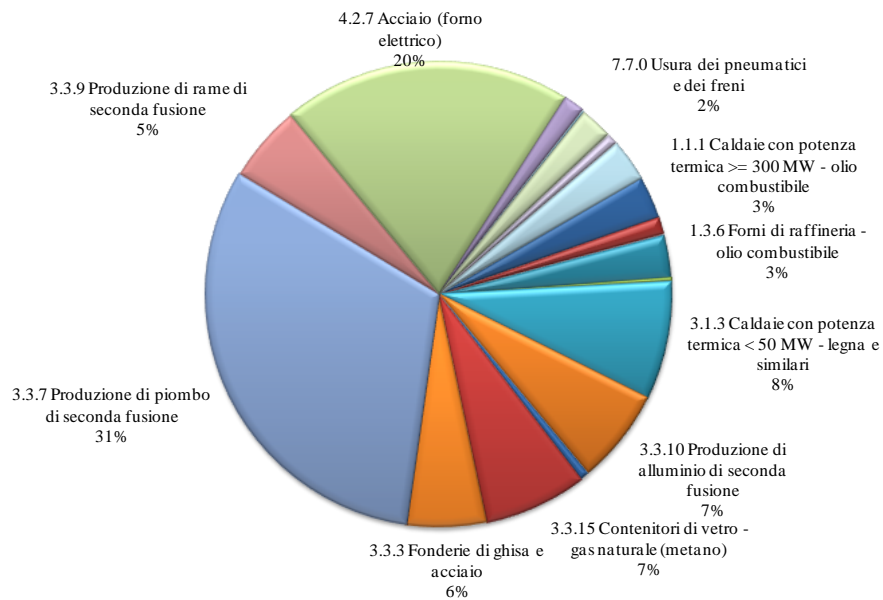
4 - dati medi utilizzati in altri inventari;

T - stima emissioni da traffico mediante COPERT IV

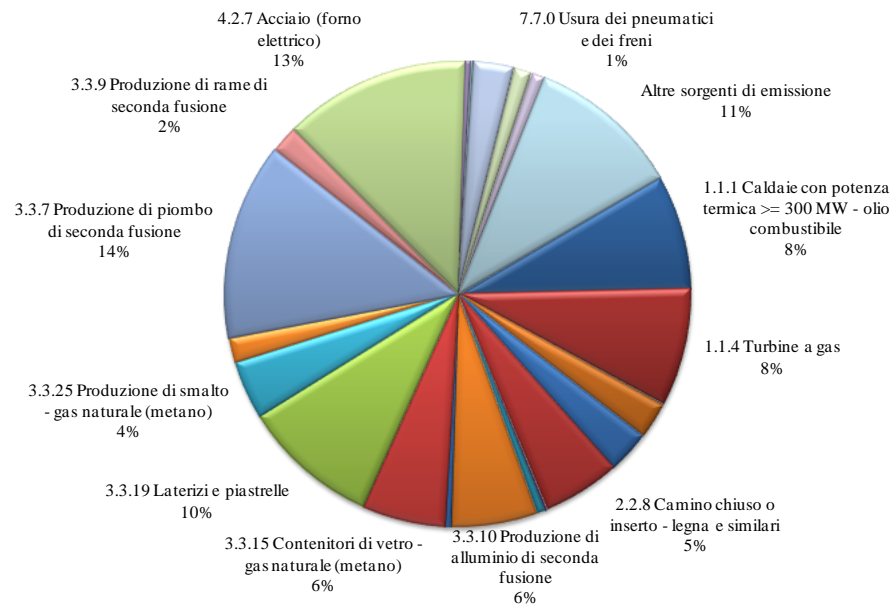
PM - dati provenienti da misure dirette su impianti in Lombardia

