

**CNEIA**

**Commissione Nazionale per l’Emergenza  
Inquinamento Atmosferico**

**RELAZIONE DEL GRUPPO DI  
LAVORO 2**

**RACCOGLIERE, ELABORARE ED INTERPRETARE LE INFORMAZIONI  
DISPONIBILI, PRESSO I SOGGETTI PUBBLICI E PRIVATI, RELATIVE ALLE FONTI  
DI EMISSIONE FISSE E MOBILI CHE ABBIANO RILEVANZA AI FINI DELLA  
VALUTAZIONE DELL’INQUINAMENTO DELL’ARIA CONNESSO ALLA PRESENZA  
DI POLVERI FINI, E ALLE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO EVENTUALMENTE  
ADOTTATE O PREVISTE**

**INDICE**

<b>1</b>	<b>I FLUSSI DELLE INFORMAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>L’inventario nazionale delle emissioni in atmosfera .....</b>	<b>3</b>

1.2	Gli inventari locali .....	6
1.3	Il progetto APAT “Qualità ambientale nelle aree metropolitane italiane” .....	9
2	LA METODOLOGIA DI STIMA DELLE EMISSIONI DI PM <sub>10</sub> .....	12
2.1	I fattori di emissione e le tecnologie .....	12
2.2	Gli indicatori di attività .....	13
2.3	Punti critici e approfondimenti necessari nella realizzazione degli inventari delle emissioni di PM <sub>10</sub> .....	14
3	LE SERIE STORICHE DELLE EMISSIONI DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI IN ITALIA .....	20
3.1	Le Serie storiche a livello nazionale delle emissioni di PM <sub>10</sub> e dei suoi precursori .....	20
3.2	Le principali sorgenti di emissione del PM: un approfondimento sul settore trasporti .....	29
3.3	Le emissioni a livello regionale .....	44
4	SVILUPPI FUTURI DEGLI INVENTARI DELLE EMISSIONI DI PM .....	49
	BIBLIOGRAFIA .....	51
	APPENDICE A: alcuni provvedimenti previsti dalla “Direttiva aria cantieri” emanata nel 2002 dall’UFAFP - Svizzera.....	53

# 1 I FLUSSI DELLE INFORMAZIONI

## 1.1 L'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera

(Barbara Gonella, Riccardo De Lauretis, Daniela Romano, APAT)

L'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) ha, tra i principali compiti istituzionali, quello di raccogliere, elaborare e diffondere i dati e le informazioni di interesse ambientale. In tale ambito l'Agenzia realizza ogni anno l'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera anche per gli impegni intrapresi a livello internazionale, con le Convenzioni delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici e della Commissione Economica delle Nazioni Unite (UNECE) sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero.

L'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera stima annualmente l'emissione di 21 sostanze, tra inquinanti e gas serra, provenienti da 360 processi/attività emissive seguendo le metodologie di stima ufficialmente disponibili [IPCC, 1997, IPCC, 2000, EMEP/CORINAIR, 2001], a partire da indicatori statistici di attività e relativi fattori di emissione; i dati di attività fanno riferimento, principalmente, ai documenti ufficiali prodotti dall'Istituto Nazionale di Statistica, dal Ministero delle Attività Produttive e dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti o dalla documentazione e da comunicazioni dirette delle associazioni di categoria e produttori; per quanto riguarda i fattori di emissione, laddove non sono disponibili specifici studi di settore a livello nazionale, si attinge alle linee guida internazionali [IPCC, 1997, IPCC, 2000, EMEP/CORINAIR, 2001, US EPA, 1997]. I dettagli delle metodologie utilizzate sono riportati nel rapporto tecnico National Inventory Report 2004 [APAT, 2005].

La principale finalità di un inventario delle emissioni consiste nel fornire una stima quantitativa della pressione emissiva che insiste su un determinato territorio. Pertanto, in funzione del livello di dettaglio territoriale, un inventario consente di collocare spazialmente le varie sorgenti presenti nell'area e di quantificarne i relativi contributi. L'inventario rappresenta un'informazione indispensabile per individuare le sorgenti sulle quali può essere più efficace o prioritario agire per ridurre la formazione dell'inquinante di interesse o, nel caso di inquinanti secondari come l'ozono o il particolato secondario, per limitare la produzione dei precursori.

La realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni ha, quindi, come obiettivi:

- Quantificare i livelli di emissione, identificare le fonti principali e valutare l'impatto sulla salute umana, sugli ecosistemi e sui materiali, attraverso appropriati modelli;
- Verificare il rispetto dei limiti di emissione nazionali e degli impegni di riduzione intrapresi nei diversi contesti internazionali;
- Sviluppare strategie di abbattimento e individuare le priorità attraverso analisi costi-benefici e l'uso di modelli integrati;
- Verificare le conseguenze a diversi livelli (settoriale, regionale, nazionale ed internazionale) delle politiche e delle misure intraprese per ridurre le emissioni ad esempio quelle contenute nei Piani di risanamento della qualità dell'aria;
- Verificare l'interazione tra le politiche settoriali, i conti economici e gli impatti ambientali;
- Fornire informazione confrontabile e accessibile al pubblico con opportuni indicatori.

Nell'ambito degli impegni intrapresi a livello internazionale, l'adozione della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e del Protocollo di Kyoto ha previsto che ogni Parte realizzasse l'inventario nazionale delle emissioni dei gas ad effetto serra (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e F-gas). Secondo quanto deciso alla Quinta Conferenza delle Parti, l'inventario nazionale, a partire da quello relativo alla stima delle emissioni per l'anno 1990, deve essere predisposto secondo un *Common Reporting Format* (CRF). Tale formato prevede, in aggiunta alla

comunicazione delle emissioni, la trasmissione dei dati di base e delle procedure utilizzate per la stima; inoltre, ogni Paese deve predisporre un documento aggiuntivo, il *National Inventory Report* (NIR), in cui è riportata l'intera serie storica delle emissioni e una spiegazione degli andamenti osservati, nonché la descrizione dell'analisi delle *key sources* e dell'incertezza ad esse associata, i riferimenti alle metodologie di stima così come alle fonti dei dati di base e dei fattori di emissione utilizzati, la descrizione del sistema di procedure e relazioni istituzionali per la realizzazione delle stime, il *National Inventory System*, la descrizione del sistema di *Quality Assurance – Quality Control* a cui è soggetto l'inventario e le attività di verifica effettuate sui dati.

L'inventario, inoltre, è sottoposto annualmente al processo internazionale di *review* da parte di esperti nominati dal Segretariato della Convenzione: le stime di emissione dei gas serra sono sottoposte a tale controllo per verificarne la rispondenza alle proprietà di *trasparenza* (le assunzioni e le metodologie devono essere chiaramente spiegate per facilitare la riproducibilità e la verifica delle stime), *consistenza* (l'inventario deve essere internamente consistente in tutti i suoi elementi con gli inventari degli altri anni), *comparabilità* (le stime riportate dalle Parti devono essere confrontabili tra loro), *completezza* (l'inventario deve comprendere tutte le sorgenti di emissione e di assorbimento incluse nelle linee guida IPCC) e *accuratezza* (l'inventario non deve essere sistematicamente sovra o sottostimato, e l'incertezza sulle stime deve essere ridotta quanto possibile) richieste nella realizzazione dell'inventario stesso. I processi di revisione identificano eventuali errori nel formato di trasmissione, analizzano nel dettaglio le serie storiche delle emissioni e le metodologie di stima, individuando quelle non supportate da adeguata documentazione e controllando la qualità dei dati di base utilizzati, le attività QA/QC e le stime di incertezza.

La Convenzione dell'UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (CLRTAP), e i relativi Protocolli, invita le Parti a comunicare le emissioni di tutti gli inquinanti che contribuiscono ai processi di acidificazione ed eutrofizzazione come SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NMVOC, CO, particolato, metalli pesanti, come piombo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), e inquinanti organici persistenti, come diossine e IPA. I criteri di qualità seguiti nelle stime di questi inquinanti sono analoghi a quelli specificati per i gas serra. Anche in questo ambito è prevista la comunicazione annuale della serie storica delle emissioni secondo un formato definito (*NFR*) e la predisposizione di un documento (*IIR*) in cui vengono riportate le informazioni complete relative all'inventario.

L'APAT deve inoltre, nell'ambito della Convenzione sull'Inquinamento atmosferico transfrontaliero, predisporre ogni cinque anni la disaggregazione su base provinciale delle emissioni degli inquinanti e dei gas serra. Attualmente sono disponibili le emissioni per gli anni 1990, 1995 e 2000, elaborate insieme al Centro Tematico Nazionale Aria, Clima ed Emissioni in Atmosfera (CTN-ACE). La disaggregazione è stata condotta, seguendo un approccio top-down, sino al dettaglio delle attività SNAP, laddove disponibili i dati di base necessari. Lo studio svolto ha permesso di ottenere le stime delle emissioni dei principali inquinanti, tra cui il PM<sub>10</sub>, per le 103 province italiane e di fornire un'indicazione, per ciascuna di esse, della tendenza della pressione emissiva nell'arco dello scorso decennio. I risultati di questo lavoro si configurano come possibili utili contributi conoscitivi sia in ambito locale, a supporto della gestione della qualità dell'aria e dei relativi fattori di pressione, sia nell'ambito di valutazioni di fenomeni dell'inquinamento atmosferico su più ampia scala [APAT/CTN-ACE, 2004].

I dati di emissione della serie storica italiana sono disponibili sul sito web [http://www.sinanet.apat.it/site/it-IT/Data\\_Service/Tipologie/Dati/](http://www.sinanet.apat.it/site/it-IT/Data_Service/Tipologie/Dati/), mentre quelli a livello provinciale si trovano all'indirizzo <http://www.inventaria.sinanet.apat.it/>.

La realizzazione dell'inventario delle emissioni di particolato presenta ancora difficoltà metodologiche ed elevata incertezza nei valori. In particolare, oltre alla necessità di fornire una quantificazione del PM secondario e della quota di particolato attribuibile alla risospensione delle particelle, vi è anche quella di stimare le emissioni di PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>1</sub>, così come indicato dal Segretariato della Convenzione LRTAP. Le metodologie per calcolare le stime sono ancora in fase

di studio e sviluppo anche in considerazione della complessità dei meccanismi di formazione e forniscono al momento risultati affetti da elevata incertezza.

In aggiunta andrebbe considerata la stima delle emissioni di particolato da fonti naturali (sali marini, vulcani, pollini, sabbie provenienti dal deserto del Sahara, eccetera) così come da nuove attività emissive di PM al momento non classificate (che in alcuni casi potrebbero raggiungere il 10-15% delle emissioni complessive). Il problema è rilevante anche a livello europeo; a questo fine è stato formato un gruppo di esperti che si occuperà della revisione di alcuni capitoli del Guidebook EMEP/CORINAIR [EMEP/CORINAIR, 2001] in relazione alle problematiche del particolato, indirizzato al miglioramento e alla validazione dei fattori di emissione disponibili, alla classificazione di nuove attività, alla speciazione chimica e fisica.

## 1.2 Gli inventari locali

*(Nataascia Di Carlo (APAT), Adriano Mussinatto (Regione PIEMONTE), Stefano Caserini (Regione LOMBARDIA))*

Nell'ambito delle attività del GdL 2, è stato svolto dalla Regione Piemonte un lavoro di ricognizione sullo stato dell'arte degli inventari locali.

Sono stati innanzitutto identificati i referenti regionali per gli inventari locali, con le relative affiliazioni e recapiti. Tali informazioni sono riportate nella tabella 1.

Come si può notare dalla tabella per tutte le Regioni e Province Autonome è stato individuato il referente per gli inventari locali tranne che nel caso della Regione Calabria e della Regione Puglia.

E' stata poi svolta, per quanto possibile, un'analisi di tipo tecnico mirata a valutare le Regioni che avessero già a disposizione un inventario locale e con quale livello di aggregazione, che metodologia avessero utilizzato per elaborarlo, per quali anni fosse disponibile l'inventario e quali inquinanti venissero presi in considerazione. A tal fine le informazioni, piuttosto disomogenee e raramente esaustive, reperite nell'ambito della detta ricognizione sono state utilizzate per integrare i dati contenuti nella seconda indagine conoscitiva sugli "Inventari locali delle emissioni in atmosfera" svolta nel 2004 nell'ambito del Centro Tematico Nazionale Atmosfera, Clima ed Emissioni (CTN ACE). Il risultato di tale integrazione è sintetizzato nella tabella 2.

Come si può notare dall'analisi della tabella 2 le informazioni non sono complete per tutte le Regioni e Province Autonome. Per quanto riguarda le situazioni per le quali si sono reperite informazioni risulta che:

- non in tutte le Regioni è stato elaborato un inventario regionale (in alcuni casi infatti nell'ambito di una Regione è stato elaborato l'inventario per una o più province);
- gli anni di riferimento non sono sempre coerenti tra le diverse Regioni e Province Autonome;
- in alcuni casi l'inventario è stato realizzato solo per un anno;
- si notano disomogeneità sulla tipologia degli inquinanti considerati.

ENTE	ASSESSORATO / DIREZIONE / SETTORE	NOMINATIVO	INDIRIZZO	TELEFONO	FAX	E-MAIL
ARPA VALLE D'AOSTA	Sezione Aria Settore Modellistica	Giordano PESSION	Reg. Grande Charrière 44 - 11020 Saint Christophe (AO)	0165-278539	0165-278555	g.pession@arpa.vda.it
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - AGENZIA PROVINCIALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE	Ufficio Aria e Rumore	Massimo GUARIENTO	Via Amba Alagi 35 - 39100 Bolzano	0471-411826	0471-411839	massimo.guariento@provinz.bz.it
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - AGENZIA PROVINCIALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE	Settore Tecnico - U.O. Aria e Agenti Fisici	Giancarlo ANDERLE	Via Mantova 16 - 38100 Trento	0461-497718 - 0461-497745	0461-497729	giancarlo.anderle@provincia.tn.it
REGIONE ABRUZZO	Direzione Turismo Ambiente Energia, Servizio qualità dell'aria	Iris FLACCO	Via Passolanciano 75 - 65124 Pescara	085-7672524	085-7672585	iris.flacco@regione.abruzzo.it
REGIONE BASILICATA		Vincenza BUCCINO	Via Anzio 75 - Potenza	0971-668844	0971-669015	vibuccin@regione.basilicata.it
REGIONE CAMPANIA		Lorenzo VETERE	Via De Gasperi 28 - 80131 Napoli	081-7963015	081-7963005	l.vetere@maildip.regione.campania.it
REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA	Direzione centrale ambiente e lavori pubblici Servizio tutela da inquinamento atmosferico acustico e ambientale	Pierpaolo GUBERTINI	Via Giulia 75/1 - 34126 Trieste	040-3774058	040-3774410	pierpaolo.gubertini@regione.fvg.it
REGIONE LAZIO		Manlio MONDINO	Via Rosa Raimondi Garibaldi n. 7 - 00145 Roma	06-51684456	06-51684285	m.mondino@regione.lazio.it
REGIONE LIGURIA	Settore Politiche dello Sviluppo Sostenibile	Lidia BADALATO		010-5485087	010-5484677	badalato@regione.liguria.it
ARPA LOMBARDIA		Stefano CASERINI	Via Stresa 24 - 20125 Milano	02-67656752	02-67655414	s.caserini@arpalombardia.it
REGIONE MARCHE	Servizio Tutela Ambientale - Dipartimento Territorio e Ambiente	Tommaso LENCI	Via Tiziano 44	071-8063485	071-8063012	tommaso.lenci@regione.marche.it
REGIONE MOLISE	Assessorato Ambiente	Antonio CAMPANA	Via D'Amato 1 - 86100 Campobasso	0874-424606 (dott. Guacci)		campana@regione.molise.it
REGIONE PIEMONTE	Direzione Tutela e Risanamento Ambientale Settore Risanamento Acustico ed atmosferico	Franca FENOGLIETTO SORDI	Via Principe Amedeo 17 - 10123 Torino	011-4324466	011-4323665	franca.sordi@regione.piemonte.it
REGIONE SARDEGNA	Assessorato della Difesa dell'Ambiente -Servizio Antinquinamento Atmosferico e Acustico	Luigi ENA	Via Roma 80 - Cagliari	070-6066672		luigi.ena@posta.regione.sardegna.it
REGIONE SICILIA	Assessorato regionale Territorio e Ambiente - Servizio 3	Gioachino GENCHI	Via Ugo La malfa 169- 90146 Palermo	091-7078664	091-7077504	ggenchi@artasicilia.it
REGIONE TOSCANA	Direzione P.T.A. - Settore Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento	Furio FORNI	Via Scipio Slataper 6 - 50134 Firenze	055-4389039	055-4389040	furio.forni@regione.toscana.it
REGIONE UMBRIA	Direzione politiche territoriali, ambiente e infrastrutture	Marco TRINEI	Piazza Partigiani 1 - 06100 Perugia	075-5042639	075-5042732	mtrinei@regione.umbria.it
REGIONE VENETO	Unità Complessa Tutela Atmosfera	Ubaldo DE BEI	Calle Priuli - Cannaregio 99 - 30121 Venezia	041-2792442	041-2792445	Ubaldo.DeBei@regione.veneto.it
ARPA ER		Cristina REGAZZI		051-2966322		c.regazzi@ia.arpa.emr.it
REGIONE PUGLIA						
REGIONE CALABRIA						

Tabella 1 Elenco dei referenti regionali per gli inventari locali

REGIONE	LIVELLO DI AGGREGAZIONE	METODOLOGIA	ANNI CON DISPONIBILITA' DI DATI (al 6/2005)	RIFERIMENTO WEB	INQUINANTI CONSIDERATI
VALLE D'AOSTA	REGIONALE	CORINAIR	1999	<a href="http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_va.htm">http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_va.htm</a>	SOx, NOx, COV, CO, PTS
PIEMONTE	REGIONALE	CORINAIR	1997	<a href="http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_pi.htm">http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_pi.htm</a>	SOx, NOx, COV, CH4, CO, CO2, N2O, PM10
LOMBARDIA	REGIONALE+ PROVINCIALE	CORINAIR	1997, 2001	<a href="http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm">http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm</a>	SOx, NOx, COV, CH4, CO, CO2, N2O, NH3, PM10, PM2.5, Diossine
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO	PROVINCIALE	CORINAIR	1997, 2000	<a href="http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_bz.htm">http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_bz.htm</a>	SOx, NOx, COV, CH4, CO2, CO, N2O, IPA, METALLI PESANTI
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO	PROVINCIALE	CORINAIR	1995, 2000	<a href="http://www.appa-agf.net">http://www.appa-agf.net</a>	CO, NOx, COV, SOx, PM10, NH3, METALLI PESANTI
FRIULI VENEZIA GIULIA	REGIONALE	CORINAIR			
VENETO					
LIGURIA	REGIONALE	CORINAIR	1995, 1999, 2001	<a href="http://ecozero.liguriainrete.it/PRQASINTESI/">http://ecozero.liguriainrete.it/PRQASINTESI/</a>	CO, CO2, NH3, NOx, N2O, COVNM, SOx, PM10, CH4, C6H6, IPA, METALLI PESANTI
EMILIA ROMAGNA	PROVINCIALE (MODENA)	CORINAIR			
TOSCANA	REGIONALE	CORINAIR	1995, 2000	<a href="http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_to.htm">http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_to.htm</a>	CO, CO2, NOx, N2O, COV, SOx, PM10, CH4
UMBRIA	REGIONALE		1999		CO, NOx, COV, SOx, PM10, NH3
MARCHE					
LAZIO	REGIONALE	CORINAIR	2000	<a href="http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_la.htm">http://www.inventaria.sinanet.apat.it/ipertesto/capitoli/06/sk_la.htm</a>	SOx, NOx, CO, COV, PTS
ABRUZZO					
MOLISE					
CAMPANIA					
PUGLIA					
BASILICATA					
CALABRIA					
SICILIA	REGIONALE	CORINAIR			
SARDEGNA	PROVINCIALE (CAGLIARI)	CORINAIR			

*Tabella 2 Sintesi delle informazioni sugli inventari locali. Le informazioni sono state reperite tramite la ricognizione svolta nell'ambito del GdL2 della CNEIA e la seconda indagine conoscitiva "Inventari locali delle emissioni in atmosfera" [CTN-ACE, 2004]*



### 1.3 Il progetto APAT “Qualità ambientale nelle aree metropolitane italiane”

*(Riccardo De Lauretis, Natascia Di Carlo, APAT)*

Nel I “Rapporto annuale sulla qualità dell’ambiente urbano” prodotto nell’ambito del progetto APAT “Qualità ambientale delle aree metropolitane italiane” e interamente scaricabile on line sul sito internet [www.areemetropolitane.apat.it](http://www.areemetropolitane.apat.it), nella sezione “Energia, emissioni in atmosfera e qualità dell’aria” è contenuto il contributo “Emissioni in atmosfera nelle aree urbane” (R. De Lauretis e R. Liburdi). A partire dalla disaggregazione a livello provinciale dell’inventario nazionale delle emissioni ([www.inventaria.sinanet.apat.it](http://www.inventaria.sinanet.apat.it)) è stata identificata, relativamente all’anno 2000, una metodologia semplificata per quantificare le quote di emissioni attribuibili alle aree urbane. Assumendo in prima approssimazione tali aree coincidenti con il territorio comunale sono stati presi in considerazione, , gli otto comuni di Milano, Torino, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli e Palermo e sono state considerate le emissioni inquinanti di SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>.

Nella figura 1 è riportata la stima delle emissioni urbane di PM<sub>10</sub> ripartite per macrosettori emissivi. Le emissioni di PM<sub>10</sub> da trasporto stradale sono superiori al 70% del totale in tutte le città con l’eccezione di Genova, per la quale le emissioni nell’impianto siderurgico presente rappresentano circa il 65% del totale (ricordiamo che lo stato è riferito all’anno 2000, quando ancora erano in funzione gli impianti delle cokerie). Le emissioni da riscaldamento pesano in misura variabile dal 26%, per le città del nord, all’8% per quelle del sud. I trasporti marittimi sono la terza fonte di emissione con percentuali che variano tra l’1% ed il 10% (nelle città portuali).

Per quanto riguarda i trasporti stradali, i veicoli merci sono la fonte principale delle emissioni di PM<sub>10</sub> con valori pari al 46-47%, seguite dalle autovetture, 34-35% e da moto e ciclomotori, 16-17%, mentre i bus sono responsabili di meno del 3% delle emissioni da trasporto stradale.

La stima delle emissioni del PM<sub>10</sub> nell’inventario nazionale si riferisce al particolato cosiddetto primario, non tiene in considerazione le emissioni secondarie e la risospensione delle polveri.

Nelle figure 2, 3 e 4 vengono riportate rispettivamente le emissioni di COVNM, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>, precursori del PM<sub>10</sub> secondario, sempre ripartite per macrosettori emissivi.

Per quanto riguarda la distribuzione delle emissioni di COVNM nelle diverse aree urbane va evidenziata la specificità di Genova, dove le emissioni in porto rivestono un peso aggiuntivo rilevante. Più in dettaglio si può poi osservare che le emissioni dal settore dei trasporti pesano per il 60-70% del totale mentre quelle dovute all’uso dei solventi sono pari al 20-30%. Il resto delle emissioni attiene prevalentemente a processi di produzione o attività industriali che si svolgono in ambito urbano come la produzione del pane o la pavimentazione delle strade.

Per quanto riguarda la distribuzione delle emissioni di NO<sub>x</sub>, per settore di emissione per le città in esame, va rilevato che per più del 70% sono dovute al settore trasporti ed in particolare ai trasporti su strada (più del 50%). Il peso del settore trasporti varia, di città in città, in relazione alle emissioni per il riscaldamento. Infatti per le città del centro sud, dove i consumi per riscaldamento sono più limitati, le emissioni dei trasporti, inclusi quelli aerei e marittimi, rappresentano anche più del 90% delle emissioni complessive.

Le emissioni di SO<sub>x</sub> presentano la realtà più variegata tra le città italiane. Si possono infatti identificare diversi gruppi di città che hanno distribuzioni di emissione simili. Un primo gruppo è costituito dalle città con attività marittime, come Napoli e Palermo, dove le emissioni per il trasporto marittimo sono quelle prevalenti e rappresentano l’84-88% del totale, i trasporti su strada pesano il 10-11%, ed il riscaldamento tra l’1% ed il 6%. Per città come Milano, Torino e Firenze le emissioni di SO<sub>x</sub> sono prevalentemente dovute all’uso di combustibili con zolfo per riscaldamento, emissioni comprese tra l’81% ed il 93%, mentre il resto proviene dai trasporti stradali. Anche per Bologna e Roma il riscaldamento è il principale settore emissivo ma con un peso minore. Il settore che contribuisce maggiormente alle emissioni di SO<sub>x</sub> per Genova è il settore industriale ed in particolare l’impianto siderurgico, 47%, mentre per il resto delle emissioni ha una distribuzione

simile alle città di porto (si ricorda ancora una volta che i dati di emissione si riferiscono all'anno 2000, anno in cui a Genova era ancora funzionante la cokeria successivamente chiusa).

Per quanto riguarda le emissioni di NH<sub>3</sub>, altro importante precursore del PM<sub>10</sub> secondario, va detto che presentano una distribuzione molto simile per tutte le città ad eccezione di Milano e Firenze. Il settore rifiuti è il settore prevalente, tra il 52% ed il 64%, mentre le emissioni dal trasporto su strada variano tra il 36% ed il 48% e sono minori dove il parco autovetture è ancora prevalentemente non catalizzato. A Milano e Firenze invece sono i trasporti su strada ad essere il settore principale di emissione con valori pari all'82% ed al 60% rispettivamente, mentre il resto delle emissioni attiene al settore rifiuti.

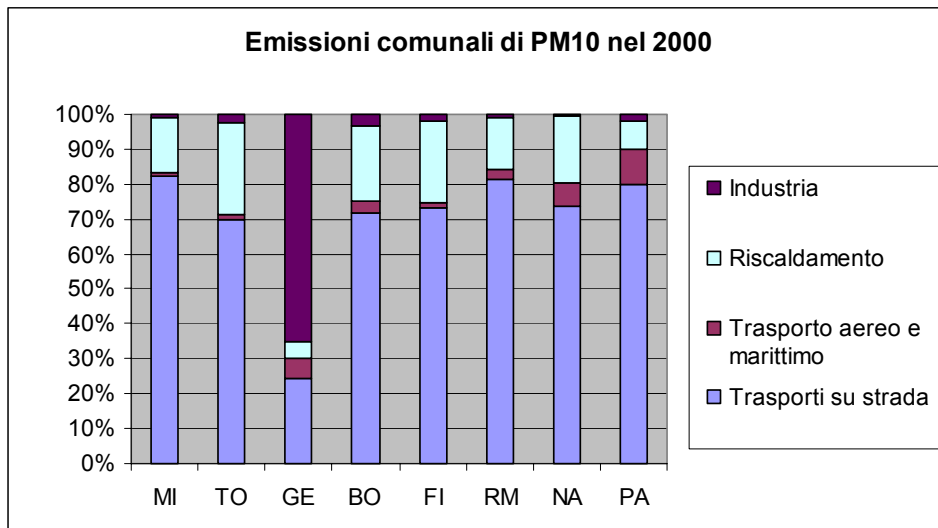


Figura 1 Emissioni comunali di PM10 nel 2000

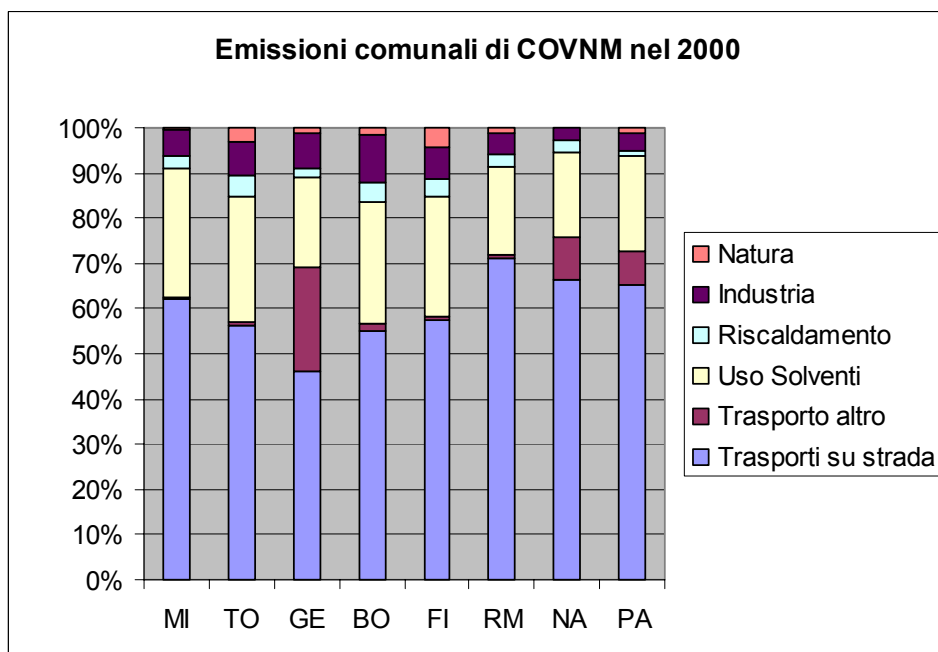


Figura 2 Emissioni comunali di COVNM nel 2000

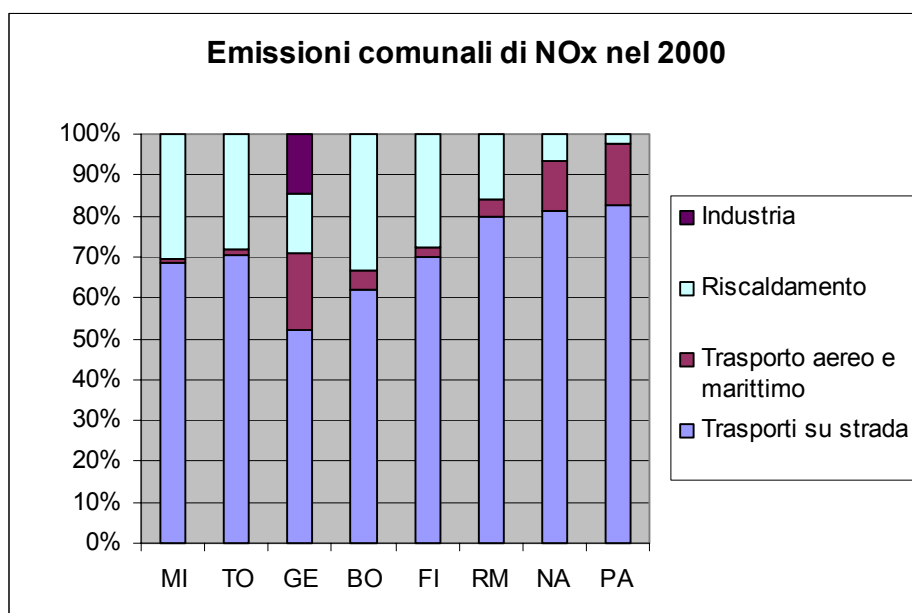


Figura 3 Emissioni comunali di NOx nel 2000

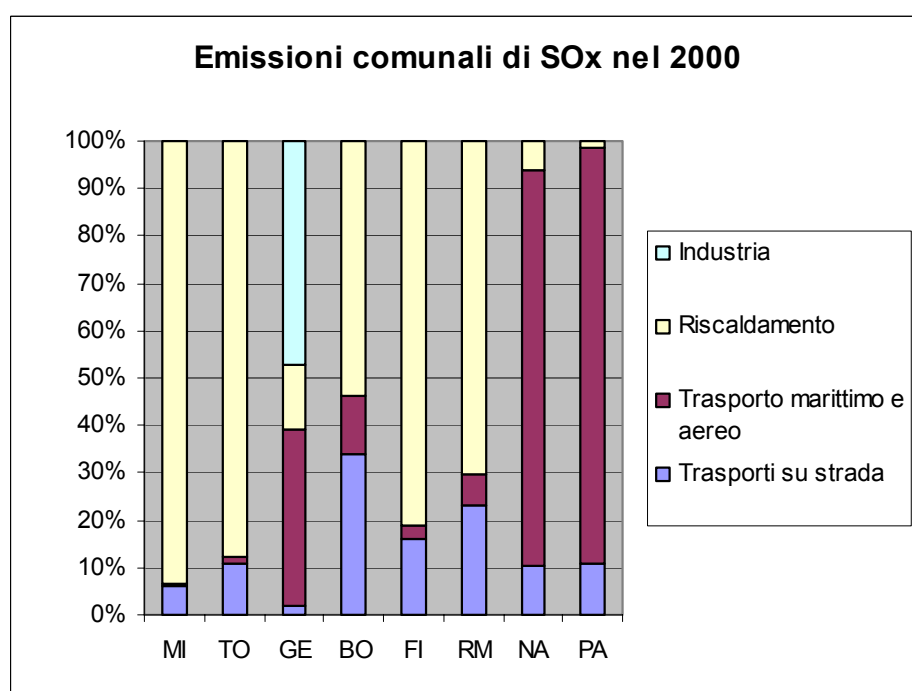


Figura 4 Emissioni comunali di SOx nel 2000

Nel “II Rapporto annuale sulla qualità dell’ambiente urbano”, la cui pubblicazione è prevista per dicembre 2005, alle aree urbane già oggetto di analisi si aggiungono Trieste, Venezia, Bari, Catania, Messina, e Cagliari. Verranno pertanto fornite nell’ambito del II Rapporto le stime delle emissioni di inquinanti atmosferici a livello comunale per le 14 città prese in considerazione.

## 2 LA METODOLOGIA DI STIMA DELLE EMISSIONI DI PM10

### 2.1 I fattori di emissione e le tecnologie

*(Barbara Gonella, Riccardo De Lauretis, Daniela Romano, APAT)*

Per la realizzazione dell'inventario delle emissioni nazionale di PM10 le fonti principali di riferimento dei fattori di emissione sono il Guidebook EMEP/CORINAIR [EMEP/CORINAIR, 2001], e il Guidebook prodotto dall'USEPA [US EPA, 1997], mentre solo in pochi casi sono disponibili lavori specifici relativi al contesto nazionale.

Per la principale fonte di emissione, il settore dei trasporti su strada, si applica il modello COPERT che stima le emissioni relative ai motori diesel in relazione ad altri parametri come i consumi, le velocità medie e le percorrenze, distinte per tipologia e tecnologia dei veicoli; tali stime sono integrate da fattori di emissione relativi alla benzina e al GPL, ai ciclomotori e alle emissioni non esauste dovute all'usura di freni, gomme e asfalto. Maggiori dettagli sono forniti nel seguito. Il modello COPERT ed il Guidebook CORINAIR forniscono anche i fattori di emissione relativi alle modalità di trasporto non stradale (off-road) dove comunque non si sono registrati al momento significative differenze nel tempo di penetrazione di nuove tecnologie meno emissive.

Per quello che riguarda le emissioni dagli impianti di riscaldamento i fattori di emissione sono relativi ai diversi combustibili. In particolare per le emissioni dovute alla combustione di biomassa non si hanno informazioni sufficienti per assegnare i consumi di combustibile a differenti modalità di combustione (camini, stufe, caldaie, stufe nuova generazione) e quindi un fattore di emissione costante e medio viene applicato per tutta la serie storica. Particolare incertezza, come riportato nel seguito, riveste in questo caso sia il dato di consumo totale che gli stessi fattori di emissione riportati in letteratura, poiché i coefficienti energetici della legna variano notevolmente sia in relazione al tipo di legna che alla modalità di combustione e i fattori medi sono quindi soggetti ad elevata incertezza.

Per quello che riguarda le emissioni degli impianti di combustione e le emissioni da processo, la stima si basa in grande misura sulla raccolta puntuale dei dati direttamente dagli impianti. Gli andamenti decrescenti nel tempo sono dovuti prevalentemente all'applicazione del decreto ministeriale del 12.7.1990 "**Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione**" che prevedeva valori limiti al camino da rispettare entro il 1997 salvo deroghe per alcuni settori che hanno comportato riduzioni di tali emissioni fino al 2000. Per quello che riguarda le emissioni degli altri settori, di minor peso a livello nazionale, la mancanza di informazione specifica ha comportato l'utilizzo di valori di default riportati costanti per tutta la serie storica. L'andamento delle emissioni è quindi soggetto in questi casi all'andamento dei dati di attività.

In relazione alle emissioni di PM dal settore agricolo ed in particolare dagli allevamenti suini e avicoli, l'implementazione di attività di ricerca da parte di APAT in collaborazione con l'Università di Milano comporterà l'acquisizione di informazione utile e fattori di emissione per la stima. I primi risultati sono attesi per il 2006.

Non sono attualmente stimate le emissioni di PM10 relativi alle attività cantieristiche edili in mancanza di fattori di emissione e di dati di attività di riferimento. Tale attività potrebbe risultare significativa in termini di emissioni in particolare a livello locale.

Nel seguito vengono forniti ulteriori dettagli relativi alle incertezze delle stime dovute all'utilizzo di fattori di emissione di letteratura e suggerimenti su attività da sviluppare per ridurre le stesse.

## **2.2 Gli indicatori di attività**

*(Barbara Gonella, Riccardo De Lauretis, Daniela Romano, APAT)*

I dati di attività utilizzati per la stima delle emissioni fanno riferimento, come già detto, ai documenti ufficiali prodotti dall'Istituto Nazionale di Statistica (Annuario statistico, Annuari settoriali, statistiche pubblicate sul sito web), dal Ministero delle Attività Produttive (Bilancio Energetico Nazionale, Bollettino Petrolifero) e dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (Conto Nazionale dei Trasporti), o dalla documentazione e da comunicazioni dirette delle associazioni di categoria e direttamente dai produttori, attraverso i loro rapporti ambientali o da comunicazioni dirette e personali. Nel caso in cui l'informazione è disponibile da diverse fonti si privilegia l'utilizzo dei dati pubblicati e comunicati ufficialmente anche alle organizzazioni internazionali.

In relazione ad alcuni settori, il coinvolgimento più attivo dei Ministeri competenti potrebbe aiutare una raccolta di dati e di informazioni più dettagliata ad esempio affiancando informazioni sulle tecnologie ai dati sui consumi energetici per i grandi impianti, o attraverso uno sviluppo di informazione relativo alle stime delle percorrenze stradali nei diversi contesti, urbano, rurale ed autostradale.

I dettagli delle metodologie utilizzate sono riportati nel rapporto tecnico National Inventory Report 2004 [APAT, 2005].

## 2.3 Punti critici e approfondimenti necessari nella realizzazione degli inventari delle emissioni di PM

*(Stefano Caserini (regione LOMBARDIA), Luigi Di Matteo (ACI))*

L'inventario delle emissioni in atmosfera per inquinanti quali le polveri e i suoi precursori richiede inevitabilmente l'applicazione di numerose e diversificate metodologie di calcolo, desunte dalle linee guida nazionali ed europee per la redazione degli inventari delle emissioni e dalla letteratura scientifica.

Per la maggior parte degli inquinanti considerati (con l'eccezione dell' $\text{SO}_2$ ), la stima è notevolmente più complessa, e le metodologie atte ad identificare le diverse sorgenti sono state definite solo recentemente (es. emissioni da usura nel settore traffico) o sono in corso di definizione. A questo si aggiunga che i fattori di emissione per attività di combustione sono spesso carenti e soggetti ad incertezze di misura maggiori di quelle di altri inquinanti.

Si segnalano in seguito punti critici e possibilità di miglioramento della stima delle emissioni di  $\text{PM}_{10}$  e dei suoi precursori nei diversi settori.

### ▪ Grandi impianti

I grandi impianti industriali (ad esempio centrali termoelettriche, inceneritori, cementifici) misurano tramite sistemi di monitoraggio in continuo solo le PTS (polveri totali sospese); pur misurando in continuo precursori quali  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , le misure di  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$  sono generalmente assenti o relative a campagne episodiche (es. turbogas). I dati di  $\text{PM}_{10}$  possono essere stimati tramite dati sulle distribuzioni granulometriche, ad esempio quelle proposte dall'US-EPA [US-EPA, 2004]. Sarebbe auspicabile definire un set italiano di distribuzioni granulometriche da utilizzare.

Un altro punto di incertezza deriva dalla problematica relativa alla definizione di particolato filtrabile e particolato condensabile. I fattori di emissione di polveri da sorgenti di combustione spesso derivano da test di monitoraggio che considerano soltanto la frazione filtrabile del particolato, e non considerano la frazione condensabile, ossia il materiale che è in fase di vapore in condizioni di scarico, ma che condensa e/o reagisce durante il raffreddamento e la diluizione nell'aria per formare particolato solido o liquido immediatamente dopo lo scarico dal camino.

Gli inventari potrebbero sottostimare le emissioni di particolato dalle sorgenti di combustione come caldaie, forni, motori a combustione interna e turbine, in particolare per combustibili gassosi con emissioni filtrabili molto basse. È d'altra parte oggetto di ricerca la possibilità che nella misura del particolato condensabile possano esserci dei problemi di misura per via della possibile condensazione di solfati in fase gassosa. È importante che questo punto sia chiarito al fine di evitare discrepanze emerse sui fattori di emissioni sia di grandi impianti (es. centrali turbogas) sia di piccole sorgenti di combustione (es. caldaie a metano).

### ▪ Combustione della legna

La combustione di legna da caminetti residenziali e da stufe rappresenta una parte sostanziale delle emissioni di  $\text{PM}_{10}$  primario in diverse regioni: in Trentino e Umbria più del 50% delle emissioni totali su base annua derivano dalla legna. In Lombardia il contributo è inferiore, ma pari comunque al 30% delle emissioni nel periodo invernale.

Va ricordato che questa stima è soggetta ad una notevole incertezza. I dati sull'uso di legna per riscaldamento residenziale sono ad oggi poco affidabili; le indagini campionarie effettuate sia a livello nazionale (ENEA) che a livello regionale (Lombardia, Progetto Kyoto) hanno determinato un rilevante quantitativo di legna non fatturata e da auto-provvigionamento [Caserini et al, 2005b].

Oltre a ciò la larga variabilità dei fattori di emissione di polveri dipendenti dal tipo di legna, dal tipo di impianto di combustione e dalle modalità della stessa, costituisce un'ulteriore importante fonte di incertezza per queste emissioni. Per diminuire l'incertezza sarebbe auspicabile l'effettuazione di

estese campagne di misure sperimentali delle emissioni di PM<sub>10</sub> per diversi tipi di installazioni per la combustione della legna.

#### ▪ Traffico

Una fonte importante di incertezza nel settore traffico è rappresentata dalle emissioni di particolato dall'usura di freni, pneumatici e manto stradale, per le quali nell'inventario nazionale delle emissioni è stata utilizzata la metodologia proposta nell'ultima edizione del Guidebook EEA.

Dato il rilevante peso delle emissioni da traffico in aree densamente popolate come i centri urbani italiani, è di grande importanza la diminuzione delle incertezze nelle stime delle emissioni da traffico.

Oltre alle carenze in seguito discusse sul bilancio dei carburanti consumati a scala locale, di grande importanza per valutare il trend delle emissioni, si segnalano i seguenti punti critici nei dati utilizzati per la stima delle emissioni da traffico:

- carenze nei dati dei flussi di traffico, in quanto le misure dei flussi e le matrici Origine/Destinazione sono spesso parziali, e poco precise per i mezzi pesanti;
- incertezza del modello di assegnazione dei flussi, in particolare nel modellizzare spostamenti non sistematici o per i veicoli commerciali leggeri e pesanti;
- incertezza nella velocità di percorrenza media degli archi, in quanto i dati forniti dai modelli di traffico non sarebbero direttamente da utilizzare come input alle curve dei fattori di emissione COPERT (Ntziachristos e Samaras, 2000), che si basano su velocità medie di specifici cicli di guida;
- incertezza nella velocità di percorrenza effettiva dei tratti stradali, in quanto le curve di deflusso spesso non sono in grado di descrivere le velocità effettive delle strade italiane, o la presenza di code in una buona parte della rete stradale;
- incertezza nelle curve di distribuzione temporale dei flussi di traffico, di grande importanza per la stima delle emissioni annue;
- incertezza nelle percorrenze dei veicoli in funzione della loro età e cilindrata, e delle percorrenze urbane per quanto riguarda la stima delle emissioni a freddo;
- a tutto questo va aggiunto che i fattori di emissione COPERT non tengono conto delle fasi di accelerazione/decelerazione che, soprattutto in condizioni di traffico congestionato (e quindi per valutazione delle emissioni su scala locale in aree urbane) possono avere una influenza non trascurabile sulle quantità di inquinanti emesse.

Nell'ambito delle attività di inventario effettuate nella regione Toscana le emissioni da traffico ad una scala locale, basate su valori medi di fattori di emissione, numero di veicoli, percorrenze degli stessi, sono state stimate avere una incertezza non inferiore al 10–15 % [Giovannini e Grechi, 2005].

#### ▪ Agricoltura

Le emissioni del comparto agricoltura derivano sia dalle coltivazioni, in relazione al tipo di coltura e alle quantità di fertilizzanti utilizzati, sia dall'allevamento animale, considerando le diverse tipologie animali e le modalità di gestione dei reflui zootecnici (nelle fasi di ricovero, stoccaggio e spandimento), nonché dalla combustione su campo di rifiuti agricoli (stoppie, paglia).

Si registra una grande variabilità ed incertezza nei fattori di emissione relativi alle PM<sub>10</sub> nell'allevamento di animali [Caserini et al., 2005]. Infatti queste emissioni sono influenzate da diversi elementi, come: il sistema di stabulazione (legato all'alimentazione, al tipo di lettiera, ecc.), il controllo dei parametri microclimatici (temperatura, umidità relativa e tasso di ventilazione), nonché le diverse tecnologie di rimozione del letame, il tipo di animali e la loro età.

Riguardo all'NH<sub>3</sub>, precursore del PM secondario, nonostante la disponibilità di fattori di emissione per allevamenti avicoli e suinicoli distinti per BAT [DLgs n. 59 del 18/02/05 "Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento"] sono

difficilmente reperibili indicatori di attività con un pari livello di dettaglio, per cui una stima precisa è spesso problematica.

Vista la grande rilevanza di questa tipologia di sorgenti, si ritiene necessario approfondire/raffinare le stime dei fattori di emissione per le diverse tipologie di allevamento, al fine di individuare possibili elementi che influenzano le emissioni di particelle fini e NH<sub>3</sub> e che potrebbero quindi essere sottoposti a controllo.

Sono inoltre di grande importanza le emissioni off-road dell'agricoltura, ossia di trattori e macchine agricole, per cui i fattori di emissione disponibili segnalano livelli molto elevati di polveri, seppur poche sono le informazioni disponibili sull'incertezza e la variabilità insite nei dati. Un'altra fonte di incertezza in questo settore è legata alle modalità di utilizzo del gasolio in ambito agricolo, in quanto in alcuni contesti una parte del consumo avviene non in motori ma in caldaie per la prima lavorazione (es. essiccazione) di prodotti agricoli.

#### ▪ Fattori di emissione

Le principali fonti di fattori di emissione disponibili nella letteratura scientifica nazionale ed internazionale sono:

- European Atmospheric Inventory Guidebook [EMEP/CORINAIR, 2001]
- U.S.EPA Air CHIEF [US-EPA, 2004]
- CEPMEIP Project [CEPMEIP, 2002]
- RAINS Project [Lükewille et al., 2001; Klimont et al. 2002].

Sarebbe auspicabile che la raccolta effettuata da APAT-CTN ACE, ultimamente nel 2004 (APAT CTN-ACE, 2004), fosse periodicamente aggiornata, per tutti i nuovi dati disponibili; ad esempio sono recentemente risultate disponibili interessanti basi di dati di fattori di emissione per combustione residenziale di gas, gasolio e olio (indagine Commissione ministeriale), sulla combustione della legna [Houck et al., 2001; EEA, 2004], nonché relativi alle emissioni di polveri dall'allevamento di animali [Fabbri et al., 2004; ENEA, 2002; Berdowski et al., 1997].

#### ▪ Bilancio dei combustibili

Alla scala locale, le incertezze legate alle stime delle emissioni di PM<sub>10</sub> da combustioni derivano in buona parte dalle incertezze nella conoscenza dei dati dei combustibili e carburanti utilizzati, per via della difficoltà di realizzazione di un preciso bilancio dei combustibili liquidi a livello locale.

La precisione delle emissioni è largamente influenzata dalla precisione dei dati sui combustibili effettivamente consumati alla scala locale. Tali dati sono disponibili in parte presso gli uffici regionali, nell'ambito dei dati raccolti per le accise sulle vendite, in parte derivano dai dati delle vendite riportate dal Bollettino Petrolifero pubblicato dal Ministero delle Attività Produttive. Questi ultimi dati presentano a volte elevate differenze con i consumi alla scala provinciale. Una valutazione dell'affidabilità, della disponibilità, della frequenza di aggiornamento dei dati disponibili per il bilancio dei combustibili utilizzati in un contesto regionale, nonché delle problematiche relative al reperimento dei dati e alla loro validazione, effettuata dalla Regione Lombardia nell'ambito del "Progetto Kyoto" ha mostrato diversi punti di criticità dei dati disponibili: ad esempio per quanto riguarda la quota di combustibili venduti extra-rete (carburanti uso agricolo, carburanti ad uso privato - da grandi utenti quali industrie e aziende di trasporto), combustibili per riscaldamento e ad uso industriale) le vendite provinciali non corrispondono effettivamente al consumato, in quanto la filiera della distribuzione risulta più complessa (rispetto alla distribuzione in rete). Secondo l'Unione Petrolifera le quote di mercato delle società associate, relativamente alle quote extra-rete si attestano al 30-40% del totale. Quindi il 60-70% delle vendite non sono comprese nelle rilevazioni ottenute attraverso le "società denunciante" ma sono stimate altrimenti, con metodologie non note. Anche per i carburanti, i quantitativi immessi nell'extra-rete (carburanti ad uso agricolo e carburanti ad uso privato che sono invece venduti direttamente dagli operatori commerciali del mercato interno) non sono rintracciabili tramite le Compagnie Petrolifere.



Sarebbe auspicabile nel futuro che i ministeri competenti (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero delle Attività produttive) elaborassero linee guida e procedure volte alla precisa elaborazione e alla diffusione ai soggetti interessati dei dati riguardanti i consumi di combustibili e carburanti. Questo potrebbe costituire un notevole supporto alla velocità e qualità di realizzazione degli inventari di PM<sub>10</sub> in atmosfera.

▪ La risospensione del PM<sub>10</sub> prodotta dal transito veicolare

Una fonte di emissione di PM<sub>10</sub> è la risospensione (o risollevamento) prodotta dal transito veicolare.

Non si tratta di una vera e propria fonte di PM<sub>10</sub>, dato che non genera nuove sostanze, ma rimette in circolazione il particolato già depositato sul suolo.