Principali sorgenti per As e Cd

As

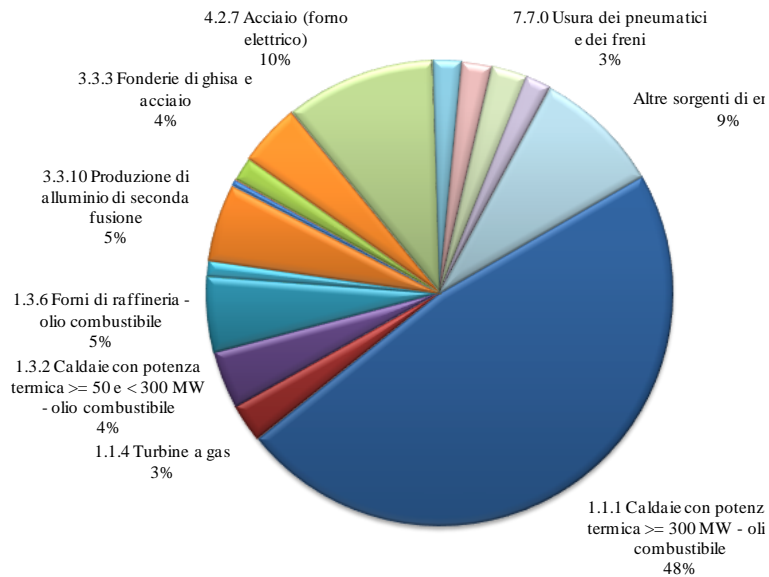


Cd

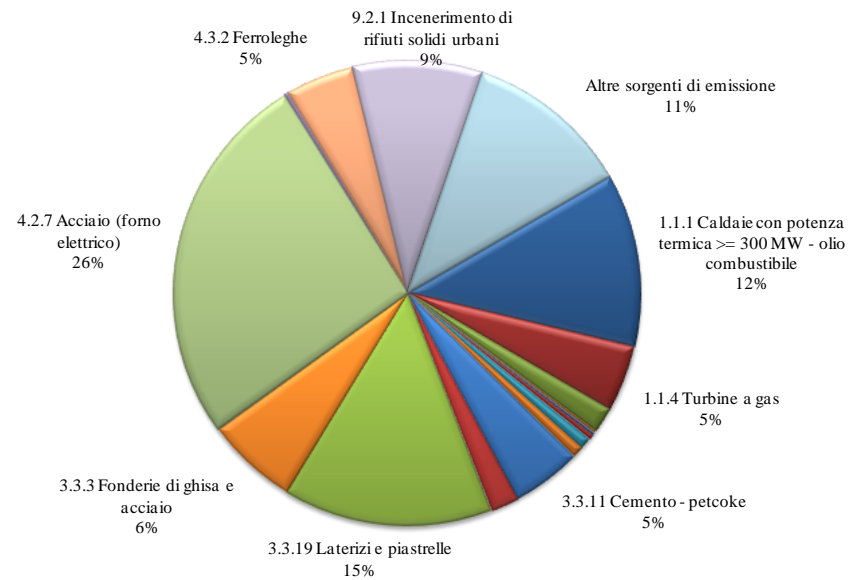


Principali sorgenti per Ni e Hg

Ni

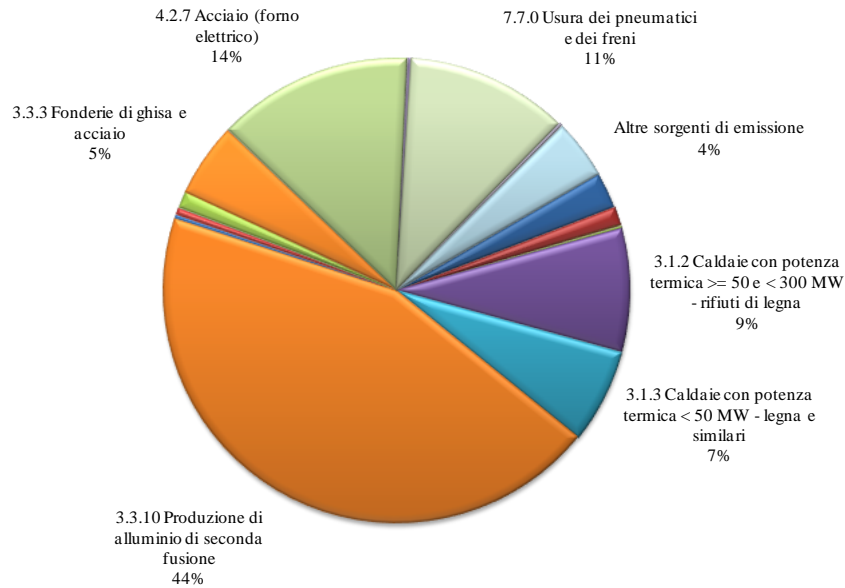


Hg

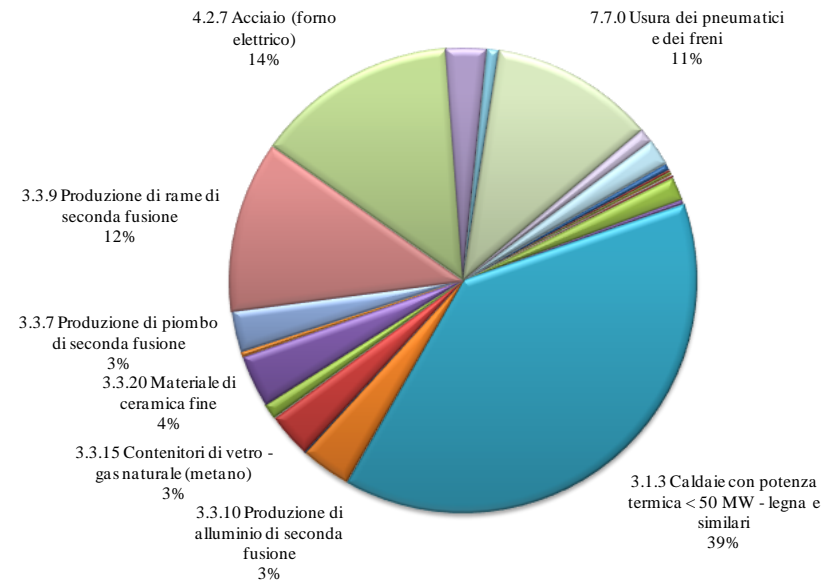


Principali sorgenti per Cr e Pb

Cr



Pb



Bibliografia

- ARPA Lombardia (2009) *INEMAR Inventario delle emissioni in Lombardia*, <http://ita.arpalombardia.it/ITA/inemar/inemarhome.htm>
- Caserini, S.; Fraccaroli, A.; Monguzzi, A. M.; Moretti, M.; Giudici, A.; Angelino, E.; Fossati, G. (2005) *L'inventario delle emissioni in atmosfera in Lombardia: stato dell'arte e prospettive*, IA Ingegneria Ambientale vol. XXXIV n. 5.
- Caserini, S.; Monguzzi, A. M. (2002) *Le emissioni in atmosfera di diossine in Lombardia: stime e incertezza*, IA Ingegneria Ambientale vol. XXXI n. 3-4.
- CEPMEIP, (2003) *Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories. Projections and Guidance*, www.air.sk/tno/cepmeip/
- Chang, L.W. (1996) *Toxicology of Metals*, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Duffus, J.H. (2002) "HEAVY METALS"—A MEANINGLESS TERM? - IUPAC Technical Report, Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 793–807.
- EEA Technical report (2010) *European Union emission inventory report 1990–2008 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*.
- EMEP (2006) *Inventory Review 2006*. Emission Data Reported to the LRTAP Convention and NEC Directive. Evaluation of Inventories of Heavy metals and POPs. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, the European Monitoring and Evaluation Programme. Technical Report MSC-W1/2006, Oslo, Norway, <http://www.unece.org>
- Eurostat (2009), *Data in Focus, 31-2009*, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/population/data/database>