Uno studio [Jaeger-Voirol e Pelt, 2000] stima che un veicolo può rimettere in sospensione una quantità di PM<sub>10</sub> pari al doppio o addirittura al triplo di quella che emette un veicolo diesel percorrendo la stessa distanza.

In uno studio effettuato dall'ARPAT- Dipartimento di Firenze [Giovannini, Grechi, 2003], nell'area urbana di Firenze la quota dovuta alla risospensione veniva indicata come preponderante (55-60% del totale rispetto al totale delle emissioni da traffico). L'usura dei materiali rappresentava il 10% mentre la emissione allo scarico il 30-35% del totale da traffico.

Il processo di risospensione è causato dallo squilibrio dei fenomeni di deposizione e di rimozione. Si riportano nella figura 5 i principali agenti di deposizione e rimozione:

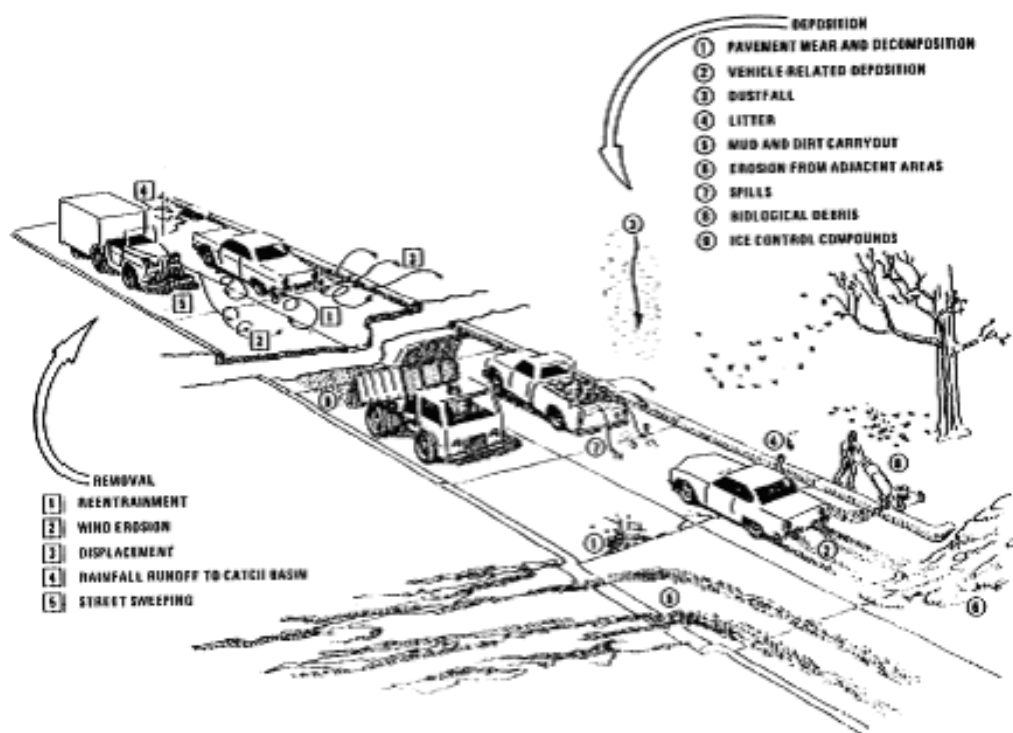


Figura 5 Principali agenti di deposizione e rimozione

Come si vede dalla figura i principali agenti di deposizione sono:

1. Consumo e decomposizione della pavimentazione;
2. Deposizione causata dai veicoli

3. Caduta di polvere
4. Rifiuti
5. Trasporto di fango
6. Erosione da aree adiacenti
7. Spargimento, rovesciamento
8. Detriti biologici
9. Sali antigelo

I principali agenti di rimozione sono:

1. Risospensione causata dal transito veicolare
2. Erosione del vento
3. Spostamento laterale
4. Ruscellamento delle acque di pioggia, raccolte nelle cunette
5. Pulizia della strada.

▪ I cantieri edili e stradali

Una ulteriore fonte di particolato è rappresentata dai cantieri edili e stradali.

Mentre può risultare praticabile individuare il numero di cantieri autorizzati, attraverso gli uffici tecnici comunali, è difficile determinare una emissione specifica, in funzione della dimensione del cantiere e della sua durata, in quanto in un cantiere, edile o stradale, si svolgono processi di lavoro diversi: meccanici (frantumazione, smerigliatura, foratura, fresatura), termici e chimici (saldatura, lavorazione a caldo di bitume, utilizzo di solventi o vernici spray), impiego di macchine utensili (con motori a combustione) ed operazioni di trasporto dei materiali.

La variabilità dei processi rende, inoltre, difficile determinare le dimensioni delle polveri emesse: in genere hanno dimensioni maggiori di 10 µm, ma possono essere presenti particelle di dimensioni minori.

Allo scopo di limitare le emissioni nei cantieri, in Svizzera, l'Ufficio Federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP), ha emanato, nel 2002, una direttiva sulla "Protezione dell'aria sui cantieri edili" (Direttiva aria cantieri).

Le misure previste da questa direttiva sono vincolanti e devono essere incluse in ogni autorizzazione edilizia.

Nella direttiva viene fornito un elenco di attività di costruzione dell'edilizia e del genio civile (quindi anche per i cantieri stradali) che potrebbero comportare elevate emissioni di polveri, ma anche di altri inquinanti quali COV, NOx, CO, CO<sub>2</sub> etc. Viene valutata per ogni lavorazione l'importanza delle emissioni da attività di costruzione:

- da elevata a molto elevata;
- media;
- ridotta.

Si riporta la tabella allegata alla direttiva svizzera (tabella 3).

Importanza delle presumibili emissioni di inquinanti atmosferici da attività di costruzione:

◆ da elevata a molto elevata    ✧ media    • ridotta

Lavori di costruzione con emissioni nell'edilizia e nel genio civile	CCC	CPN	Emissioni non di motori		Emissioni di motori NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , particelle, COV, HC ecc.
			Polveri	COV, gas, (solventi ecc.)	
Installazioni generali di cantiere: segnatamente infrastrutture viarie		113	◆	•	✧
Lavori di dissodamento (abbattimento e sradicamento di alberi)		116	✧	•	✧
Demolizioni, smantellamento e rimozioni		117	◆	•	✧
Misure di sicurezza dell'opera: segnatamente perforazione, calcestruzzo a proiezione		120	✧	•	✧
Impermeabilizzazioni di opere interrato e di ponti		172	✧	◆	•
Lavori di sterro (incl. lavori esterni e lavori in terreno coltivabile, drenaggio)		211	◆	•	◆
Scavo generale		212	◆	•	◆
Opere idrauliche, sistemazione di corsi d'acqua		213	◆	•	◆
Strati di fondazione ed estrazione di materiale		221	◆	•	◆
Pavimentazioni		223	✧	◆	◆
Posa binari		225	✧	•	◆
Calcestruzzo gettato in opera		241	•	•	✧
Lavori sotterranei: scavi		260	◆	✧	◆
Lavori di finitura per trafori, segnatamente demarcazioni di superfici del traffico		280	•	◆	•
Opere in calcestruzzo semplice e calcestruzzo armato (cfr. calcestruzzo gettato in opera in costruzioni a (o sotto il) livello del suolo)	211,5	313	•	•	✧
Ripristino e protezione di strutture in calcestruzzo, carotaggio e lavori di fresatura	211,7 211,7	131 132	◆	•	•
Opere in pietra naturale e pietra artificiale	216	345-46	✧	•	•
Coperture: impermeabilizzazioni in materiali plastici ed elastici	224	362, 364	•	◆	•
Sigillature e isolazioni speciali	225	318	•	◆	•
Intonaci di facciate: intonaci, opere da gessatore	226, 1/272	348	✧	✧	•
Opere da pittore (esterne/interne)	227, 1/ 285, 1	672 673-74	✧	◆	•
Pavimenti, rivestimenti di pareti e soffitti in legno, pietra artificiale, pietra naturale, materiali sintetici, tessuti e fibre minerali (fibre spruzzate)	281, 282, 283	603, 661-65, 641/2 345/6, 651-657	✧	✧	•
Pulizia dell'edificio	287	682	✧	✧	•

Nota: CCC e CPN sono codici che consentono di catalogare, mettere a gara e fatturare i lavori

Tabella 3 Allegato alla direttiva aria cantieri (Svizzera)

Per ogni operazione di cantiere le emissioni sono suddivise in emissioni da motori e non.

Nella direttiva viene inoltre fornito un catalogo di provvedimenti per la riduzione delle emissioni nocive nell'aria sui cantieri: tali provvedimenti sono suddivisi in provvedimenti di base (attuati per ogni cantiere) e provvedimenti specifici per i cantieri di maggiori dimensioni e durata. Alcuni di tali provvedimenti sono riportati nell'appendice A al presente documento.

### 3 LE SERIE STORICHE DELLE EMISSIONI DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI IN ITALIA

#### 3.1 Le Serie storiche a livello nazionale delle emissioni di PM<sub>10</sub> e dei suoi precursori

(Barbara Gonella, Riccardo De Lauretis, Daniela Romano, APAT)

La figura 6 riporta i numeri indice del consumo di fonti primarie e delle emissioni in atmosfera dei principali inquinanti e dei gas serra in Italia dal 1990 al 2003 (anno base 1990 = 100).

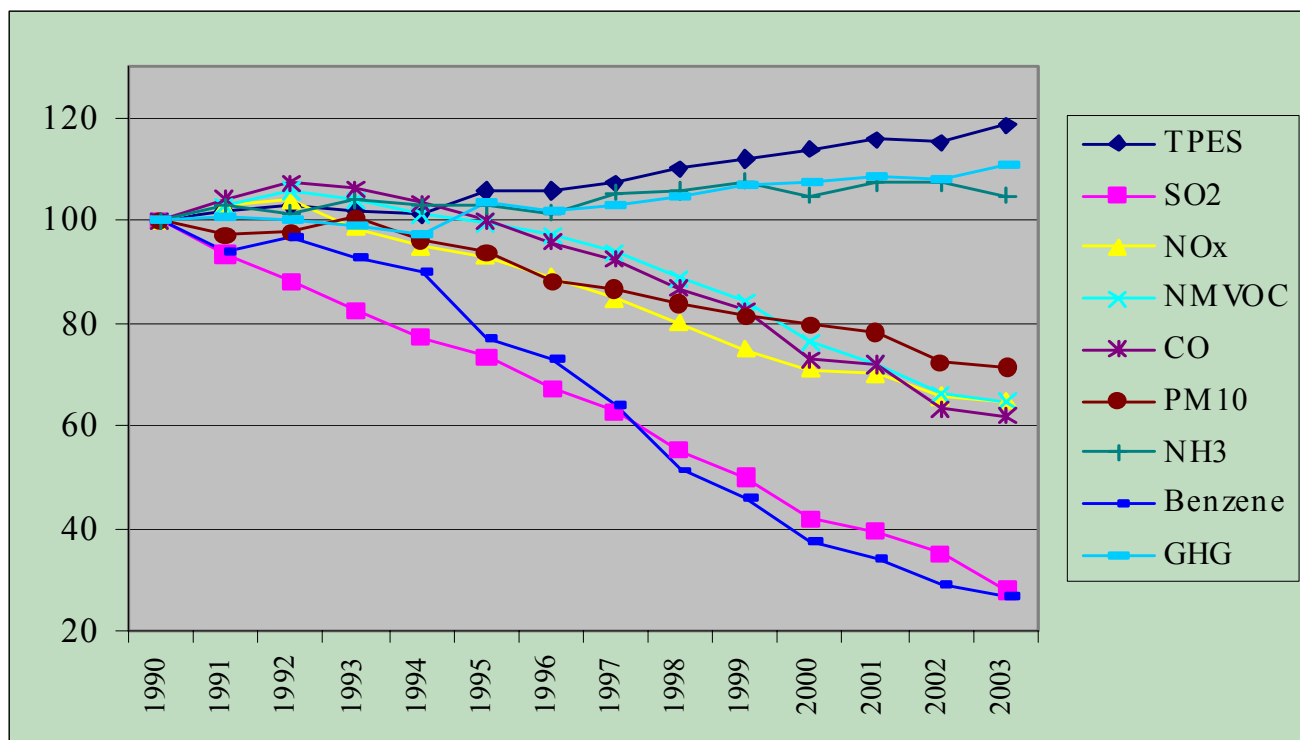


Figura 6 Andamento del consumo di energia primaria in Italia (TPES, total primary energy sources) e delle emissioni inquinanti e di gas serra (GHG, greenhouse gases). FONTE: APAT

La serie storica delle emissioni di PM<sub>10</sub> dal 1990 al 2003 è riportata nella tabella 4 e in figura 7. La stima delle emissioni nell'inventario nazionale prevede la quantificazione della dose emissiva da oltre 40 attività e processi produttivi; l'aggregazione dei livelli delle emissioni in solo 5 settori rappresentativi è stata scelta al fine di semplificare l'esposizione dei risultati.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Produzione energia	44.842	43.766	43.077	42.834	42.695	38.986	32.975	28.072	25.266	21.152	18.272	16.176	12.060	7.678
Industria	62.381	60.301	59.076	56.795	56.346	58.541	54.344	49.608	47.617	46.810	46.406	45.679	44.677	46.097
Residenziale e terziario	13.896	15.030	15.857	14.612	16.162	16.248	15.629	17.582	16.820	19.135	19.989	20.931	17.233	18.475
Trasporti	98.081	96.320	99.343	100.956	98.046	96.434	94.973	93.813	92.312	90.934	87.078	87.700	85.151	84.548
Agricoltura e foreste	22.705	19.061	19.031	27.302	18.899	16.535	14.941	20.549	21.098	19.144	20.803	18.593	16.372	15.913
Totale	241.905	234.479	236.383	242.499	232.149	226.743	212.863	209.625	203.114	197.175	192.548	189.079	175.493	172.710

Tabella 4 Serie storica nazionale delle emissioni di PM<sub>10</sub> per settore in tonnellate (1990-2003)

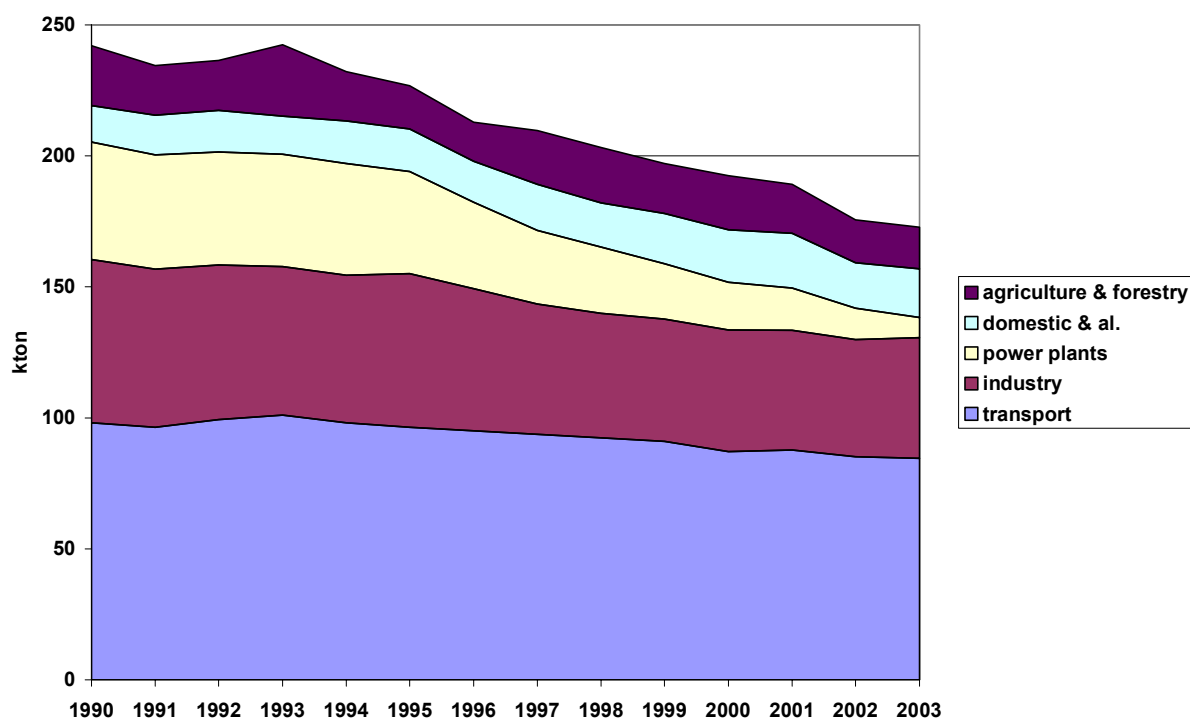


Figura 7 Emissioni di PM10 in Italia (fonte: APAT)

Dai valori riportati si nota una diminuzione della quantità totale di emissione di PM<sub>10</sub>, dal 1990 al 2003, di circa il 29%, passando da 242.000 a 173.000 tonnellate circa. Il decremento si osserva in tutti i settori, escluso quello residenziale e terziario.

La riduzione delle emissioni nazionali si è verificata principalmente nel settore della produzione di energia, con una diminuzione del 83%, cui seguono il settore dell'agricoltura e delle foreste (-30%), che include le emissioni da combustione di stoppie e di rifiuti sia agricoli che di origine urbana, degli incendi forestali, l'industria (-26%), le cui emissioni sono dovute sia alla fase di combustione che di processo, ed il settore dei trasporti (-14%), sia su strada che marittimi, aerei ed altri off-road; l'aumento che si osserva nel settore residenziale e terziario, per il riscaldamento degli ambienti e degli edifici, invece, è pari al 33%. Va sottolineato che questo settore incide a livello nazionale per circa il 10÷11% sul totale delle emissioni.

Nella figura 8 è riportata la distribuzione percentuale per settore sul totale delle emissioni per l'anno 2003; dalla figura si osserva che le emissioni dovute ai trasporti sono pari al 49% del totale, il settore industriale rappresenta il 27% del totale, il settore residenziale l'11%, le emissioni da combustione di stoppie e rifiuti agricoli e da incendi forestali pesano il 9%, mentre il settore energia è pari al 4% del totale.

Per quanto riguarda la distribuzione delle emissioni di PM<sub>10</sub> a partire dagli anni '90, si nota che il peso del principale settore, quello dei trasporti, è aumentato dal 41 al 49%; un notevole incremento è stato riscontrato anche per il settore residenziale, dal 6 al 11%, mentre il peso percentuale è rimasto invariato per i settori industria e agricoltura e foreste. Una considerevole riduzione si osserva solo nel settore relativo alla produzione di energia che è passato dal 19 al 4%.

In quest'ultimo sono incluse le emissioni derivanti dalla combustione per la produzione di energia elettrica e le emissioni dell'industria di trasformazione. La riduzione di circa il 65%, dal 1990 al 2003, è dovuta, per la quasi totalità, ad una diminuzione delle emissioni di PM<sub>10</sub> dalle centrali elettriche ed, in misura minore, dalle raffinerie, per l'applicazione della normativa per il rispetto dei limiti di emissione al camino di particolato solido dai grandi impianti di produzione energetica (DM 12/07/1990), sia attraverso l'utilizzo di combustibili migliori che l'installazione di tecnologie di abbattimento delle emissioni.

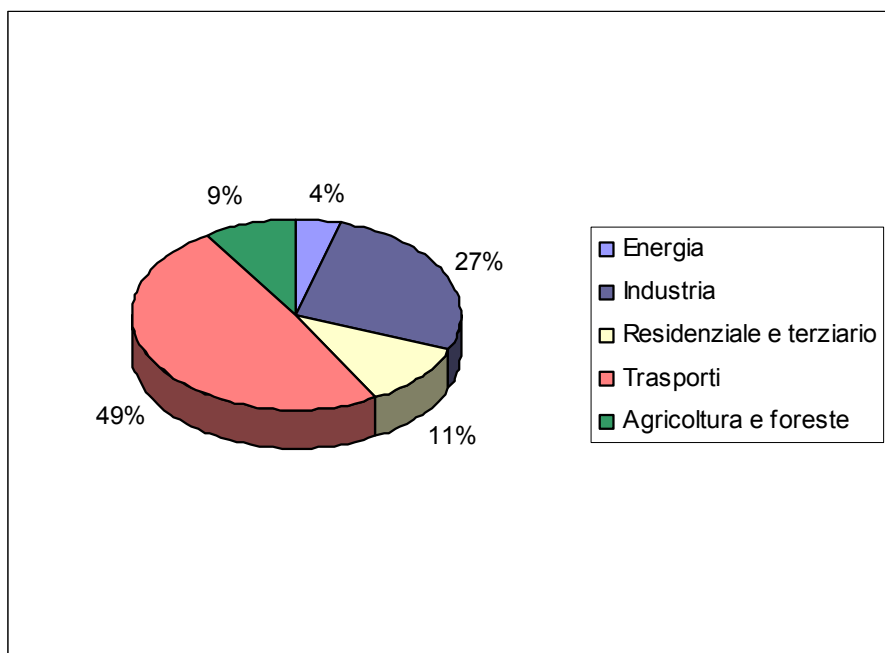


Figura 8 Distribuzione percentuale delle emissioni di  $PM_{10}$  per settore nell'anno 2003 (fonte: APAT)

Le emissioni sotto la voce industria racchiudono, invece, le quote originate dai settori combustione industriale, dai processi produttivi, dall'estrazione e/o distribuzione dei combustibili fossili e dall'uso solventi. Tra questi, un peso preponderante sul totale delle emissioni del settore si osserva per la combustione industriale e per i processi produttivi. Anche in questo settore le emissioni si sono ridotte negli anni novanta in conseguenza dell'applicazione della normativa per i grandi impianti di combustione.

Il settore terziario e residenziale, che include il riscaldamento nel terziario, residenziale e in agricoltura, presenta come già accennato, dal 1990 al 2003, un incremento sul totale delle emissioni di oltre il 30%, dovuto ad un generale incremento dei consumi energetici, ed in particolare ad un crescente utilizzo della legna come combustibile e del gas naturale nelle caldaie per uso domestico. Inoltre, si deve sottolineare che il Bilancio Energetico Nazionale, che è la fonte ufficiale di riferimento per tali consumi, riporta solo i dati di biomassa commercializzata escludendo una parte rilevante dei consumi che alcuni studi hanno valutato pari a tre volte i dati ufficiali [ENEA, 2001 "I consumi energetici di biomasse nel settore residenziale in Italia nel 1999" a cura di Vincenzo Gerardi e Giovanni Perrella. RT/ERG/2001/07]. D'altra parte, i fattori di emissione della combustione di legna nelle stufe e nei camini domestici sono ancora affetti da una elevata incertezza [Caserini S., Fraccaroli A., Monguzzi A.M., Moretti M., Giudici A., Angelino E., Fossati G., Gurrieri G., 2004 "Primary PM10 and PM2.5 Emission Inventory in Lombardy", Proceedings of the PM Emission Inventories Scientific Workshop, Lago Maggiore, Italy 18 October 2004] come è stato già discusso nel paragrafo precedente punti critici e approfondimenti necessari nella realizzazione degli inventari delle emissioni di PM.

Il settore dei trasporti è quello più importante dal punto di vista delle emissioni di  $PM_{10}$ . Nel totale del settore sono riportate oltre alle emissioni propriamente attribuite ai trasporti stradali anche quelle relative ad altre sorgenti mobili, ovvero ai trasporti off-road in agricoltura, industria, foreste e giardinaggio, e ad altre sorgenti puntuali quali porti ed aeroporti; le emissioni da trasporto stradale costituiscono, comunque, il 65% delle emissioni del settore. In particolare, la stima delle emissioni del trasporto su strada si riferisce alle emissioni degli autoveicoli, dei motoveicoli e dei mezzi commerciali pesanti, distinte per tipo di combustibile utilizzato (benzina, diesel, GPL). Le emissioni sono inoltre differenziate tra quelle che si verificano allo scarico e quelle dovute all'abrasione dell'asfalto ed all'usura delle gomme e dei freni.

Nella figura 9 sono riportate le emissioni dal trasporto su strada distribuite per tipologia di veicolo dal 1990 al 2003.