- Friedrich R. (2007) *ESPreme, Estimation of willingness-to-pay to reduce risks of exposure to heavy metals and cost-benefits analysis for reducing heavy metals occurrence in Europe, Final Report*, <http://espreme.ier.uni-stuttgart.de>
- EEA (2009) *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook—2009* <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>
- HELCOM (2006) *Atmospheric supply of nitrogen, lead, cadmium, mercury and lindane to the Baltic Sea over the period 1996–2000*. Helsinki Commission, Baltic Marine Environment Protection Commission. Baltic Sea Environment Proceedings No. 101, Helsinki, Finland, <http://www.helcom.fi>
- Hulskotte, J.H.J.; Schaap, M.; Visschedijk, A.J.H. (2006) *Brake wear from vehicles as an important source of diffuse copper pollution*, 10th Int. Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management, Sep. 18-22, 2006 Istanbul - Turkey
- IPCC (2006) *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Iverfeldt, A.; Munthe, J.; Brosset, C.; Pacyna, J. (1995) *Long term changes in concentration and deposition of atmospheric mercury over Scandinavia*. Water, Air, and Soil Pollution 80, 227–233.
- Munthe, J.; Kindborn, K.; Kruger, O.; Petersen, G.; Pacyna, J.; Iverfeldt, A. (2001) *Examining source–receptor relationships for mercury in Scandinavia – modelled and empirical evidence*. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 1 (80), 299–310.
- OSPAR (2006) *Review of actions on priority substances identified in background documents adopted by OSPAR (2006 update)*. Hazardous Substances Series. OSPAR Commission, London, UK, <http://www.ospar.org>
- Pacyna, E.G.; Pacyna, J.M.; Fudala, J.; Strzelecka-Jastrzab, E.; Hlawiczka, S.; Panasiuk, D.; Nitter, S.; Pregger, T.; Pfeiffer, H.; Friedrich R. (2007) *Current and future emissions of selected heavy metals to atmosphere from anthropogenic sources in Europe*. Atmospheric Environment 41, 8557–8566.
- Pacyna, J. M.; Pacyna, E. G.; Aas, W. (2009) *Changes of emissions and atmospheric deposition of mercury, lead, and cadmium*. Atmospheric Environment 43, 117–127.
- Pastorello, C.; Dilara, P. (2009) *Estimation of residential wood combustion in the Lombardy Region (2009)*. Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardia (2006-2010); JRC.
- Rauterberg-Wulff, A. (1999) *Determination of Emission Factors for Tire Wear Particles by Tunnel Measurements*, 8th International Symposium 'Transport and Air Pollution', June 2002, Graz, Austria.
- Sanders, P.G.; Xu, N.; Dalka, T.M.; Maricq, M. (2003) *Airborne brake wear debris, size distributions, composition, and a comparison of dynamometer and vehicle tests* Environ. Sci. Technol., vol 37, pp. 4060-4069.
- Thepoke, J. (2008) *Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltkonvention*, Umweltbundesamt, Agenzia per la protezione dell'ambiente tedesca: <http://www.umwelt Daten.de/publikationen/fpdf-l/3662.pdf>
- US-ATSDR (2008) *Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Draft toxicological profile for chromium*
- US-EPA (2010) *Versione on-line del database su fattori di emissione dell'US-EPA* <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/fire/index.html>
- van Storch, H.; Costa-Cabral, M.; Hagner, C.; Feser, F.; Pacyna, J.M.; Pacyna, E.G.; Kolb, S. (2003) *Four decades of gasoline lead emissions and control policies in Europe: a retrospective assessment*. The Science of the Total Environment 311, 151–176.
- Vitullo, M. et al. (2010) *Inventario delle emissioni Italia – Serie storiche 1998-2008*, http://www.sinanet.apat.it/it/sinanet/serie_storiche_emissioni/Serie%20storiche%20SNAP/view