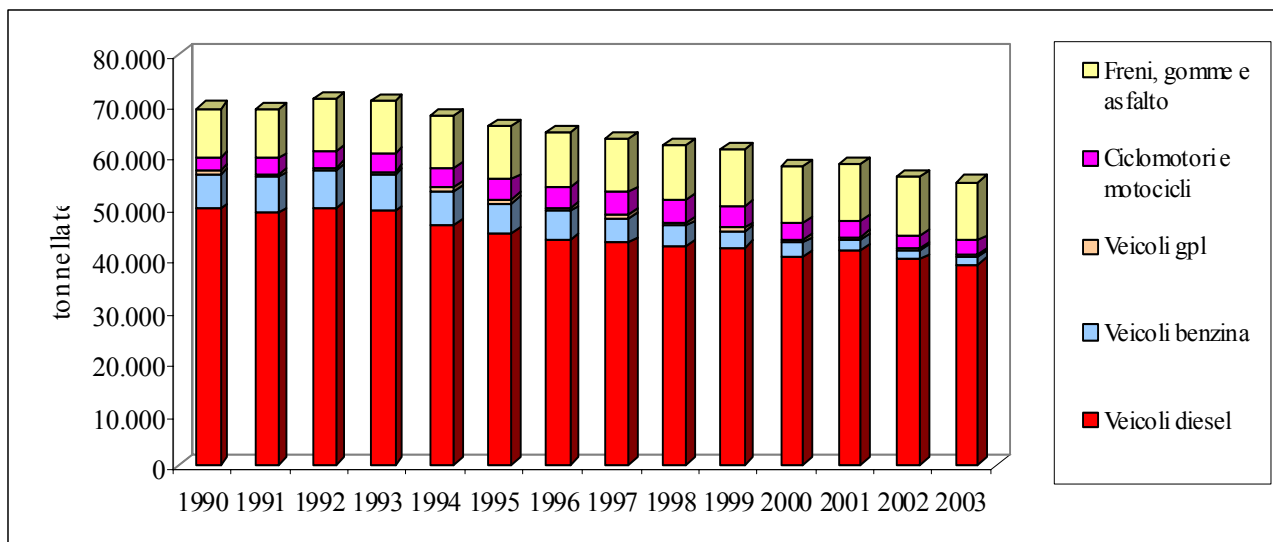


Figura 9 Distribuzione delle emissioni di PM10 per il settore trasporti su strada in tonnellate (1990-2003) (fonte: APAT)

La riduzione delle emissioni, sia per gli autoveicoli a benzina che diesel, è avvenuta in seguito al rinnovo del parco circolante con veicoli che rispondono alle direttive europee EURO I ed EURO II ed al recepimento delle direttive relative alla qualità dei combustibili. Il miglioramento del processo di combustione e l'introduzione delle marmitte catalitiche hanno comportato, da un lato, una generale riduzione di sostanze inquinanti regolamentate come i VOC, CO, NO<sub>x</sub> ed SO<sub>2</sub>, dall'altro una riduzione anche nelle emissioni di PM<sub>10</sub>, sostanza non regolamentata in tali Direttive.

Si può osservare dalla figura 9 che la principale fonte di emissione dei trasporti su strada sono i veicoli diesel ed in particolare i veicoli commerciali pesanti. E' interessante inoltre notare, sempre per i veicoli diesel, come a partire dal 1997 non sia più evidente la tendenza alla diminuzione delle emissioni di PM<sub>10</sub>.

Di seguito nella tabella 5, sono elencate le sorgenti di emissione in relazione alle emissioni di particolato solido, le cosiddette *key sources*, definite come quelle categorie che sommate in ordine decrescente di grandezza raggiungono il 95% del totale delle emissioni.

SNAP		% cumulata
0303	Processi di combustione con contatto	12,4
0806	Off-road Agricoltura	22,4
0701	Automobili	31,8
0202	Residenziale	40,8
0703	Veicoli pesanti P > 3.5 t e autobus	49,3
0707	Pneumatici, freni e manto stradale	55,9
0907	Incenerimento di rifiuti agricoli (escl. 1003)	62,4
0406	Proc. ind. legno/pasta-carta/alim./bevande e altre industrie	68,7
0702	Veicoli leggeri P < 3.5 t	74,5
0402	Proc. nelle ind. del ferro/acciaio e nelle miniere di carb.	79,7
0101	Centrali elettriche e di cogenerazione pubbliche	83,2
0808	Off-road Industria	86,4
0804	Attività marittime	89,6
1103	Incendi foreste e altra vegetazione	91,1
0301	Combustione in caldaie turbine a gas e motori fissi	92,5
1003	Combustione di residui agricoli	93,6
0704	Motocicli cc < 50 cm <sup>3</sup>	94,6
0203	Agricoltura	95,7

Tabella 5      *Sorgenti principali in relazione al peso percentuale delle emissioni specifiche di PM<sub>10</sub> sul totale (fonte: APAT)*

Dato il crescere dell'attenzione, da parte dell'opinione pubblica e dei decisori, all'inquinamento da PM<sub>10</sub> in ambiente urbano, principalmente per gli effetti nocivi sulla salute dell'uomo, è importante stimare il contributo delle emissioni attribuibili alle aree urbane dal totale nazionale.

Prendendo in esame l'insieme delle attività dell'inventario nazionale e le relative emissioni, considerando che alcune attività sono presenti solo in ambito urbano, altre sono solo parzialmente urbane e altre, infine, non sono presenti affatto in ambito urbano, si stima che circa il 15-20% delle emissioni totali di PM<sub>10</sub> a livello nazionale, con riferimento all'intera serie storica, viene emesso in aree urbane. Di queste, il 55-60% è attribuito alle emissioni da trasporto su strada, il 35-40% al riscaldamento e il 5-10% ad altre fonti.

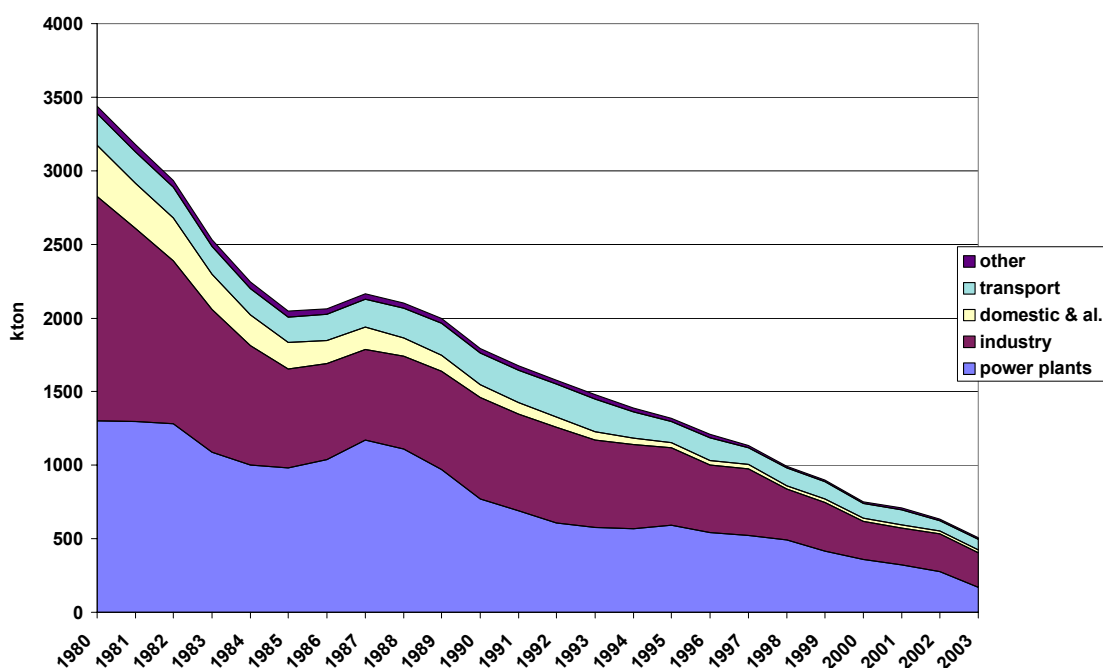
Inoltre, bisogna considerare che circa il 10% delle emissioni totali nazionali viene emesso da grandi impianti industriali che sono localizzati in "aree a rischio", contigue ad ambiti urbani, ed in determinate condizioni meteo-climatiche possono determinare particolari condizioni di inquinamento sull'immediata vicinanza urbana.

Come già specificato, la stima delle emissioni del PM<sub>10</sub> nell'inventario nazionale si riferisce al particolato cosiddetto primario e non tiene in considerazione le emissioni secondarie e la risospensione delle polveri.

### **Le stime delle emissioni dei precursori del PM10 secondario**

Nel seguito sono brevemente riportate le serie storiche delle emissioni dei principali precursori del PM10 secondario (figure 10÷15).

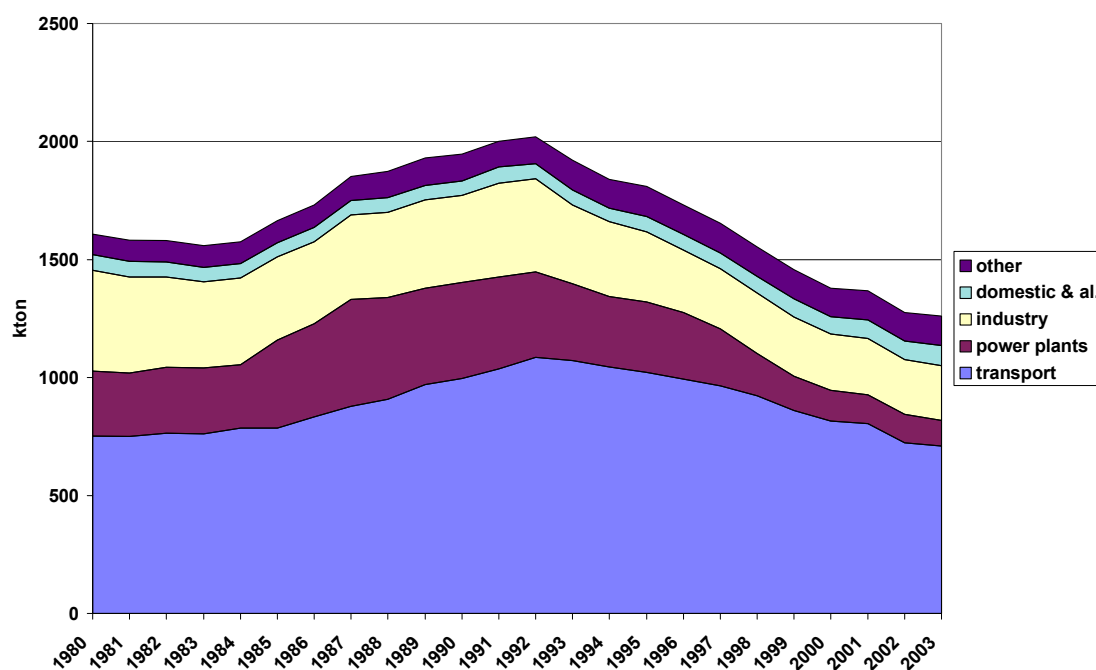




Fonte: APAT

Figura 10 Emissioni nazionali di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)

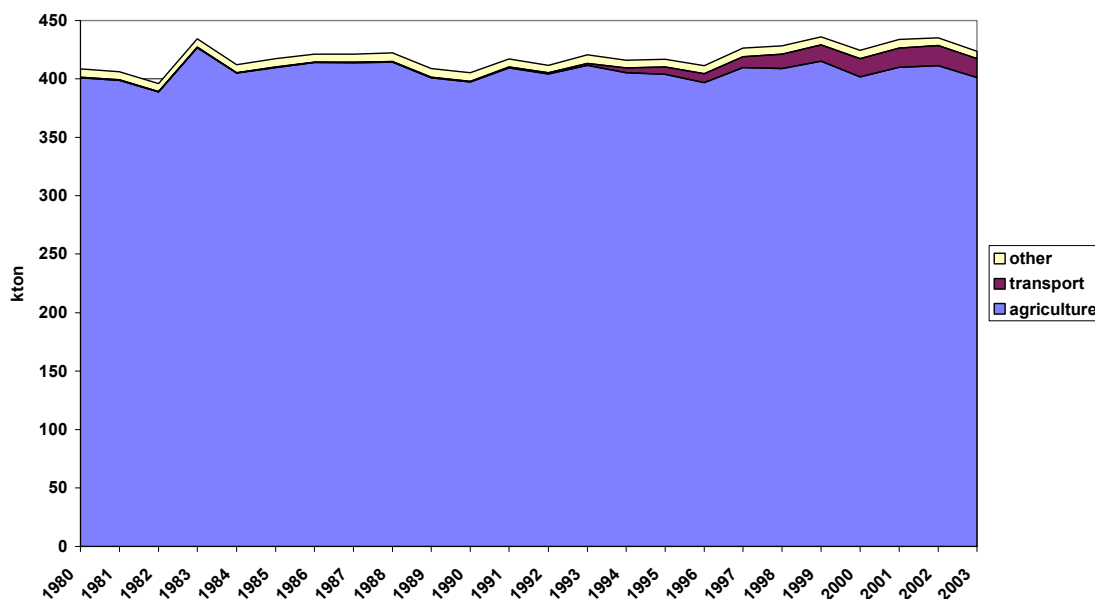
Nell'ambito della direttiva europea 2001/81/CE **on national emission ceiling for certain atmospheric pollutant**), relativa ai limiti nazionali di alcuni inquinanti atmosferici, recepita in Italia con il DLgs 171/04, l'Italia ha l'impegno di ridurre le emissioni nazionali di biossido di zolfo a 0,475 Mt entro il 2010. Per raggiungere l'obiettivo le emissioni dovranno quindi essere ridotte ancora del 6,2% .



Fonte: APAT

Figura 11 Emissioni nazionali di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

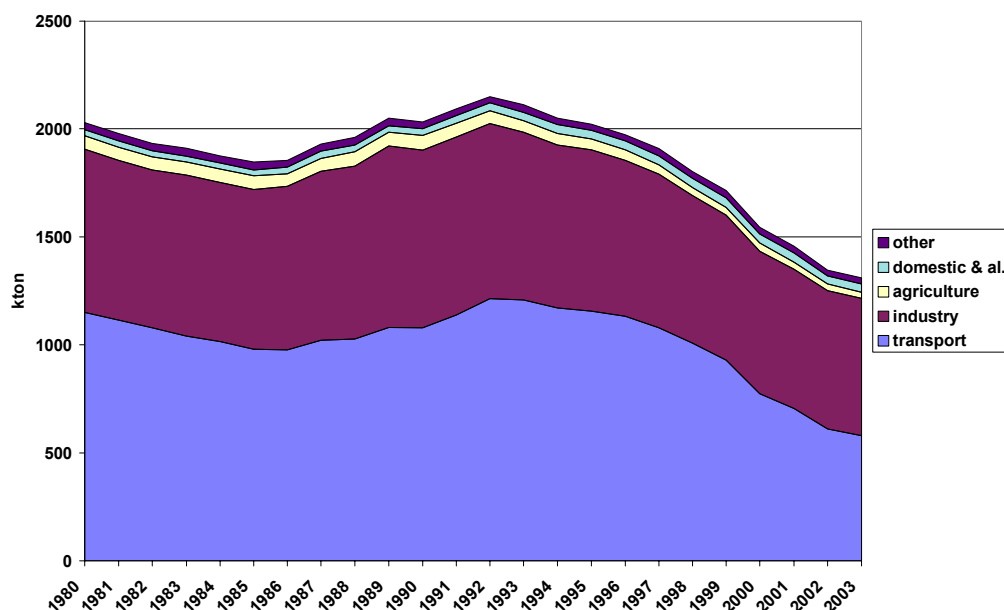
Nell'ambito della direttiva europea 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di alcuni inquinanti atmosferici l'Italia ha l'impegno di ridurre le emissioni nazionali di ossidi di azoto a 0,990 Mt entro il 2010. Per raggiungere l'obiettivo le emissioni dovranno quindi essere ridotte ancora del 21,4% .



Fonte: APAT

Figura 12 Emissioni nazionali di ammoniaca (NH<sub>3</sub>)

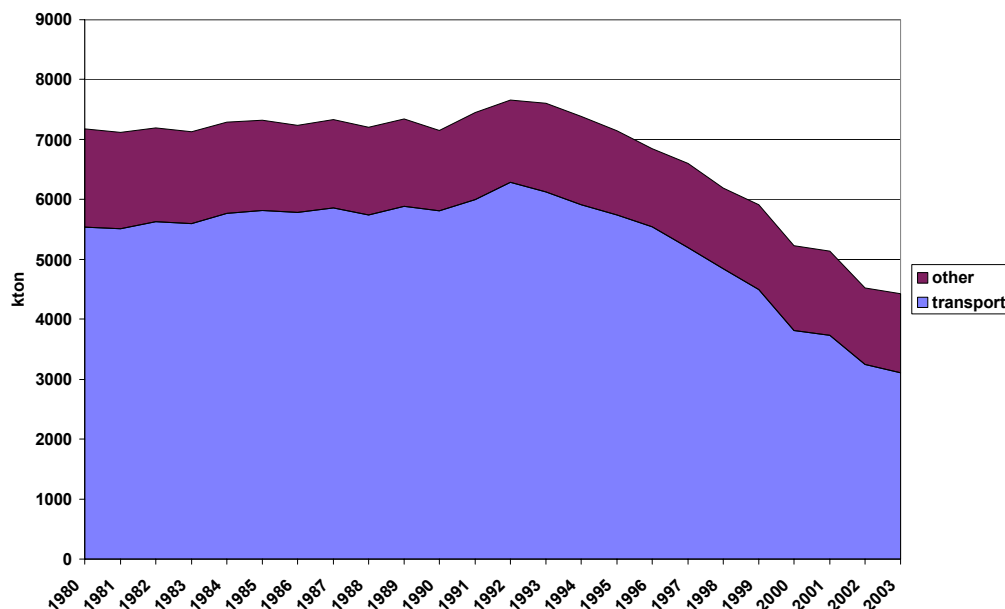
Nell'ambito della direttiva europea 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di alcuni inquinanti atmosferici l'Italia ha l'impegno di ridurre le emissioni nazionali di ammoniaca a 0,419 Mt entro il 2010. Per raggiungere l'obiettivo le emissioni dovranno quindi essere ridotte ancora del 3,2% .



Fonte: APAT

Figura 13 Emissioni nazionali di composti organici volatili non metanici (COVNM)

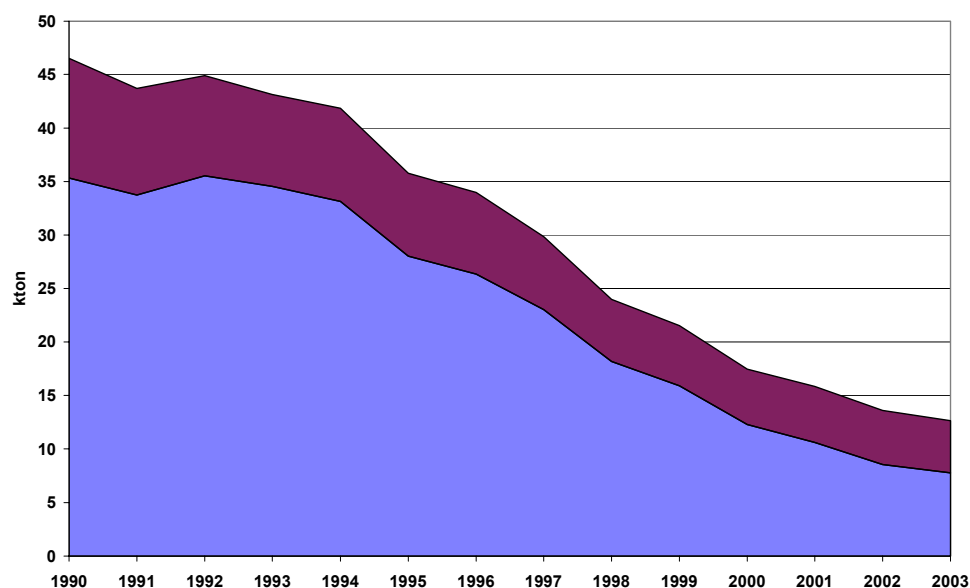
Nell'ambito della direttiva europea 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di alcuni inquinanti atmosferici l'Italia ha l'impegno di ridurre le emissioni nazionali di composti organici volatili diversi dal metano a 1,159 Mt entro il 2010. Per raggiungere l'obiettivo le emissioni dovranno quindi essere ridotte ancora dell'11,5% .



Fonte: APAT

Figura 14 Emissioni nazionali di monossido di carbonio (CO)

La normativa di riferimento è quella attinente alla qualità dell'aria nelle aree urbane così come i limiti di emissione specifici dei veicoli per il trasporto su strada. Le emissioni di CO, ed in particolare quelle relative al settore del trasporto stradale, si sono ridotte dai primi anni '90 ad oggi in considerazione della introduzione delle tecnologie di abbattimento delle emissioni nel parco veicolare.

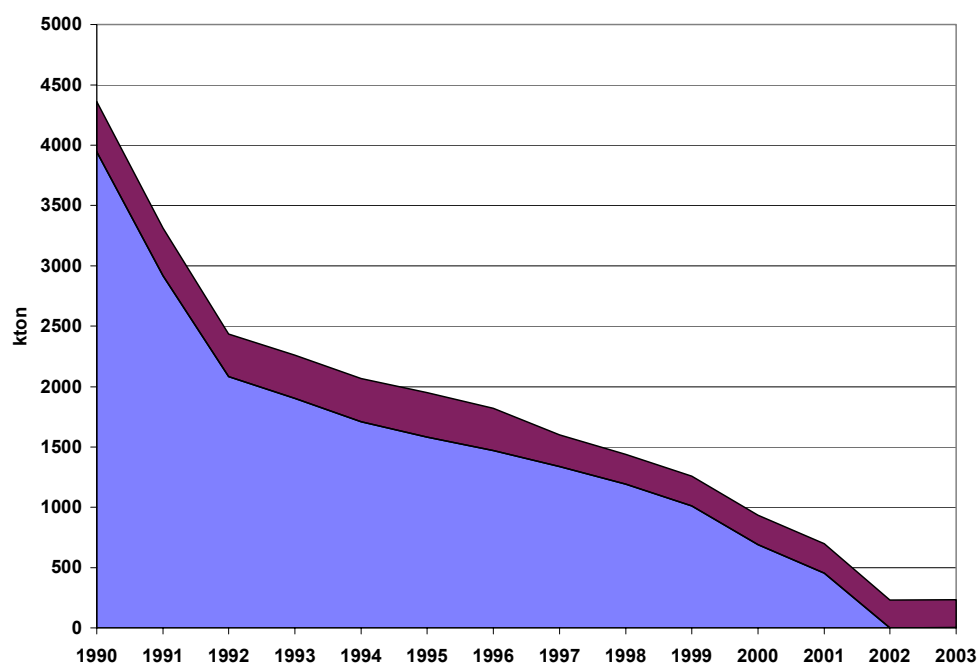


Fonte: APAT

Figura 15 Emissioni nazionali di benzene(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

La normativa di riferimento è quella attinente alla qualità dell'aria nelle aree urbane così come la qualità dei combustibili per il trasporto. Le emissioni di Benzene, ed in particolare quelle relative al settore dei trasporti, si sono ridotte dai primi anni '90 ad oggi in considerazione sia della riduzione del contenuto di benzene nella benzina che della introduzione delle tecnologie di abbattimento delle emissioni nel parco veicolare.

A completamento delle informazioni sui trend relativi alle stime delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici si riportano le emissioni di piombo in Italia dal 1990 al 2003 (figura 15 bis).



Fonte: APAT

Figura 15bis Emissioni nazionali di piombo (Pb)

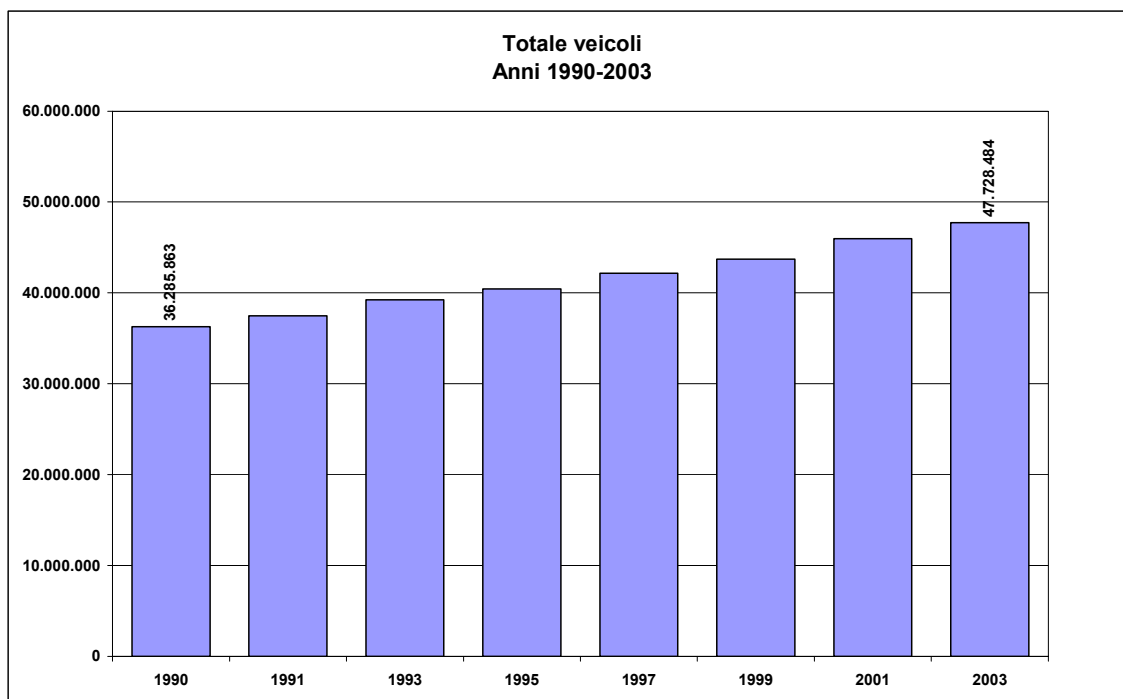
Le emissioni di piombo si sono ridotte dal 1990 al 2003 di circa il 95%. A partire dall'anno 2002 si è praticamente azzerata l'emissione di piombo dai trasporti, grazie all'introduzione della benzina senza piombo.

## 3.2 Le principali sorgenti di emissione del PM: un approfondimento sul settore trasporti

(Paolo Picini (ENEA), Riccardo De Lauretis (APAT))

### *Alcuni dati sul parco circolante*

Dal 1990 al 2003 il numero totale di veicoli motorizzati circolanti in Italia è costantemente aumentato. Rispetto al 1990 l'incremento percentuale è stato pari al 31,5% (figura 16).



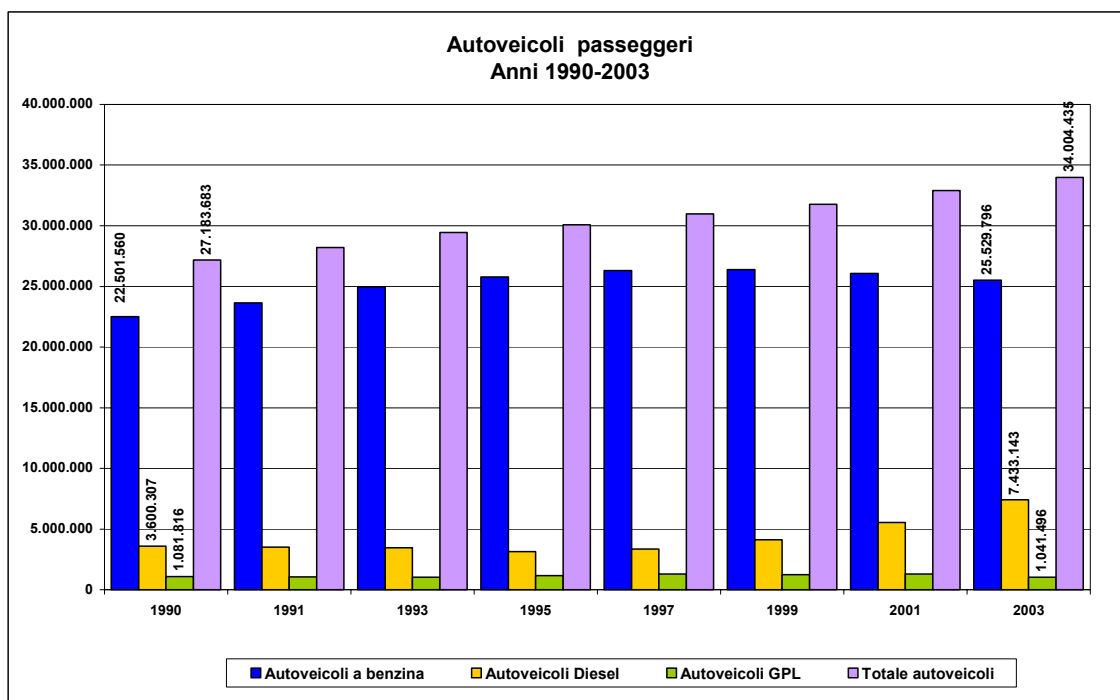
Fonte: elaborazioni ENEA su dati ACI

Figura 16 Numero totale di veicoli circolanti in Italia. Anni 1990-2003

I maggiori incrementi si sono avuti nelle categorie: autoveicoli passeggeri +25.1%; veicoli a due ruote +45.7% e veicoli commerciali leggeri +108%. Invariate le altre categorie veicolari: veicoli commerciali pesanti; bus urbani ed extraurbani (figure 17-21).

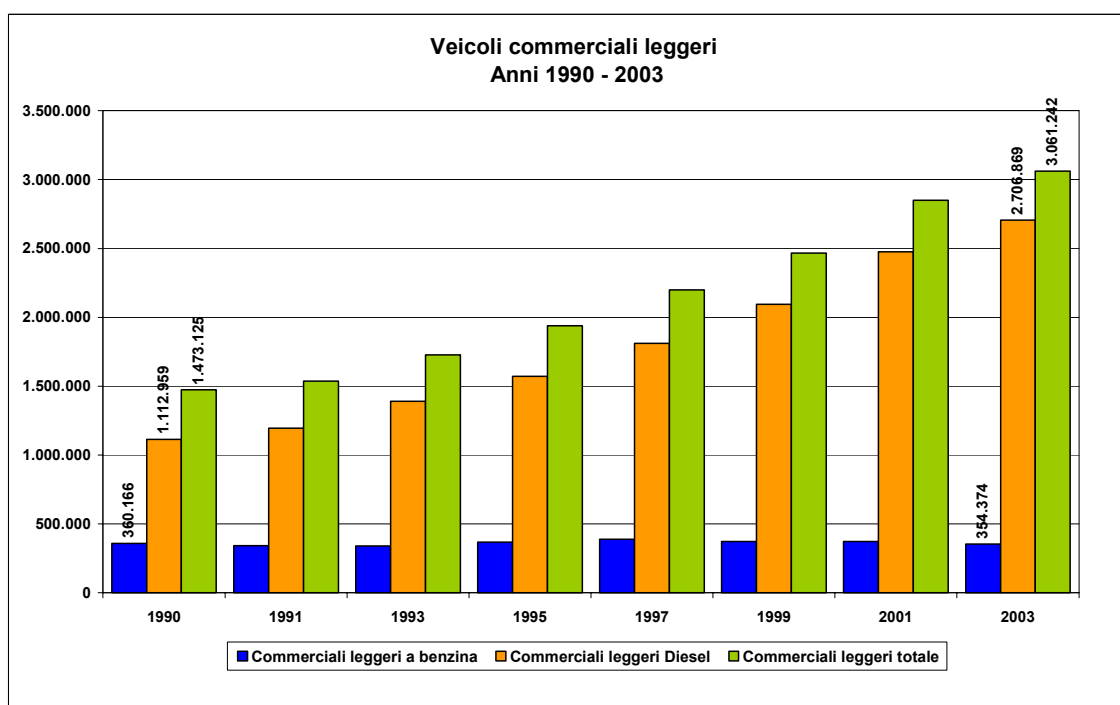
Rispetto ai veicoli a due ruote va rimarcato il *trend* in diminuzione dei ciclomotori a partire dal 1999 e quello in aumento dei motocicli.

Riguardo al tipo di alimentazione i veicoli alimentati a benzina sono aumentati, rispetto al totale dei veicoli circolanti nel 1990, del 20% mentre quelli a gasolio sono cresciuti del 95%. Praticamente invariato il parco a GPL. Va però segnalato che mentre le autovetture a benzina negli ultimi anni mostrano un *trend* in diminuzione, le autovetture diesel sono in forte crescita.



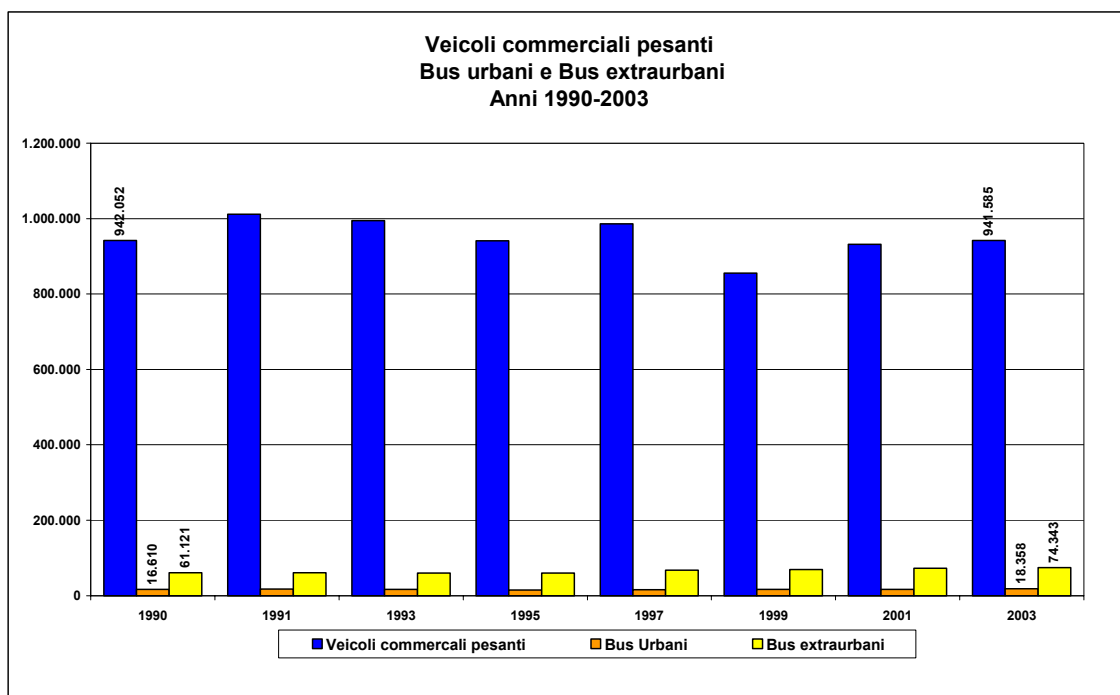
Fonte: elaborazioni ENEA su dati ACI

Figura 17- Parco circolante autovetture in base all'alimentazione. Anni 1990-2003



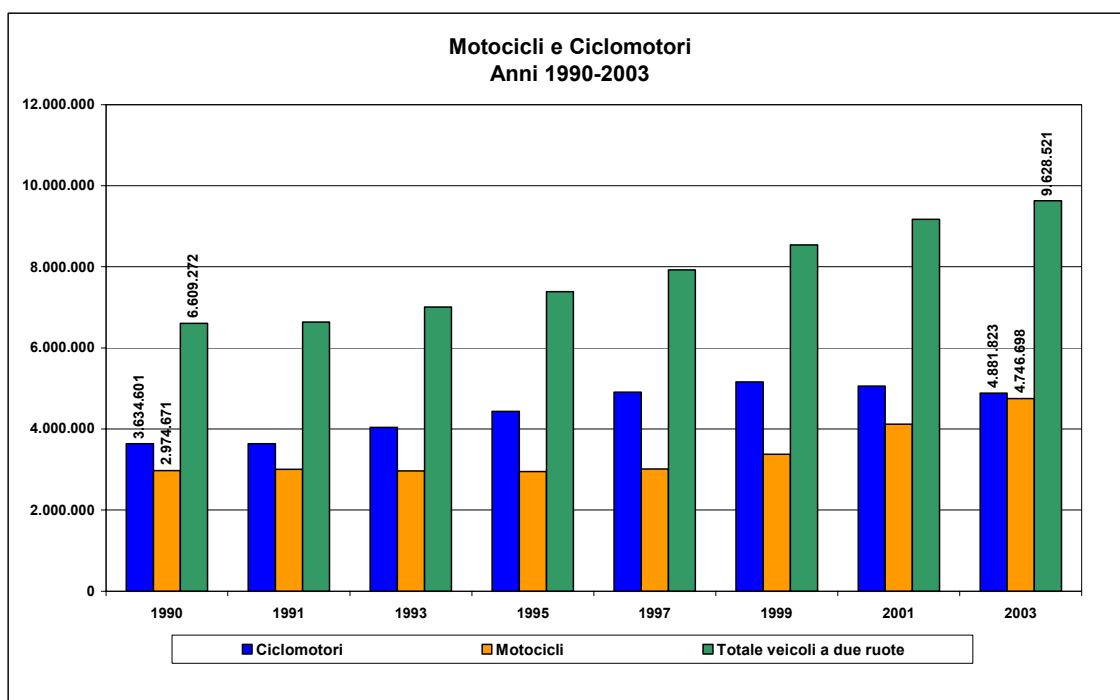
Fonte: elaborazioni ENEA su dati ACI

Figura 18 – Parco circolante veicoli commerciali leggeri in base all'alimentazione. Anni 1990-2003



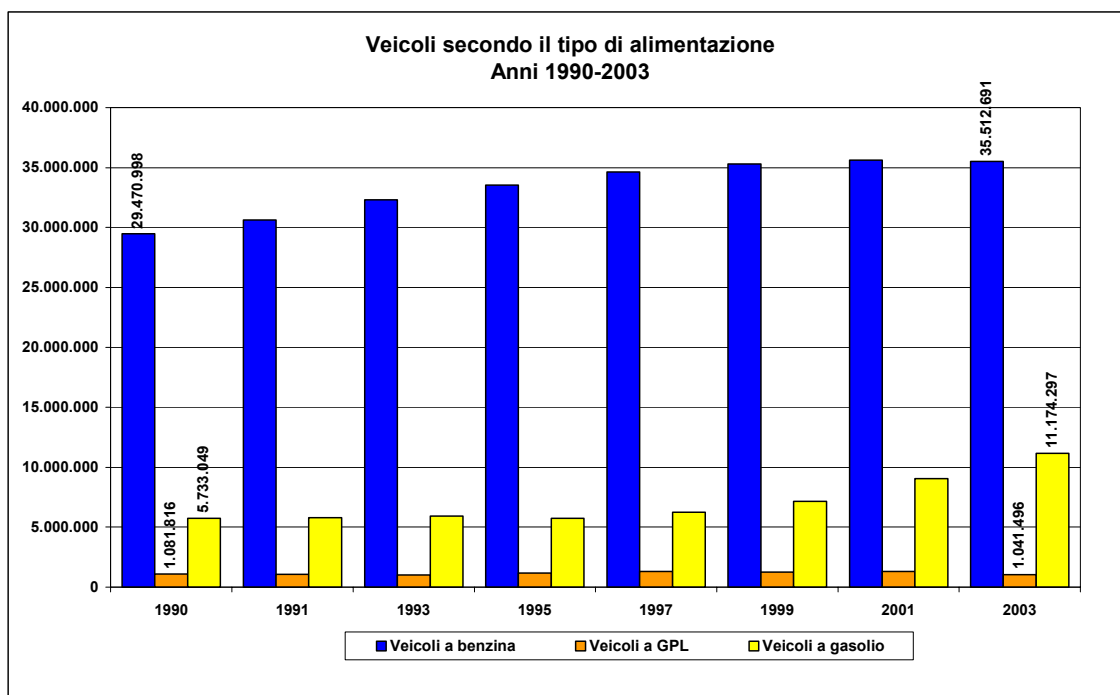
Fonte: elaborazioni ENEA su dati ACI

Figura 19 – Parco circolante veicoli commerciali pesanti, bus urbani e bus extraurbani. Anni 1990-2003.



Fonte: elaborazioni ENEA su dati ACI, APAT

Figura 20 – Parco circolante ciclomotori e motocicli. Anni 1990-2003



**Fonte: elaborazioni ENEA su dati ACI**

*Figura 21 – Parco circolante veicoli in base all'alimentazione. Anni 1990-2003*



## ***Emissioni di PM da trasporto su strada in ambito urbano***

La stima delle emissioni di sostanze inquinanti l'atmosfera causate dal trasporto stradale viene effettuata utilizzando il programma di calcolo **COPERT III**<sup>1</sup> messo a punto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e raccomandato a tutti i Paesi membri per la compilazione degli inventari nazionali delle emissioni.

Il software richiede come principali dati di input

- il parco circolante suddiviso (vedi tabella 6) per:
  - categoria di veicolo
  - alimentazione
  - cilindrata (o peso a pieno carico per i veicoli commerciali leggeri e pesanti)
  - anno di immatricolazione (per tenere conto delle normative di riduzione dei limiti alle emissioni)
- le percorrenze medie annuali effettuate dalle singole categorie veicolari in ambito urbano, extraurbano ed autostradale;
- le velocità medie di percorrenza delle singole categorie veicolari in ambito urbano, extraurbano ed autostradale;
- il percorso medio giornaliero effettuato dalle singole categorie veicolari in ambito urbano;
- le temperature minime, massime, medie mensili ;
- i consumi di carburanti annuali suddivisi in benzina (con e senza piombo), gasolio e GPL
- le caratteristiche qualitative dei carburanti quali il tenore di piombo, il tenore di zolfo, la pressione di vapore Reid ed il rapporto H/C.

Senza entrare in dettagli tecnici in base ai dati di input il software calcola la quantità del singolo inquinante emesso annualmente dalla specifica categoria veicolare come somma di tre differenti “tipi” di emissione

$$E_{\text{totale}} = E_{\text{caldo}} + E_{\text{freddo}} + E_{\text{evaporative}}$$

dove:

**E<sub>caldo</sub>**: è la quantità (g) emessa quando il motore ha raggiunto le condizioni di stabilità termica e/o il dispositivo di post-trattamento dei gas di scarico (marmitta catalitica) ha raggiunto la temperatura di funzionamento ottimale;

**E<sub>freddo</sub>**: è la quantità (g) emessa dall'accensione del motore fino al raggiungimento delle condizioni di stabilità termica;

**E<sub>evap</sub>**: è la quantità (g) di COVNM (Composti Organici Volatili Non Metanici) emessa a causa dell'evaporazione del carburante dal sistema di alimentazione (solo per i veicoli a benzina).

Le emissioni a caldo dipendono dalla categoria veicolare, dalla tecnologia veicolare e dalla velocità. Le emissioni a freddo dipendono principalmente dalla percentuale di percorrenza effettuata con il motore a freddo che a sua volta dipende sia dalla tecnologia veicolare che dalla temperatura ambiente. Anche se le emissioni a freddo avvengono per tutte le categorie veicolari, il software le calcola solo per le autovetture passeggeri e per i veicoli commerciali leggeri perché solo per queste categorie sono disponibili i relativi fattori di emissione.

---

<sup>1</sup> Copert III COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport. Methodology and Emission Factors (Version 2.1) L.Ntziachristos and Z. Samaras ETC/AEM October 2000.

<i>Categoria veicolo</i>	<i>Classificazione</i>	<i>Normativa</i>	<i>Categoria veicolo</i>	<i>Classificazione</i>	<i>Normativa</i>
<b>Veicoli passeggeri</b>	<i>benzina</i> <b>&lt;1,4 l</b>	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 <i>Improved Conventional Open loop</i> Euro I 91/441/EEC Euro II 94/12/EEC Euro III 98/69/CE Euro IV 98/69/CE	<b>Veicoli commerciali leggeri</b>	<i>gasolio</i> <b>&lt;3,5t</b>	Pre Euro I Euro I 93/59/EC Euro II 96/69/EC Euro III 98/69/EC Stage 2000 Euro IV 98/69/EC Stage 2005
			<b>Veicoli Commerciali pesanti</b>	<i>gasolio &lt; 7,5 t</i>	Pre Euro I 91/542/EEC Euro I 91/542/EEC Euro II Euro III 1999/96/EC Euro IV COM(1998)776 Euro V COM(1998)776
	<i>benzina e</i> <b>1,4-2,0 l</b>	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 <i>Improved Conventional Open loop</i> Euro I 91/441/EEC Euro II 94/12/EEC Euro III 98/69/CE Euro IV 98/69/CE (2005)		<i>gasolio 7,5-16 t</i>	Pre Euro I 91/542/EEC Euro I 91/542/EEC Euro II Euro III 1999/96/EC Euro IV COM(1998)776 Euro V COM(1998)776
				<i>gasolio 16-32 t</i>	Pre Euro I 91/542/EEC Euro I 91/542/EEC Euro II Euro III 1999/96/EC Euro IV COM(1998)776 Euro V COM(1998)776
	<i>benzina</i> <b>&gt;2,0 l</b>	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Euro I 91/441/EEC Euro II 94/12/EEC Euro III 98/69/CE Euro IV 98/69/CE (2005)		<i>gasolio &gt; 32 t</i>	Pre Euro I 91/542/EEC Euro I 91/542/EEC Euro II Euro III 1999/96/EC Euro IV COM(1998)776 Euro V COM(1998)776
				<b>Bus urbani</b>	Pre Euro I 91/542/EEC Euro I 91/542/EEC Euro II Euro III 1999/96/EC Euro IV COM(1998)776 Euro V COM(1998)776
	<i>gasolio</i> <b>&lt;2,0 l</b>	Pre Euro I Euro I 91/441/EEC Euro II 94/12/EEC Euro III 98/69/CE Euro IV 98/69/CE (2005)		<i>Bus turistici</i>	Pre Euro I 91/542/EEC Euro I 91/542/EEC Euro II Euro III 1999/96/EC Euro IV COM(1998)776 Euro V COM(1998)776
	<i>gasolio</i> <b>&gt;2,0 l</b>	Pre Euro I Euro I 91/441/EEC Euro II 94/12/EEC Euro III 98/69/CE Euro IV 98/69/CE (2005)			
	<b>GPL</b>	Pre Euro I Euro I 91/441/EEC Euro II 94/12/EEC Euro III 98/69/CE Euro IV 98/69/CE (2005)	<b>Ciclomotori</b>	<i>&lt;50 cc</i> <b>2 tempi</b>	Pre Euro I 97/24/EC Stage I (Euro I) 97/24/EC Stage II (Euro II)
	<b>2-tempi</b>	Pre Euro I			
<b>Veicoli commerciali leggeri</b>	<i>benzina</i> <b>&lt;3,5t</b>	Pre Euro I Euro I 93/59/EC Euro II 96/69/EC Euro III 98/69/EC ( 2000) Euro IV 98/69/EC ( 2005)	<b>Motocicli</b>	<i>cc&lt;250</i>	Pre Euro I 97/24/EC
				<i>250&lt;cc&lt;750</i>	Pre Euro I 97/24/EC
				<i>cc&gt;750</i>	Pre Euro I 97/24/EC

Tabella 6: Classificazione dei veicoli secondo COPERT III

Le emissioni a caldo e le emissioni a freddo sono dette anche emissioni “exhaust” e sono quelle che fuoriescono dal sistema di scarico dei veicoli a motore.

I singoli “tipi” di emissione sono strettamente dipendenti dalle condizioni operative del motore. Differenti condizioni di guida si riflettono in differenti condizioni di esercizio del motore e, quindi, in differenti “tipi” di emissioni. Nella guida in autostrada, per esempio, non si hanno “emissioni a freddo” in quando il motore, essendo stato avviato prima dell’ingresso in autostrada e lavorando generalmente a carichi elevati, ha senz’altro raggiunto le condizioni di stabilità termica. Al contrario le emissioni a freddo si verificano quasi esclusivamente nelle condizioni di guida urbana,

caratterizzate da brevi spostamenti e da bassi carichi. Tralasciando i dettagli tecnici, il software riaggrega le emissioni attribuendole a tre specifiche condizioni di guida: **urbana**; **extraurbana** e **autostradale**.

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{urb}} + E_{\text{extraurb}} + E_{\text{autostr}}.$$

Le principali emissioni prese in considerazione dal software sono: il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), i composti organici volatili non metanici (COVNM), il metano (CH<sub>4</sub>), l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), il piombo (Pb), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>) ed il materiale particolato (PM).

Una volta inseriti i dati di input il programma oltre a calcolare le emissioni dei vari inquinanti citati calcola anche i consumi totali di carburante (benzina, gasolio e GPL). I consumi calcolati vengono confrontati con i consumi immessi come dato di input. Il programma viene reiterato, calibrando alcuni parametri: le percorrenze annuali, le quote di queste effettuate in ambito urbano, extraurbano ed autostradale e le velocità medie fino a quando i due dati coincidono.

Questa metodologia viene correntemente applicata per la stima delle emissioni a livello nazionale in quanto è ragionevole supporre che i carburanti venduti vengano “consumati” all'interno del territorio nazionale. Gli effetti di “frontiera”(carburanti acquistati all'estero e consumati in Italia e viceversa) si compensano e, in ogni caso, hanno un peso percentuale sul totale dei consumi irrilevante.

Per quanto attiene alle emissioni di PM il software calcola le emissioni dovute ai soli veicoli diesel. Le emissioni di PM dovute ai veicoli alimentati a benzina ed a GPL sono calcolate utilizzando fattori di emissione disponibili in letteratura<sup>2</sup>.

Come noto, oltre alle emissioni exhaust, il traffico veicolare produce emissioni di particolato dovute all'usura dei freni, dei pneumatici e del manto stradale. Anche in questo caso la stima delle emissioni viene effettuata utilizzando dati sperimentali disponibili in letteratura<sup>3</sup>.

Nelle tabelle 7 e 8 vengono forniti i fattori di emissione a caldo per le varie categorie veicolari per una velocità media del ciclo urbano pari a 25 km/h. Per completezza, oltre ai fattori emissione relativi al PM, sono stati riportati anche quelli degli NO<sub>x</sub> dei NMVOC e i fattori di emissione del PM non exhaust.

Nelle tabelle non sono stati riportati i fattori di emissione a freddo in quanto, come già detto, a parità di altre condizioni dipendono fortemente dalla temperatura ambiente e la loro entità può variare dal 5% al 50% dei fattori di emissioni a caldo con un valore medio a livello nazionale che oscilla tra il 10% ed il 20% a secondo del tipo di inquinante.

Nelle pagine che seguono sono riportati, per le varie categorie veicolari, i valori delle emissioni di PM relative al ciclo di guida urbano calcolate secondo la metodologia brevemente illustrata. I valori riportati comprendono sia le emissioni exhaust che quelle non exhaust.

---

<sup>2</sup> Fonte TNO <http://www.air.sk/tno/cepmeip>

<sup>3</sup> Fonte CEPMEIP Emission factors for particulate matter (Berdowsky J., Visschedijk A., Creemers E., Pulles T., TNO-MEP, NL, 2001).

Fattori di emissione a caldo e fattori di emissione di PM non exhaust (g/km) Ciclo di guida urbano							
Categoria veicolare		Tecnologia	PM exhaust	PM non xhaust	NOx	VOC	Velocità media di ciclo
Veicoli passeggeri	Gasoline <1,4 l	PRE ECE	0,063	0,017	1,594	3,124	25
		ECE 15/00-01	0,063	0,017	1,594	2,483	25
		ECE 15/02	0,063	0,017	1,450	2,478	25
		ECE 15/03	0,042	0,017	1,511	2,478	25
		ECE 15/04	0,030	0,017	1,507	1,964	25
		Euro I - 91/441/EEC	0,001	0,017	0,353	0,323	25
		Euro II - 94/12/EC	0,001	0,017	0,127	0,068	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,001	0,017	0,088	0,051	25
	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	0,063	0,017	1,816	3,124	25
		ECE 15/00-01	0,063	0,017	1,816	2,484	25
		ECE 15/02	0,063	0,017	1,638	2,478	25
		ECE 15/03	0,042	0,017	1,598	2,478	25
		ECE 15/04	0,030	0,017	1,795	1,964	25
		Euro I - 91/441/EEC	0,001	0,017	0,355	0,249	25
		Euro II - 94/12/EC	0,001	0,017	0,128	0,052	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,001	0,017	0,088	0,036	25
	Gasoline >2,0 l	PRE ECE	0,063	0,017	2,237	3,124	25
		ECE 15/00-01	0,063	0,017	2,237	2,483	25
		ECE 15/02	0,063	0,017	1,848	2,478	25
		ECE 15/03	0,042	0,017	2,600	2,478	25
		ECE 15/04	0,030	0,017	2,170	1,964	25
		Euro I - 91/441/EEC	0,001	0,017	0,472	0,334	25
		Euro II - 94/12/EC	0,001	0,017	0,170	0,080	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,001	0,017	0,117	0,056	25
	Diesel <2,0 l	Conventional	0,259	0,017	0,638	0,215	25
		Euro I - 91/441/EEC	0,087	0,017	0,905	0,108	25
		Euro II - 94/12/EC	0,087	0,017	0,905	0,108	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,065	0,017	0,689	0,097	25
	Diesel >2,0 l	Conventional	0,259	0,017	0,974	0,215	25
		Euro I - 91/441/EEC	0,087	0,017	0,905	0,108	25
		Euro II - 94/12/EC	0,087	0,017	0,905	0,108	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,065	0,017	0,689	0,097	25
	LPG	Conventional	0,040	0,017	1,927	1,625	25
		Euro I - 91/441/EEC	0,000	0,017	0,395	0,391	25
		Euro II - 94/12/EC	0,000	0,017	0,142	0,082	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,000	0,017	0,095	0,059	25
Veicoli Commercial leggeri	Gasoline <3,5t	Conventional	0,040	0,022	2,324	2,847	25
		Euro I - 93/59/EEC	0,001	0,022	0,472	0,307	25
		Euro II - 96/69/EC	0,001	0,022	0,161	0,074	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,001	0,022	0,103	0,045	25
	Diesel <3,5 t	Conventional	0,268	0,022	2,689	0,148	25
		Euro I - 93/59/EEC	0,095	0,022	1,395	0,148	25
		Euro II - 96/69/EC	0,095	0,022	1,395	0,148	25
		Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,066	0,022	1,159	0,097	25

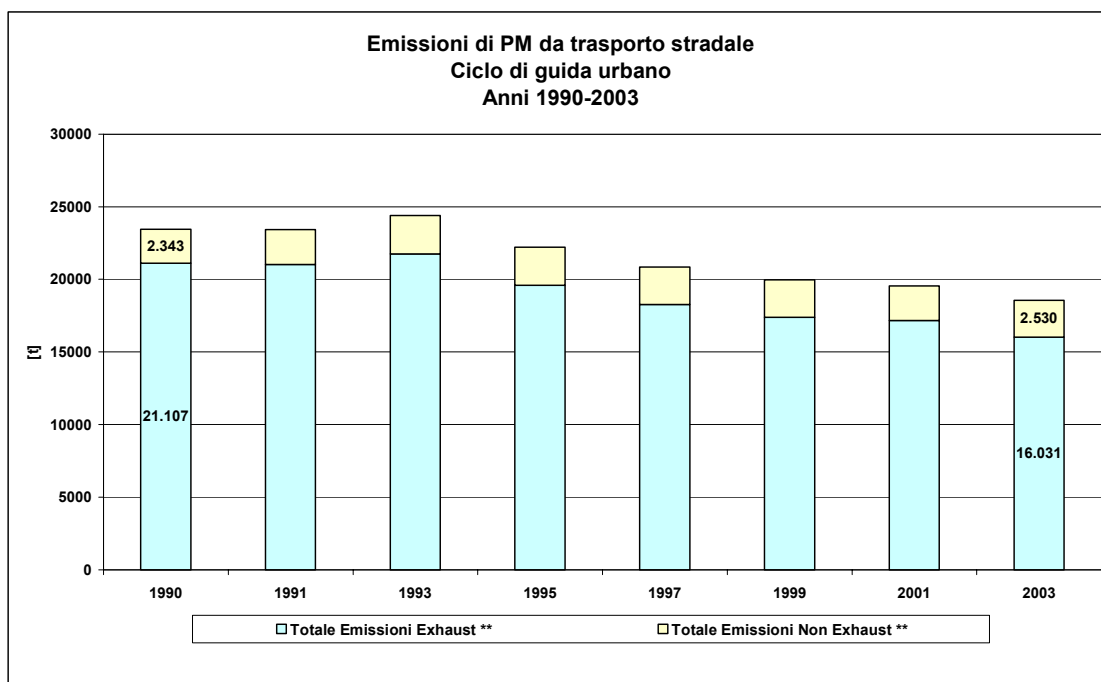
Fonte: COPERT III

Tabella 7 - Fattori di emissione a caldo e fattori di emissione PM non exhaust. Varie categorie veicolari

Fattori di emissione a caldo e fattori di emissione di PM non exhaust (g/km) Ciclo di guida urbano							
Categoria veicolare		Tecnologia	PM exhaust	PM non Exhaust	NOx	VOC	Velocità media di ciclo
Veicoli commerciali pesanti	Gasoline >3,5 t	Conventional	0,400	0.088	4,353	6,707	23
		Conventional	0,486	0.088	4,480	2,576	23
	Diesel 3,5 - 7,5 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,316	0.088	3,136	1,932	23
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,194	0.088	2,240	1,803	23
		Euro III - 2000 Standards	0,139	0.088	1,571	1,255	23
		Conventional	0,966	0.088	9,102	2,576	23
	Diesel 7,5 - 16 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,628	0.088	6,371	1,932	23
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,386	0.088	4,551	1,803	23
		Euro III - 2000 Standards	0,276	0.088	3,191	1,255	23
		Conventional	1,149	0.088	16,175	2,576	23
	Diesel 16 - 32 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,747	0.088	8,896	1,288	23
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,287	0.088	6,470	1,159	23
		Euro III - 2000 Standards	0,205	0.088	4,536	0,807	23
		Conventional	1,218	0.088	23,057	2,576	23
	Diesel >32t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,792	0.088	12,681	1,288	23
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,305	0.088	9,223	1,159	23
		Euro III - 2000 Standards	0,218	0.088	6,466	0,807	23
		Conventional	0,791	0.088	17,927	1,817	22
Autobus	Urbani	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,514	0.088	12,549	1,363	22
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,317	0.088	8,964	1,272	22
		Euro III - 2000 Standards	0,226	0.088	6,284	0,886	22
		Conventional	0,932	0.088	16,533	2,866	22
	Extraurbani	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,606	0.088	9,093	1,433	22
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,233	0.088	6,613	1,290	22
		Euro III - 2000 Standards	0,167	0.088	4,636	0,898	22
		Conventional	0,172	0.008	0,029	8,623	30
Ciclomotori	<50 cm <sup>3</sup>	97/24/EC Stage I	0,043	0.008	0,029	3,880	30
		97/24/EC Stage II	0,043	0.008	0,010	1,897	30
		Conventional	0,040	0.008	0,110	1,890	34
Motocicli	4-stroke <250 cm <sup>3</sup>	97/24/EC	0,001	0.008	0,165	0,834	34
		Conventional	0,040	0.008	0,115	1,598	34
	4-stroke 250 - 750 cm <sup>3</sup>	97/24/EC	0,001	0.008	0,165	0,836	34
		Conventional	0,040	0.008	0,126	2,956	34
	4-stroke >750 cm <sup>3</sup>	97/24/EC	0,001	0.008	0,165	0,836	34
		Conventional	0,040	0.008	0,126	2,956	34

Fonte: COPERT III, ENEA, etc

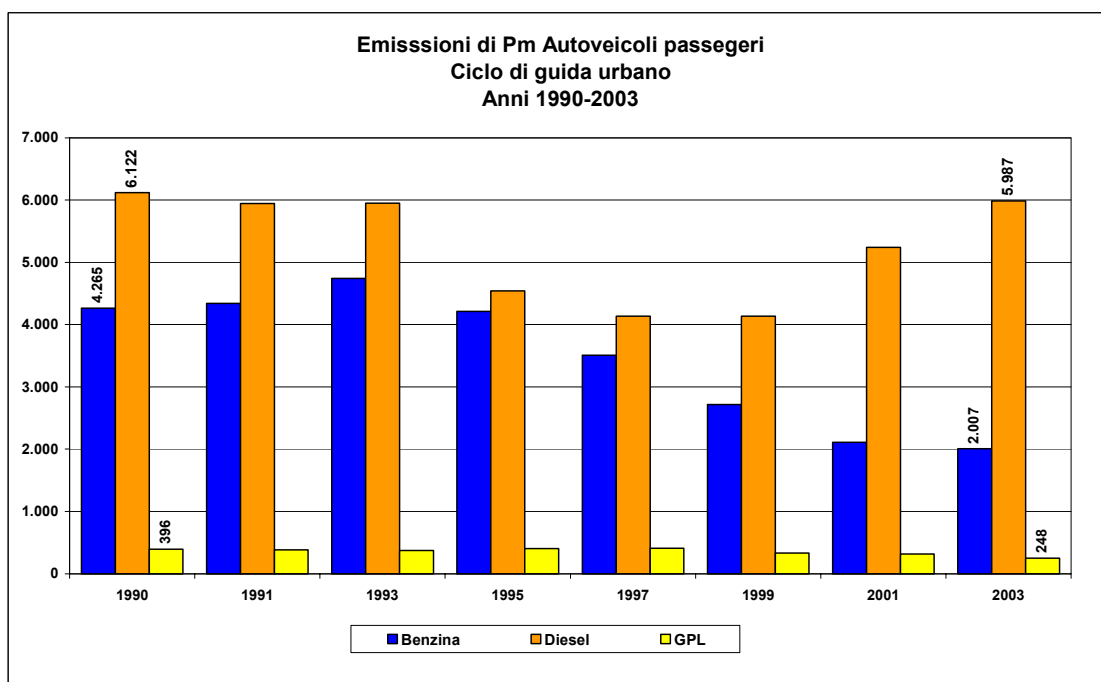
Tabella 8 - Fattori di emissione a caldo e fattori di emissione PM non exhaust. Varie categorie veicolari



**Fonte: elaborazioni ENEA su dati APAT**

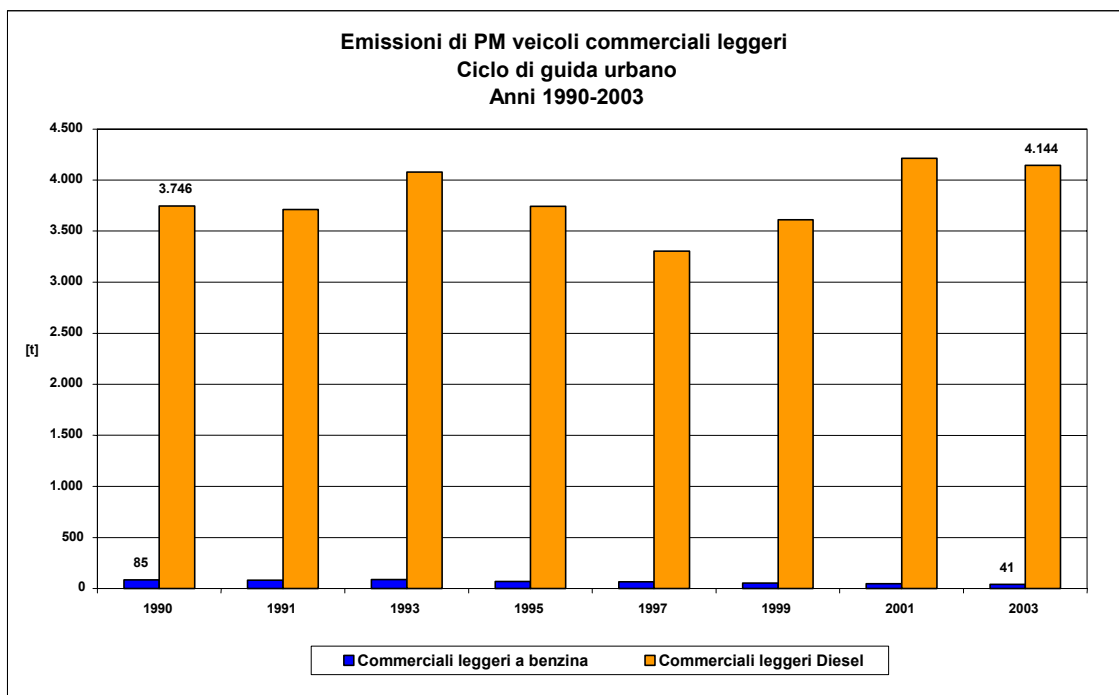
*Figura 22 – Emissioni di PM da trasporto stradale. Ciclo di guida urbano. Anni 1990-2003*

Come evidenziato dal grafico riportato nella figura 22 le emissioni totali di PM in ambito urbano nel 2003 sono diminuite del 21% rispetto a quelle del 1990. Tale diminuzione, nonostante l'aumento del numero totale dei veicoli e del numero dei veicoli diesel, è da attribuire principalmente allo svecchiamento del parco circolante ed al miglioramento dei combustibili. L'aumento dei veicoli diesel ha provocato negli anni più recenti una inversione di tendenza che ha riportato le emissioni di PM attribuite a questo tipo di alimentazione ai valori del 1993 (vedi figura 23 e 24).



**Fonte: elaborazioni ENEA su dati APAT**

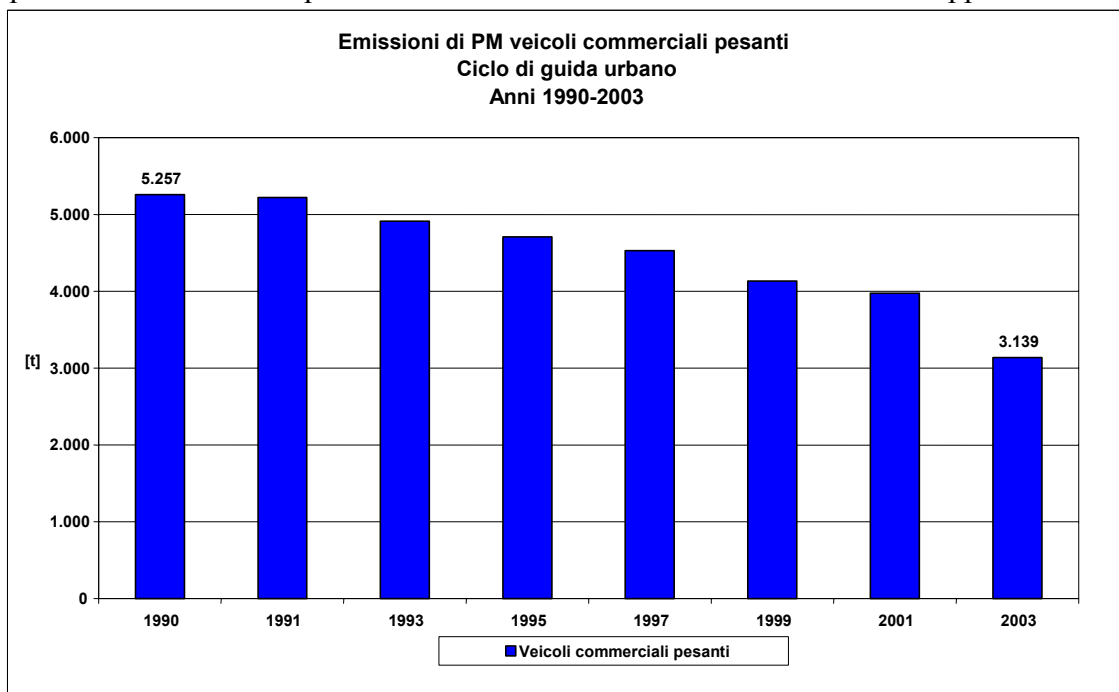
*Figura 23 – Emissioni di PM attribuite alle autovetture passeggeri. Anni 1990-2003*



**Fonte: elaborazioni ENEA su dati APAT**

*Figura24 - Emissioni di PM attribuite ai veicoli commerciali leggeri. Anni 1990-2003*

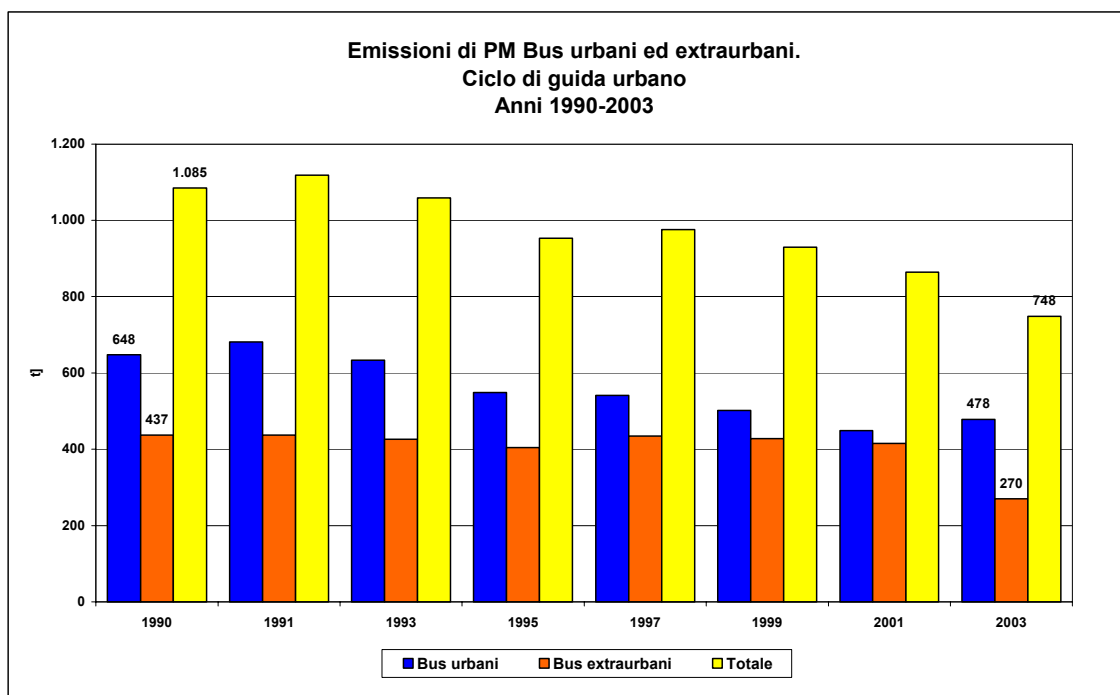
Le emissioni urbane dei veicoli commerciali pesanti (figura.25) sono diminuite dal 1990 al 2003 grazie alla normativa sulla limitazione delle emissioni inquinanti e grazie anche al fatto che in questo intervallo di tempo il numero dei veicoli non ha subito variazioni apprezzabili.



**Fonte: elaborazioni ENEA su dati APAT**

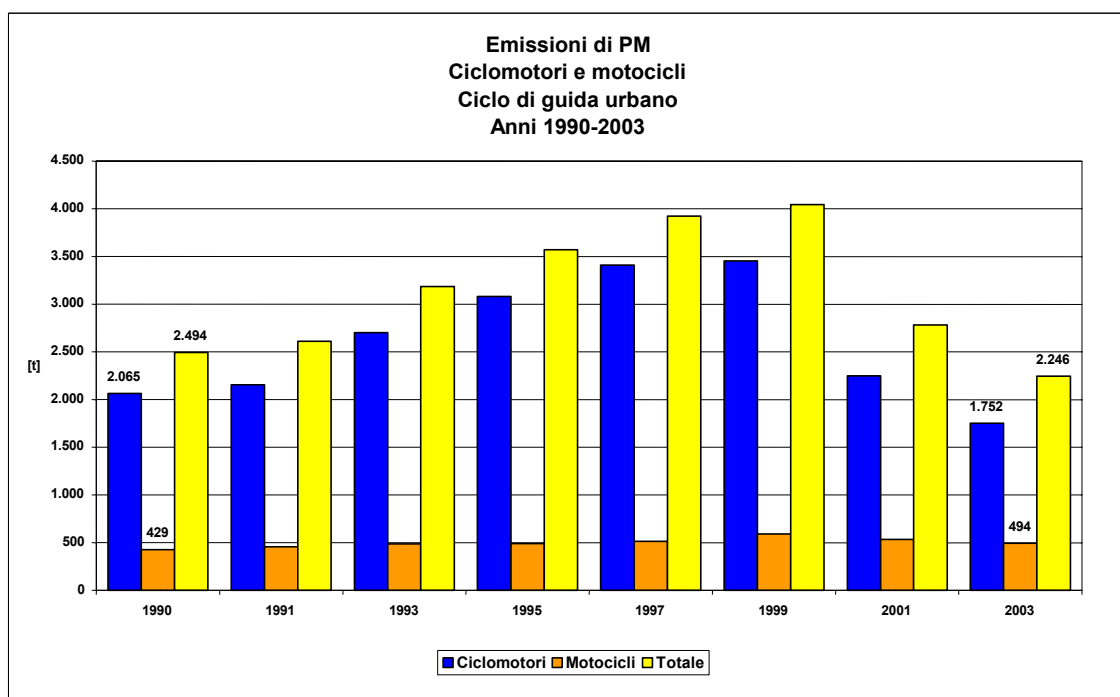
*Figura 25 - Emissioni di PM attribuite ai veicoli commerciali pesanti. Anni 1990-2003*

Nelle figure 26 e 27 sono riportate infine le emissioni urbane dei bus urbani ed extraurbani e dei ciclomotori e motocicli.



Fonte: elaborazioni ENEA su dati APAT

Figura 26 - Emissioni di PM attribuite ai bus urbani ed extraurbani. Anni 1990-2003



Fonte: elaborazioni ENEA su dati APAT

Figura 27 - Emissioni di PM attribuite ai veicoli a due ruote. Anni 1990-2003



## **Criticità:**

Nel seguito vengono esposte alcune considerazioni sui fattori di emissione dei veicoli alimentati a benzina e GPL.

La normativa attuale sui limiti alle emissioni dei veicoli con motore a combustione interna prevede limiti alle emissioni di PM per i soli veicoli diesel. Ciò, unitamente alla considerazione che le emissioni di PM da parte dei veicoli a benzina e a GPL sono di modesta entità, ha determinato uno scarso interesse per le emissioni di PM da parte dei veicoli alimentati con questi carburanti con conseguente scarsità di dati sperimentali a disposizione. Solo recentemente alcuni lavori sperimentali hanno posto l'accento sulle emissioni di PM da parte di veicoli a due ruote con motorizzazioni a due tempi.

### **Autovetture a benzina**

Come si vede dai dati riportati nella tabella 7 per i veicoli a benzina EURO I, EURO II ed EURO III viene riportato un fattore di emissione identico per tutte e tre le tipologie di autovettura. Altre fonti attribuiscono alle autovetture a benzina EURO II ed EURO III fattori di emissione compresi tra 5 e 10 mg/km<sup>4</sup>.

### **Veicoli GPL**

Non esistono fattori di emissione per i veicoli GPL EURO I, EURO II ed EURO III.

### **Veicoli commerciali leggeri**

Anche per i veicoli commerciali leggeri a benzina EURO I, EURO II ed EURO III nella tabella 7 viene riportato un fattore di emissione identico per tutte e tre le tipologie di autovettura.

### **Ciclomotori e motocicli**

Per i ciclomotori sono stati utilizzati fattori di emissione determinati da una attività sperimentale condotta da ENEA nel 2001<sup>5</sup> (vedi tabella 9).

Nel corso del 2005, sempre presso i laboratori ENEA, è stata condotta una nuova e più estesa attività sperimentale per la determinazione delle emissioni di PM da ciclomotori e scooter.

Nella tabella 9, oltre ai dati relativi alla sperimentazione ENEA, è riportata una rassegna di risultati di analoghe attività sperimentali.

Come è facile dedurre dall'esame della tabella 9 i fattori di emissione per i ciclomotori pre-EURO I ed EURO I utilizzati nel calcolo possono essere in prima approssimazione ritenuti validi. Per i ciclomotori EURO II, invece, i valori ottenuti non permettono al momento di definire un fattore di emissione realistico in quanto i due ciclomotori EURO II provati hanno fornito risultati troppo diversi tra loro.

Per quanto concerne i fattori di emissione utilizzati per i motocicli con motorizzazione a quattro tempi i dati utilizzati risultano sovrastimati per quanto attiene i motocicli pre Euro I e sottostimati per quelli EURO I come è facile verificare consultando la tabella 10.

Infine nel calcolo delle emissioni di PM dai veicoli a due ruote non vengono attualmente conteggiate quelle relative ai motocicli a due tempi.

---

<sup>4</sup> M.V. Prati, M.A. Costagliola (ISTITUTO MOTORI CNR NAPOLI) "Fattore di emissione in utilizzo reale di autovetture Diesel e benzina di differente tecnologia: inquinanti regolamentati e non". VII incontro Expert Panel Emissioni da Trasporto su Strada. ENEA –Roma 16 gennaio 2003

<sup>5</sup> D. Santino, P. Picini. Particulate Matter Emissions from Two-Stroke Mopeds. SAE NA TECHNICAL PAPER SERIES 2001-01-068.

Ciclomotori	2 tempi					4 tempi
	Euro 0	Euro I		Euro II		Euro 0
	Carburatore non catalizzato	Carburatore catalizzato	Iniezione elettronica non catalizzato	Catalizzatore + i.a.s.	Iniez. Elettr. +catalizzatore	Carburatore non catalizzato
	mg/km	mg/km		mg/km		mg/km
ENEA 2001	172	43				
ENEA - COMUNE di ROMA 2005	133	26		6	101	
	175	17				
	221	46				
SSC-ANCMA	226	69	25			19
RICARDO-ACEM		41	12			
JRC-Ispra	167	19	25			
	147	16	17			
LABECO-REGIONI	295	14				9
	211					
CNR Istituto Motori Napoli	214					
<b>Media</b>	<b>196</b>	<b>28</b>		<b>6</b>	<b>101</b>	<b>14</b>

Tabella 9 – Ciclomotori: rassegna dei fattori di emissione a caldo.

Motocicli	2 Tempi		4 tempi						
	cc>50 cc		50<cc<250		250<cc<750			cc>750	
	Pre Euro I	Euro I	Pre Euro I	Euro I	Pre Euro I	Euro I	Euro II	Pre-Euro I	Euro I
	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)
Labeco Regioni Cicli reali	126	17		3		6			
	58			5					
				6					
			19						
CNR (Ciclo omologazione ECE-40 Euro II)	188			1	18		10		
				10	19				
				7		5			
				7	9				
JRC Ispra (Ciclo omologazione ECE-40 Euro II)			1			5			
JRC Ispra (Ciclo omologazione ECE-40 Euro III)			3			6			
				8					
			1						
Ricardo –ACEM (Ciclo ECE-40 Euro II modificato)			12		4			8	7
			6		5			3	
			3		12				
					3				
ENEA-Comune di Roma (Ciclo omologazione ECE-40 Euro II)			7	2					
			2	3					
<b>Media totale</b>	<b>124</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>5,5</b>	<b>7</b>

Tabella 10 - Motocicli: rassegna dei fattori di emissione a caldo.

### Future normative

Recentemente la Commissione ha preparato una bozza preliminare di regolamento relativa alle emissioni dei veicoli a motore in previsione della futura direttiva Euro V (tabella 11). Le principali novità della proposta, al di là delle sensibili riduzioni dei limiti alle emissioni, sono essenzialmente due. Anche se valida solo per le autovetture ad iniezione diretta lean-burn, la prima riguarda l'imposizione di limiti alle emissioni di PM anche alle autovetture a benzina. La seconda è

rappresentata dal fatto che i nuovi limiti vengono estesi anche ai veicoli passeggeri con massa superiore ai 2.500 kg (tipicamente i SUV) che nelle normative precedenti godevano di limiti alle emissioni meno restrittivi.

Pasenger Cars	PM (mg/km)		NOx (mg/km)		HC (mg/km)		HC+NOx(mg/km)	
	Diesel	benzina	Diesel	benzina	Diesel	benzina	Diesel	benzina
Euro I	140	//	//	//	//	//	970	970
Euro II	80/100 <sup>1</sup>	//	//	//	//	//	700/900 <sup>1</sup>	500
Euro III	50	//	500	150	//	200	560	//
Euro IV	25	//	250	80	//	100	300	//
<i>Commission Proposal per Euro V</i>	5	5 <sup>2</sup>	200	60	//	75	250	//

1) Iniezione indiretta (IDI) e iniezione diretta (DI) rispettivamente

2) Solo per veicoli DI

*Tabella 11 - Limiti alle emissioni per le autovetture passeggeri Euro I-Euro IV e valori previsti nella bozza di proposta della Commissione per Euro V*

Anche per i veicoli commerciali pesanti sono allo studio possibili riduzioni dei limiti alle emissioni. In tabella 12 sono riportati i limiti previsti dalla Direttiva 1999/96/CE e due proposte UBA (UmweltBundesAmt) per il 2008 ed il 2010.

Heavy duty vehicles	NOx (g/kwh)	HC (g/kwh)	PM (g/kwh)
Euro I	9,0	1,23	0,40
Euro II	7,0	1,1	0,150
Euro III	5,0 <sup>1</sup>	0,66 <sup>2</sup>	0,10/0,13 <sup>3</sup>
Euro IV	3,5 <sup>1</sup>	0,46 <sup>2</sup>	0,02/0,03 <sup>3</sup>
Euro V	2,0 <sup>1</sup>	0,46 <sup>2</sup>	0,02/0,03 <sup>3</sup>
<i>Euro V (UBA proposal 2008)</i>	1,0 <sup>1</sup>	0,46 <sup>2</sup>	0,002/0,003 <sup>3</sup>
<i>Euro VI (UBA proposal 2010)</i>	0,05 <sup>1</sup>	0,46 <sup>2</sup>	0,002/0,003 <sup>3</sup>

1) Su ambedue i cicli ESC e ETC

2) Solo su ciclo ESC

3) Su ciclo ESC e ETC rispettivamente.

*Tabella 12 - Limiti alle emissioni per i veicoli commerciali pesanti e proposta UBA per Euro VI*

### 3.3 Le emissioni a livello regionale

(Riccardo De Lauretis, APAT)

Nel seguito è riportato il confronto delle emissioni complessive a livello regionale per gli anni 1990, 1995 e 2000 in relazione al PM<sub>10</sub> (figura 28) e agli inquinanti precursori di PM<sub>10</sub> secondario (figure 29÷33) ordinate in senso decrescente con riferimento all'anno 2000.

Le stime sono state ottenute a partire dall'inventario nazionale utilizzando una procedura top-down come già precedentemente sottolineato e come riportato nel documento APAT/CTN-ACE di riferimento [APAT/CTN-ACE, 2004].

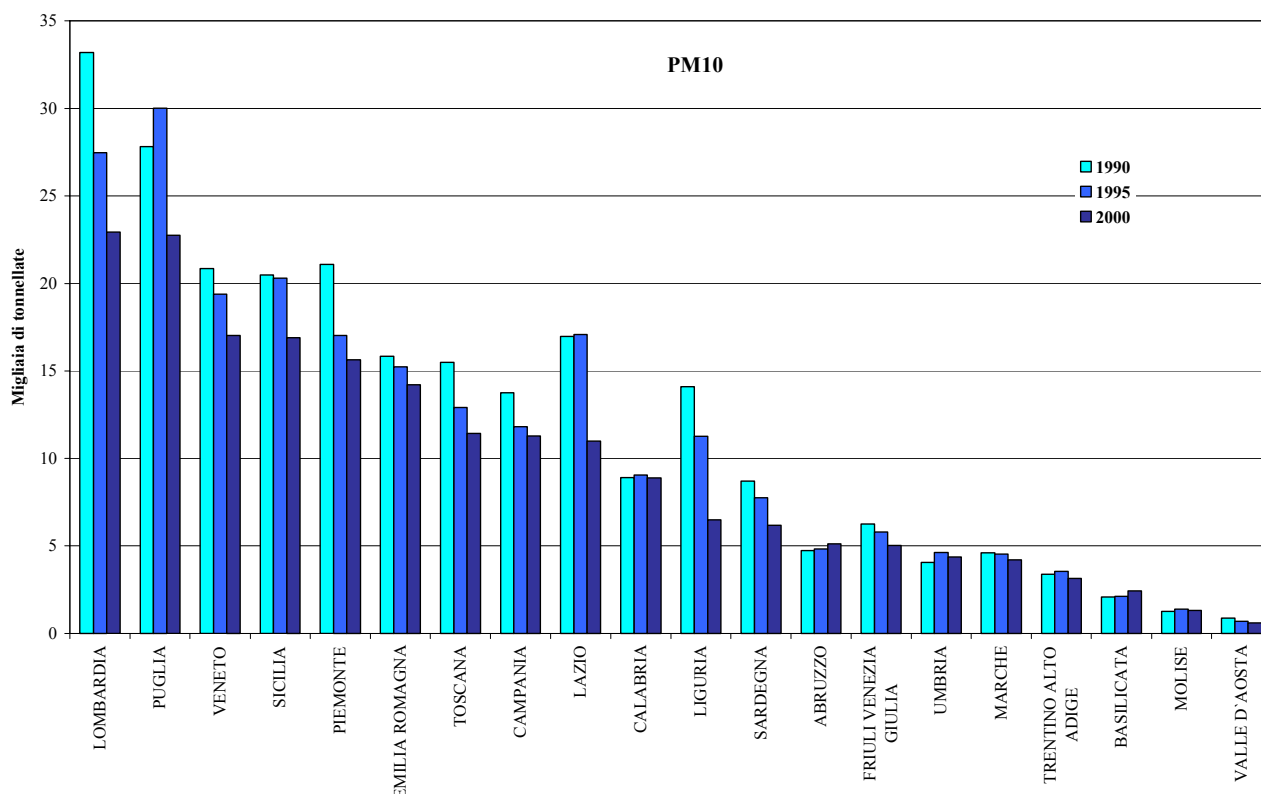


Figura 28 Emissioni di PM<sub>10</sub> disaggregate a livello regionale

Gli andamenti delle emissioni per quello che riguarda PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub> sono correlati sia all'evoluzione del trasporto su strada ed in particolare del rinnovo del parco circolante, sia alla riduzione delle emissioni nei grandi impianti di combustione e nei principali impianti industriali. In relazione ai COVNM ed al CO le emissioni sono diminuite essenzialmente nel settore dei trasporti su strada e sono correlate al rinnovo del parco circolante. Per ciò che riguarda l'ammoniaca le emissioni sono sostanzialmente correlate alla presenza degli allevamenti animali (bovini, suini e pollame) e l'andamento delle emissioni a livello regionale è funzione degli andamenti delle consistenze e riflettono l'aumento delle dimensioni medie degli allevamenti e la contrazione delle aziende di piccola dimensione.

La rappresentazione delle emissioni di PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, COVNM per il 2000 in funzione del valore aggiunto e degli abitanti fornisce indicazioni sulle diversità tra le regioni sia delle caratteristiche socio-economiche che industriali presenti sul territorio oltre ad individuare dove maggiore attenzione deve essere rivolta per ridurre l'impatto sulla popolazione (figure 34÷36).

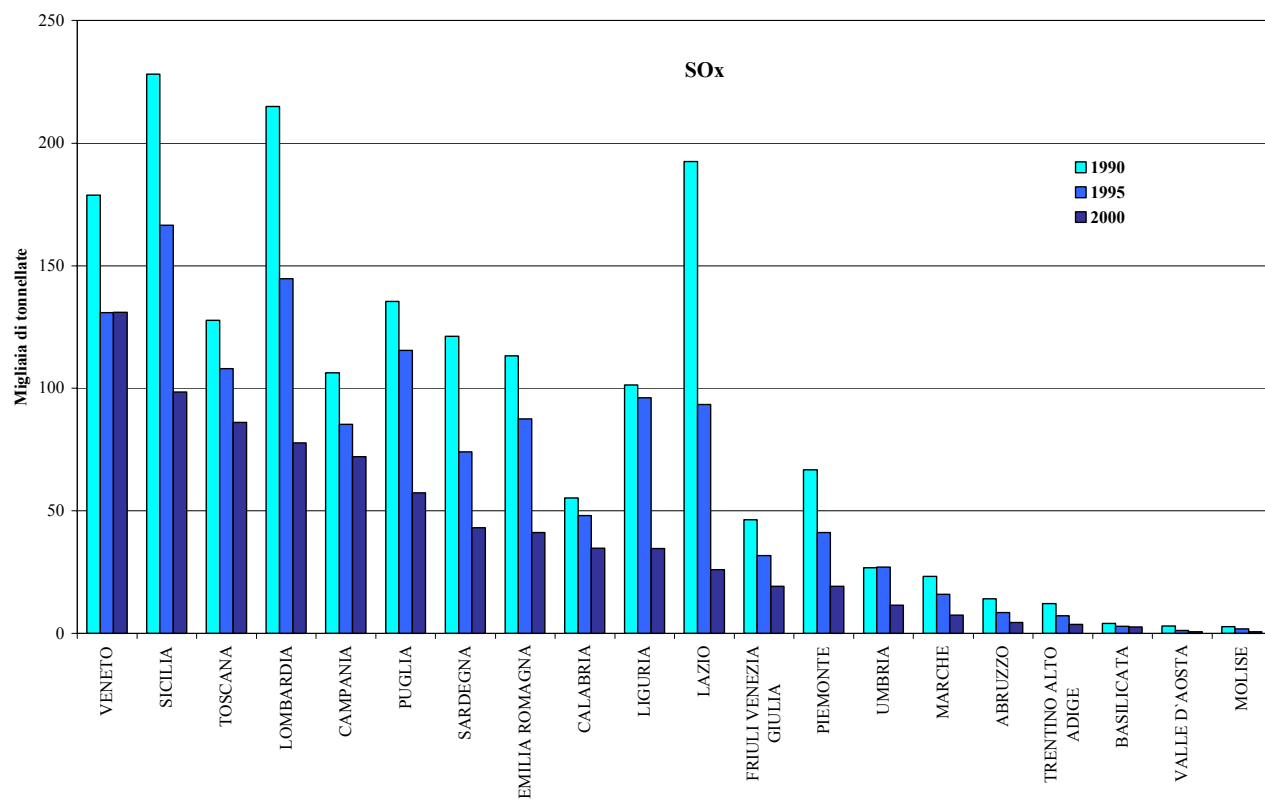


Figura 29 Emissioni di SOx disaggregate a livello regionale

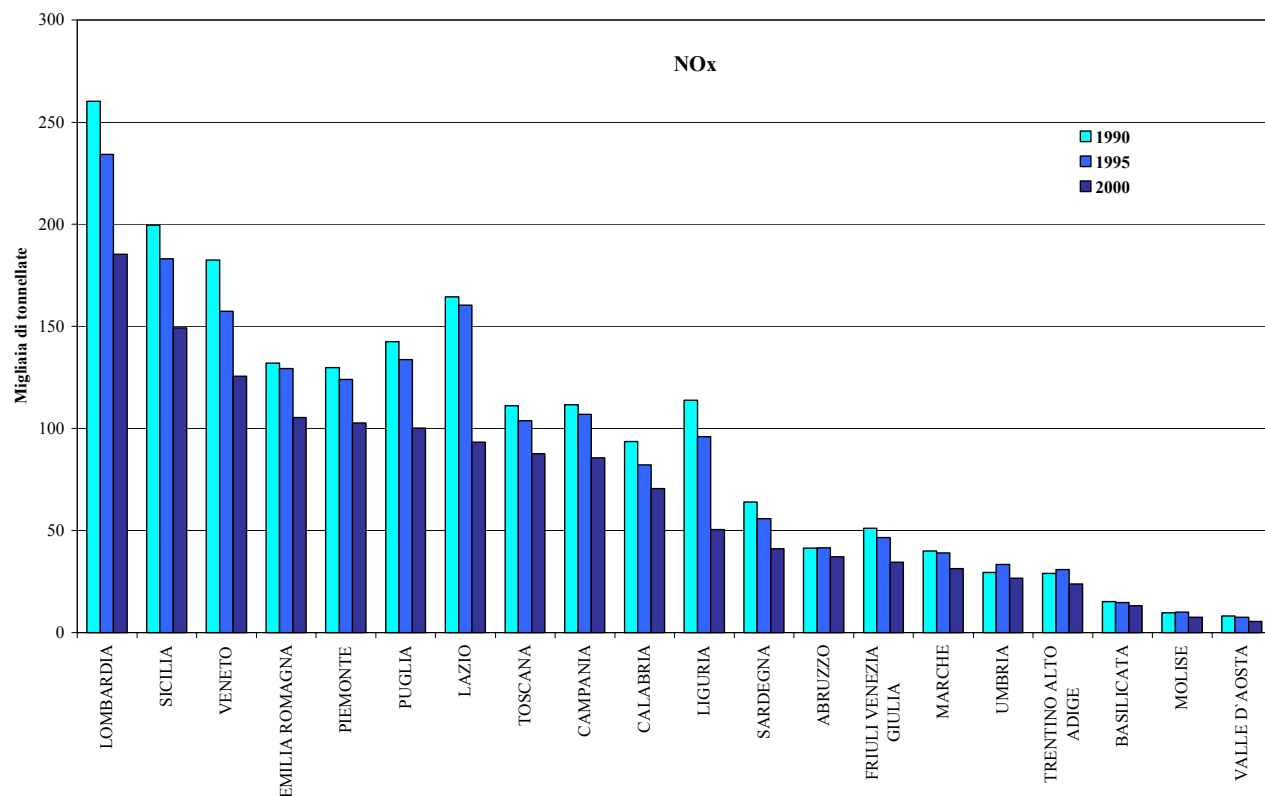


Figura 30 Emissioni di NOx disaggregate a livello regionale

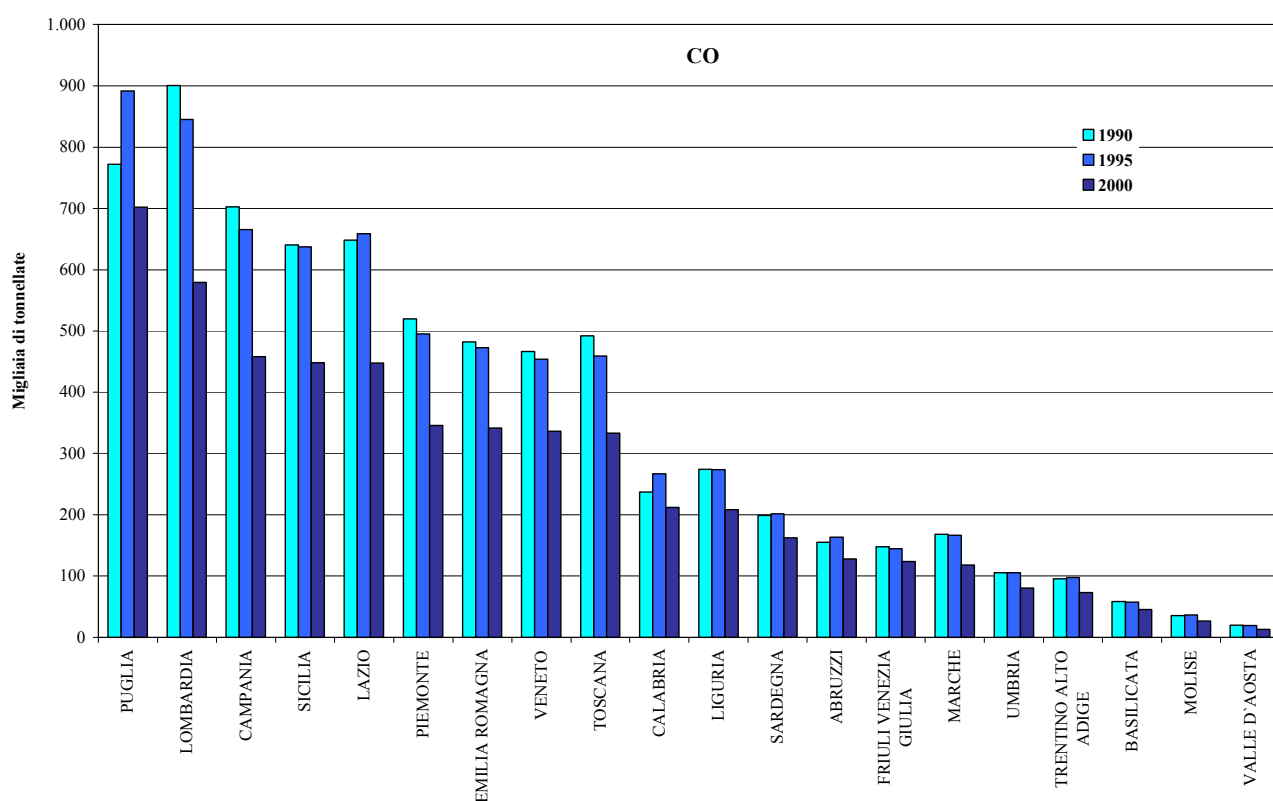


Figura.31 Emissioni di CO disaggregate a livello regionale

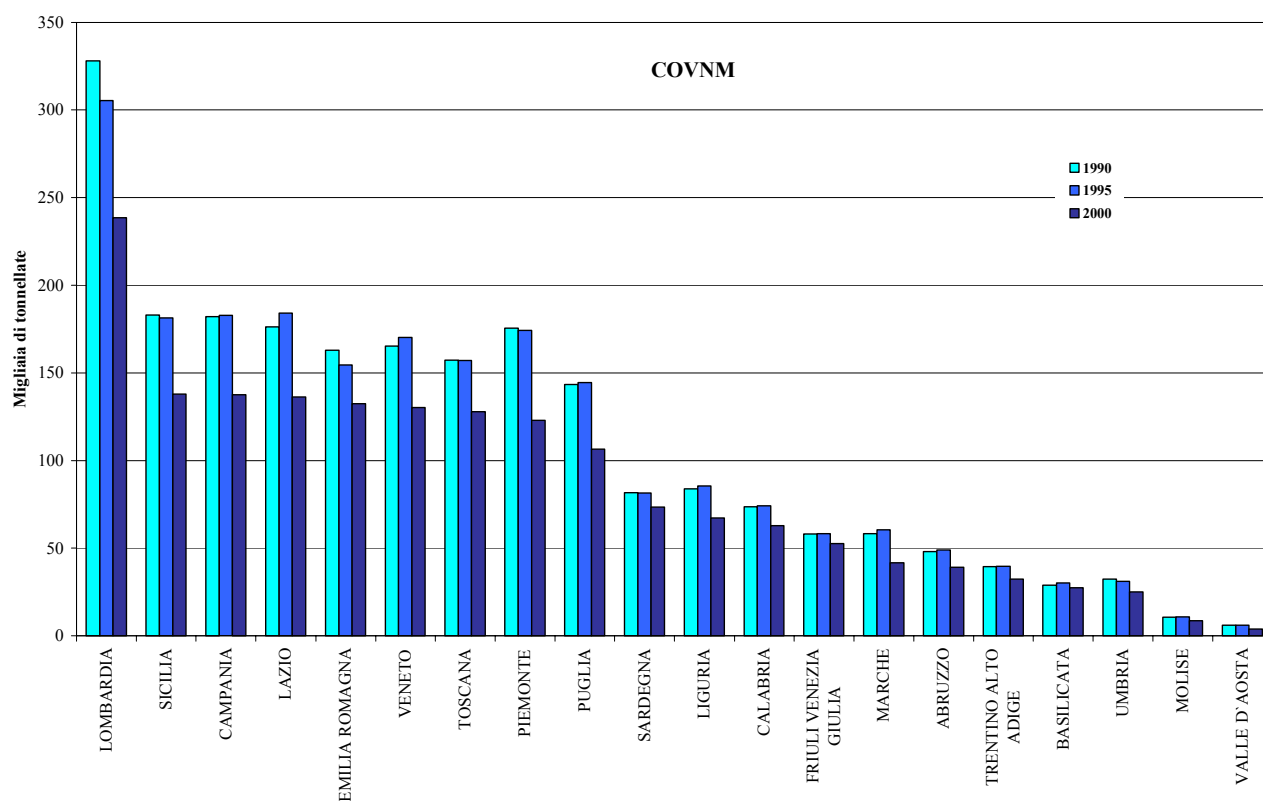


Figura 32 Emissioni di COVNM disaggregate a livello regionale

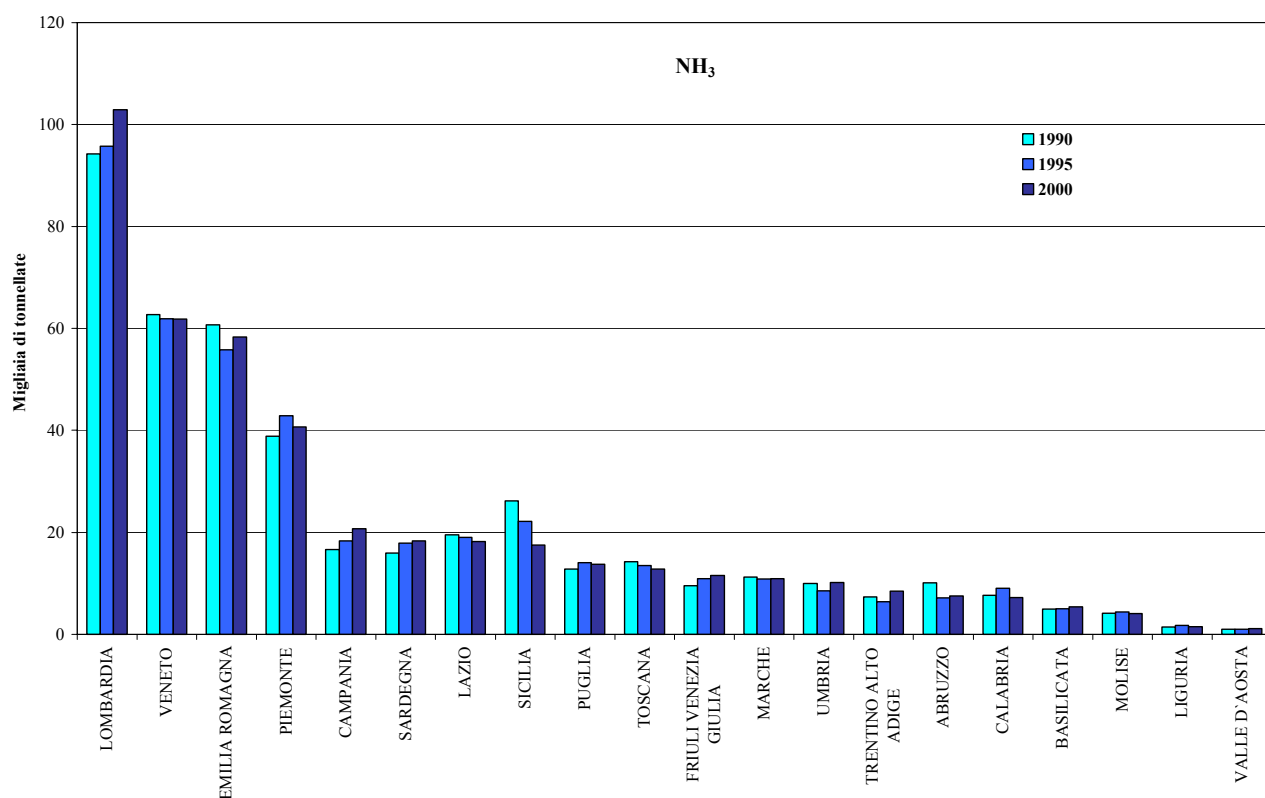


Figura 33 Emissioni di NH<sub>3</sub> disaggregate a livello regionale

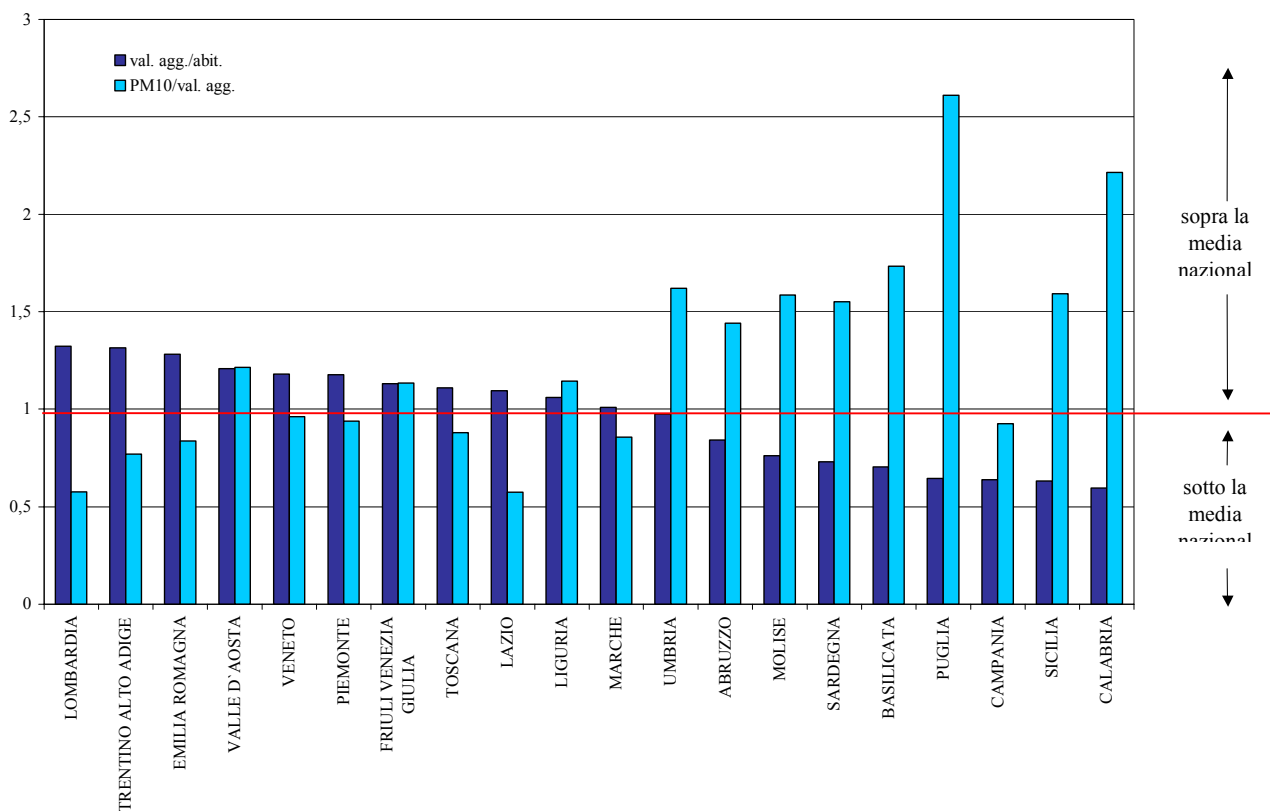


Figura 34 Emissioni di PM<sub>10</sub> per il 2000 in funzione del valore aggiunto e degli abitanti

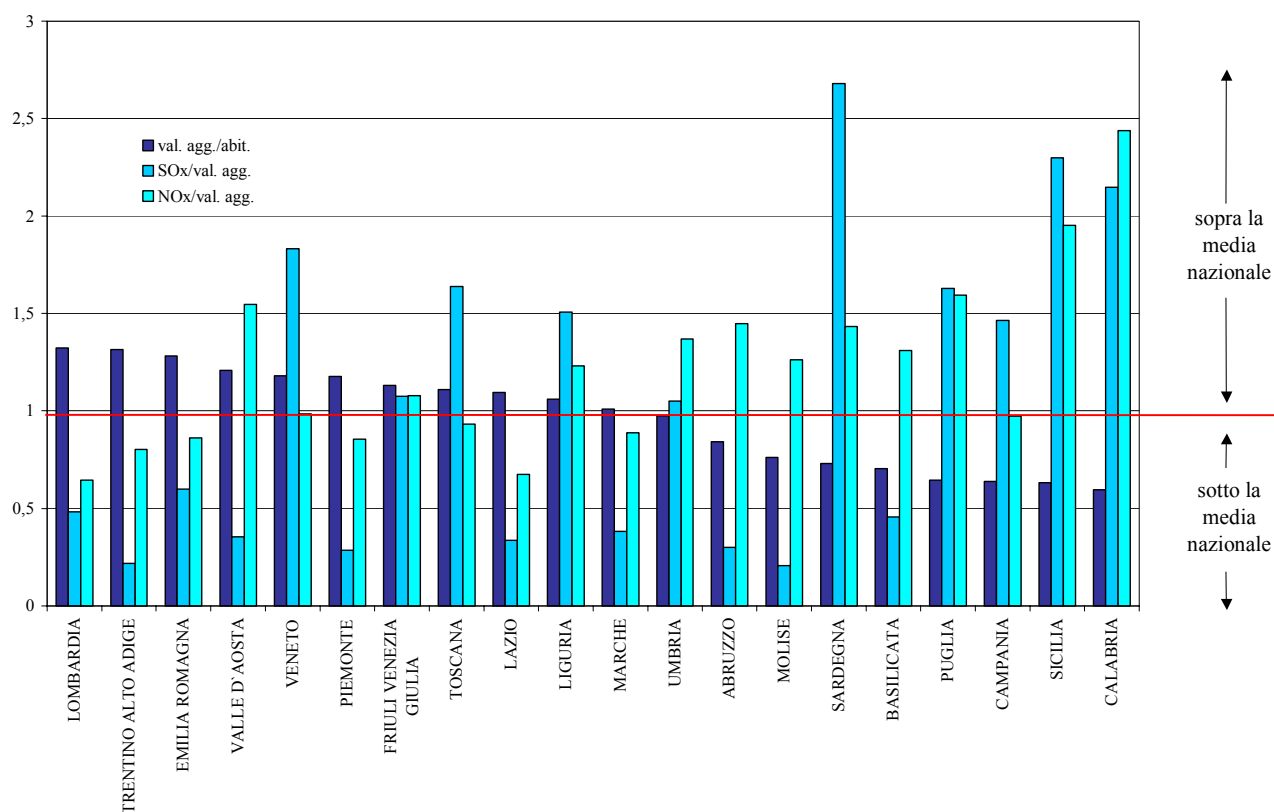


Figura 35 Emissioni di SOx e NOx per il 2000 in funzione del valore aggiunto e degli abitanti

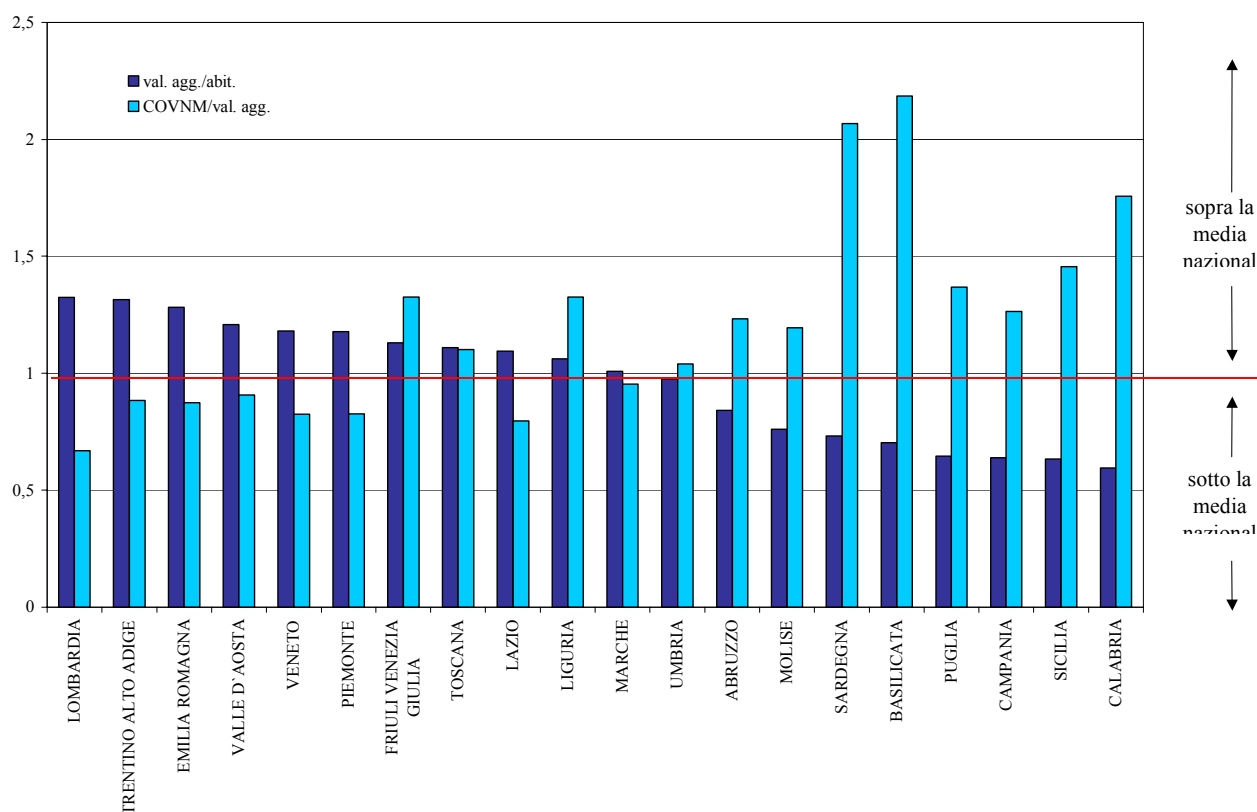


Figura 36 Emissioni di COVNM per il 2000 in funzione del valore aggiunto e degli abitanti



## 4 SVILUPPI FUTURI DEGLI INVENTARI DELLE EMISSIONI DI PM

*(Stefano Caserini (regione LOMBARDIA), Riccardo De Lauretis (APAT))*

Gli inventari delle emissioni su scala nazionale e locale, costituiscono un importante strumento di tipo diretto per valutare ed individuare le politiche di riduzione del PM10 in atmosfera. Inoltre, le stime delle emissioni di PM10 e dei suoi precursori, opportunamente dettagliate nel tempo e nello spazio, sono correntemente utilizzate come dati di input nell'applicazione dei modelli previsionali di diffusione e deposizione degli inquinanti per la determinazione dello stato della qualità dell'aria. Dall'analisi condotta sul panorama degli inventari delle emissioni, prodotti alle diverse scale territoriali, si evidenzia che, in generale, salvo eccezioni, le stime effettuate a livello locale devono migliorare in termini di affidabilità, omogeneità metodologica e frequenza nell'aggiornamento. Le pur lodevoli esperienze nella predisposizione di inventari alla scala comunale e provinciale, realizzati con un approccio di tipo "bottom-up", hanno mostrato alcuni limiti dovuti principalmente alla pesantezza computazionale complessiva e all'indisponibilità di dati affidabili sul consumo di combustibili e carburanti.

Si ritiene quindi che per il futuro risulti poco conveniente la proliferazione di inventari locali alla scala provinciale o comunale, che per ovvie ragioni non possono essere nel tempo mantenuti aggiornati. La scala regionale appare molto più adeguata alla realizzazione di un inventario di PM10.

Le province potrebbero svolgere invece un ruolo di approfondimento su alcune specifiche tipologie emissive di PM10 e dei suoi precursori. La centralizzazione alla scala regionale delle risorse computazionali, determinerebbe un notevole risparmio di risorse ed una maggiore affidabilità delle stime prodotte.

Può essere utile la predisposizione di inventari alla scala interregionale per quei territori che presentano delle marcate omogeneità dal punto di vista meteorologico (es. pianura padana).

Si segnala inoltre come a fronte di spese molto ingenti per il monitoraggio diretto in atmosfera (ogni centralina di misura ha un costo di circa 30.000 - 50.000 euro e un costo di gestione di circa 5.000 - 10.000 euro/anno), le risorse per la redazione degli inventari di emissione di PM10 sono ad oggi molto limitati, sia su scala nazionale che regionale.

In relazione all'Inventario Nazionale, di grande importanza è l'approfondimento delle conoscenze su alcuni punti critici ancora esistenti nella redazione degli inventari delle emissioni, relativi da una lato alla disponibilità di fattori di emissione in alcuni settori critici, dall'altro al reperimento dei dati di consumi di combustibili e carburanti; vista l'esperienza positiva dell'expert panel nazionale sulle emissioni da traffico, si ritiene inoltre utile l'istituzione di expert panel nazionali sui settori riscaldamento e agricoltura.

Anche a livello internazionale diverse attività sono rivolte ad implementare la realizzazione di inventari delle emissioni di PM affidabili e confrontabili. A questo fine sia nell'ambito delle attività del Programma europeo CAFE che della Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero sono state approfondite le metodologie ed istituiti gruppi di lavoro appositi.

In considerazione dell'importanza che tale inquinante riveste nel campo degli effetti sulla salute ed al fine di avere maggiore informazione mirata a valutare tali effetti nel futuro immediato lo sviluppo degli inventari delle emissioni potrà riguardare anche la realizzazione di inventari delle singole specie costituenti il particolato fine e direttamente emesse, ad esempio il carbonio organico e il carbonio elementare. Inoltre la disponibilità di dati affidabile sulle distribuzioni granulometriche delle polveri emesse permetterà la realizzazione di inventari di PM2,5, PM1,0 e PM0,1.

Al fine della valutazione del quadro emissivo nei periodi critici e per l'input alla modellistica è inoltre di grande importanza la realizzazione di set di coefficienti temporali in grado di permettere la quantificazione della variazione temporale delle fonti di emissione.

## BIBLIOGRAFIA

- APAT, 2004. Qualità dell'ambiente urbano. I Rapporto.
- APAT/CTN-ACE, 2004. La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni. Rapporto Finale.
- APAT/CTN-ACE, 2004. Manuale dei fattori di emissione nazionali. Disponibile sul sito web <http://www.inventaria.sinanet.apat.it>
- APAT, 2005. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2002. National Inventory Report 2004. 47/2005.
- Asnari e Pandis (2004) Response of inorganic PM to precursor concentration. Environ. Sci. Technol., 32, 2706 – 2714.
- Berdowski, J.J.M., Mulder W., Veldt C., Visschedijk A.J.H., Zandveld, P.Y.J. (1997) Particulate matter emissions (PM10 - PM2.5 - PM0.1) in Europe in 1990 and 1993, TNO report, TNO\_MEP - R 96/472.
- Calastrini F. e Gualtieri G., 2000, Classificazione della diffusività atmosferica nella regione Toscana (regione Toscana e La.M.M.A).
- Caserini S., Fraccaroli A., Monguzzi A.M., Moretti M., Giudici A., Angelino E., Fossati G., Gurrieri G., 2004. Primary PM10 and PM2.5 Emission Inventory in Lombardy. Proceedings of the PM Emission Inventories Scientific Workshop, Lago Maggiore, Italy 18 October 2004.
- Caserini S., Marazzi L., Crovetto G.M., Denti A.B., Lapi M., Fossati G., Fraccaroli A., Gurrieri L. (2005b) Extensive survey on wood use for domestic heating in Lombardy: implication for PM emission inventory, Lombardy Foundation for the Environment; 14th International Emission Inventory Conference "Transforming Emission Inventories - Meeting Future Challenges Today", US Environmental Protection Agency, Clearwater, Las Vegas, 11-14 aprile 2005, <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei13/>
- Caserini S., Monguzzi A.M., Fraccaroli A., Moretti M., Angelino E., Fossati G., Giudici A. (2005) L'inventario delle emissioni in atmosfera in lombardia: stato dell'arte e prospettive. Ingegneria Ambientale, XXXIV/5, 222-233
- CEPMEIP (2002) Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance, Database presented on the Internet: <http://www.air.sk/tno/cepmeip/>.
- De Leeuw F. (2002) A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution, Environmental Science & Policy 5(2002) 135-145.
- Desiato F., Lena F., Baffo F., Suatoni B. e Toreti A., 2005, Indicatori del clima in Italia, <http://www.scia.sinanet.apat.it>
- EEA, 2003. Air Pollution in Europe 1990-2000, European Environmental Agency, Topic Report n°4/2003.
- EEA (2004) Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Small Combustion Installations. Version 3.0 (Draft), 13 April 2004.
- EMEP/CORINAIR, 2001. "Atmospheric Emission Inventory Guidebook", third edition, November 2001.
- ENEA, 2001. I consumi energetici di biomasse nel settore residenziale in Italia nel 1999. A cura di Vincenzo Gerardi e Giovanni Perrella. RT/ERG/2001/07.
- ENEA (2002). Misure di concentrazioni di materiale PM10 e PM2.5 nell'aria ambiente dei ricoveri zootecnici (suinicoli ed avicoli) ed elaborazione dei risultati per la valutazione delle
-

- emissioni di articolato in relazione alle tecniche di abbattimento d'inquinanti atmosferici, Rapporto finale, Luglio 2002.
- Fabbri C., Guarino M., Valli L., Navarotto P., Costa A. (2004) Emissioni di gas e particolato dai ricoveri. Risultati di un anno di monitoraggio, Suinicoltura 2 – 2004, 22-29.
- Giovannini , Grechi D. (2005) Osservazioni relative all'incertezza nella stima delle emissioni da traffico stradale. Atti del X incontro Emissioni da Trasporto su Strada, San Donato Milanese, 21/6/2005
- Giugliano M., Lonati G., Caserini S., Pastorello C. (2004) Parametric evaluation of secondary fine pm formation through emission inventory data: advantages and limitations of the approach. Proceedings of the PM Emission Inventories Scientific Workshop, Pallanza, 18 ottobre 2004.
- Houck J., Crouch J. e Huntley R. (2001) Review of wood heater and fireplace emission factor. Proceedings 10th International Emission Inventory Conference. <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei10/>
- IPCC (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Emission Inventories. Three volumes: Reference Manual, Reporting Manual, Reporting Guidelines and Workbook. IPCC/OECD/IEA. IPCC WG1 Technical Support Unit, Hadley Centre, Meteorological Centre, Meteorological Office, Bracknell, UK.
- IPCC, 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, Hayama, Kanagawa, Japan.
- Klimont Z., Cofala J., Bertok I., Amann M. , Heyes C., Gyarfas F. (2002) Modelling Particulate Emissions in Europe. A Framework to Estimate the Potential and Control Costs, I.I.A.S.A., Interim Report IR-02-076. [http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Catalog/PUB\\_PROJECT\\_TAP.html?sb=20](http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Catalog/PUB_PROJECT_TAP.html?sb=20)
- Lükewille A., Bertok I., Amann M., Cofala J., Gyarfas, F., Heyes, C., Karvosenoja, N., Klimont, Z., Schöpp, W. (2001) A Framework to Estimate the Potential and Costs for the Control of Fine Particulate Emissions in Europe, I.I.A.S.A., Interim Report IR-01-023. [http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Catalog/PUB\\_PROJECT\\_TAP.html?sb=20](http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Catalog/PUB_PROJECT_TAP.html?sb=20)
- Ntziachristos L. and Z. Samaras, 2000, Copert III Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport. Methodology and Emission Factors (Version 2.1) ETC/AEM October 2000.
- Petrarca S., Cogliani E., e Spinelli F., 2000, La radiazione solare globale al suolo in Italia, Edizioni ENEA, ISBN 88-8286-055-8.
- Progetto MINNI Modello Integrato Nazionale a Supporto della Negoziazione Internazionale sui Temi dell'Inquinamento Atmosferico* Incarico del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio – Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale.
- Progetto per la “Rete Italiana Particolato Atmosferico” (RIPA)* Incarico del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio – Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale (2004)
- Querol X. et al. *PM10 and PM2.2 source apportionment in the Barcelona Metropolitan area, Catalonia, Spain*. Atmospheric Environment 35 (2001) 6407-6419
- Scollo S., M.Coltelli, F.Prodi, M.Folegani, S.Natali *Terminal settling velocity measurements of volcanic ash during the 2002–2003 Etna eruption by an X-band microwave rain gauge disdrometer*. Geophys. Res. Lett., Vol. 32, No. 10, L10302 (2005).
- US EPA, 1997. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. AP-42, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, North Carolina, October 1997.
- US-EPA (2004) Air CHIEF ver. 11. Emission Factor and Inventory Group, Inventories and emission Factor (CHIEF), EPA454/C-04-001, [www.epa.gov/ttn/chief](http://www.epa.gov/ttn/chief).

## **APPENDICE A: alcuni provvedimenti previsti dalla “Direttiva aria cantieri” emanata nel 2002 dall’UFAFP - Svizzera**

*(Luigi Di Matteo, ACI)*

Alcuni dei provvedimenti previsti dalla direttiva aria cantieri per la protezione dell’aria sui cantieri edili sono i seguenti:

- agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale, per esempio mediante un’irrorazione controllata;
- processi di movimentazione dei materiali polverosi con scarse altezze di getto, basse velocità d’uscita e contenitori di raccolta chiusi;
- nelle aree di circolazione dei cantieri, sulle piste non consolidate, legare le polveri con acqua mediante autocisterna a pressione o impianto di irrigazione;
- limitazione della velocità massima sulle piste di cantiere per es. 30 km/h;
- gli oggetti da demolire o da smantellare vanno scomposti possibilmente in grandi pezzi con adeguata agglomerazione delle polveri (per. es. umidificazione);
- ridurre al minimo i lavori di raduno, ossia la riunione di materiale sciolto nei luoghi di trasbordo, e proteggere i punti di raduno dal vento;
- i depositi di materiale sciolto e macerie come materiale non bituminoso di demolizione delle strade, calcestruzzo di demolizione, sabbia ghiaiosa riciclata, vanno adeguatamente protetti dal vento, per es. mediante una sufficiente umidificazione;
- impiego di bitume con basso tasso di inquinanti atmosferici (tendenza all’esalazione di fumo);
- i posti di saldatura vanno attrezzati in modo che il fumo di saldatura possa essere captato, aspirato ed evacuato (per. es. con un’aspirazione puntuale);
- utilizzare prodotti ecologici per il trattamento delle superfici (stucchi, vernici, intonaci) come pure per incollare e impermeabilizzare i giunti;
- impiegare apparecchi di lavoro a basse emissioni, per es. con motore elettrico;
- per macchine e apparecchi con motori diesel vanno utilizzati carburanti a basso tenore di zolfo (tenore di zolfo < 50 ppm);
- nei cantieri di maggiori dimensione e durata vanno impiegati macchine ed apparecchi con motori diesel muniti di sistemi di filtri per particolato: il filtro anti particolato è già obbligatorio per le macchine con potenza superiore ai 37 kW, mentre per quelle con potenze dai 18 ai 37 kW lo sarà a partire dal 1° settembre 2005;
- per i lavori con elevata produzione di polveri con macchine ed apparecchi per la lavorazione meccanica dei materiali (mole, smerigliatrici), vanno adottate misure di riduzione delle polveri (ad es. bagnare, captare, aspirare);

In Italia, una ordinanza sindacale del Comune di Parma, ha imposto che tutte le imprese che hanno in funzione cantieri edili o stradali nel territorio comunale provvedano a garantire, attraverso i direttori dei lavori o i responsabili di cantiere, l’abbattimento delle polveri originate dalle attività di cantiere.

Il provvedimento è stato emanato per ridurre la concentrazione delle polveri nell’aria e quindi tutelare la salute pubblica ed ha, in caso di inottemperanza, delle sanzioni penali.

Un’importante attività di monitoraggio sull’impatto ambientale, in termini di aria, rumore, vibrazioni, suolo e acque superficiali e sotterranee è effettuata sui cantieri per le opere in esecuzione per l’Olimpiade invernale del 2006 a Torino.

Per ciascuna componente da sottoporre a monitoraggio sono stati definiti i parametri da rilevare e monitorare.

Per la componente atmosferica i parametri sono i seguenti:

- Polveri totali sospese (PTS);
- Polveri sospese frazione respirabile (PM10);

- Polveri depositate;
- Fibre asbestiformi aerodisperse;
- Inquinanti legati al traffico veicolare (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, Benzene).

Il monitoraggio è finalizzato a :

- controllare gli effetti temporanei in relazione alle attività di cantiere;
- rilevare le situazioni di anormalità e di non conformità;
- fornire le basi per la definizione di azioni correttive;
- verificare l'idoneità delle misure di mitigazione degli impatti previste in sede progettuale.