

Inquinamento in Lombardia: i fattori emissivi imputabili al parco veicoli diesel

Paola Villani, Politecnico di Milano - Consulente APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e servizi Tecnici)

“Io affermo che quando voi potete misurare ed esprimere in numeri ciò di cui state parlando, solo allora sapete effettivamente qualcosa; ma quando non vi è possibile esprimere numericamente l'oggetto della vostra indagine, insoddisfacente ne è la vostra conoscenza e scarso il vostro progresso dal punto di vista scientifico”. William Thomson (Lord Kelvin)

I costi ambientali del trasporto si riferiscono ad impatti macro, ravvisabili a livello di aree territoriali di ampia dimensione e impatti territorialmente localizzati in prossimità dei corridoi infrastrutturali. Fanno parte degli aspetti macro il contributo dei trasporti alle emissioni e all'alterazione del clima. Gli impatti localizzati hanno, invece, a che vedere con l'inquinamento dell'aria, il rumore, l'effetto di barriera, i danni al paesaggio, i rischi per la stabilità dei suoli e per l'inquinamento delle acque superficiali e profonde. Le esternalità dei trasporti (inquinamento atmosferico, rumore ed incidenti¹) sono solo in parte già internalizzate con strumenti fiscali e con meccanismi assicurativi.

In molti contesti tuttavia la quota di esternalità non "internalizzata" è elevata, genera inefficienza economica, gravi danni alle persone ed effetti climatici - ambientali di grande rilevanza e potrebbe essere precisamente calcolabile tramite variabili reali connesse all'alterato benessere e/o alla produttività degli individui.

Per quanto riguarda il trasporto merci su gomma, occorre fare una precisazione: non è del tutto corretto valutare tale modalità di trasporto considerando i soli aspetti negativi sopportati dalla collettività (oltre l'incidentalità, anche il rumore, la congestione e l'inquinamento) poiché non si tiene conto degli effetti economici connessi alla maggiore flessibilità offerta dal trasporto stradale, alla sostanziale indifferenza localizzativa e all'ampliamento dei bacini occupazionali.

È pertanto necessario ridurre i costi esterni senza penalizzare completamente il sistema di trasporto stradale.

Costi ambientali

La modalità di trasporto che genera maggiori esternalità negative è certamente quella veicolare (soprattutto quella legata all'uso del veicolo privato occupato da un solo singolo conducente): a livello di area metropolitana milanese questa quota di esternalità non risulta essere "internalizzata", e genera inefficienza economica, perdita di qualità della vita, gravi danni alle persone ed effetti climatici - ambientali di grande rilevanza. Dall'esame delle fonti energetiche utilizzate emerge la quasi totale dipendenza dei trasporti dai prodotti petroliferi, principalmente benzina e gasolio, carburanti che causano l'immissione in atmosfera di numerose sostanze inquinanti e climalteranti. Inoltre anche le più recenti innovazioni tecnologiche apportate ai veicoli non sembrano in grado, da sole, di risolvere i problemi energetici e di emissioni di gas-serra: l'aumentata efficienza dei singoli veicoli non è bastata a controbilanciare la continua crescita del traffico per cui, a fronte di una progressiva riduzione dei consumi unitari, i consumi totali di energia attribuibili al settore dei trasporti continuano a crescere.

¹ Uno dei maggiori studi europei di stima dei costi esterni, IWW/INFRAS, non include la congestione tra i costi esterni da stimare. Esiste però una interdipendenza tra la congestione e le altre esternalità: ad esempio, in presenza di congestione diminuisce l'efficienza energetica ed ambientale dei veicoli e conseguentemente aumenta l'inquinamento atmosferico, ma in presenza di congestione si riduce la gravità degli incidenti e quindi diminuiscono i costi esterni degli incidenti.

Costituisce inquinamento atmosferico² ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria, dovuta alla presenza nella stessa di uno o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali

- da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria;
- da costituire pericolo ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo;
- da compromettere le attività ricreative e gli altri usi legittimi dell'ambiente;
- da alterare le risorse biologiche e gli ecosistemi ed i beni materiali pubblici e privati.

I principali inquinanti primari connessi ai trasporti, emessi dal processo di combustione dei motori, sono per i motori a benzina:

il monossido di carbonio (CO) derivante dalla combustione incompleta;

l'anidride carbonica (CO₂)³, che si produce in ogni processo di combustione di combustibili fossili;

i composti organici volatili (COV), anch'essi derivanti dalla combustione incompleta: includono gli HC leggeri e gli HC aromatici, come il benzene (C₆H₆) o altri composti aromatici policiclici;

gli ossidi di azoto (NOx) che si formano a temperature di combustione elevate;

il particolato, misurato come particelle sospese totali (PST) o a seconda del diametro (PM₁₀ o PM_{2.5});

ed inoltre gli aldeidi ed i clorofluorocarburi (CFC), usati per la climatizzazione delle automobili.

il piombo, usato nella benzina tradizionale per raggiungere l'indice di ottani desiderato⁴ (il cancerogeno benzene è un economico sostituto per il piombo).

I motori a gasolio, detti anche motori diesel, si caratterizzano invece per l'elevata emissione di ossidi di zolfo, tra cui l'anidride solforosa (SO₂).

Gli HC leggeri insaturi e gli NOx partecipano, assieme all'ossigeno e ad altri composti organici, a reazioni fotochimiche nella bassa atmosfera e sono responsabili della produzione di ossidanti fotochimici, come l'ozono troposferico (O₃) - un inquinante secondario - e lo smog. Gli NOx giocano poi un ruolo importante, assieme al SO₂, nella formazione delle piogge acide.

Il trasporto è un settore ad alto consumo energetico: ciò, oltre a porre un problema economico (il costo dell'importazione di energia) ed un problema politico (la dipendenza dall'estero), ha anche riflessi ambientali rilevanti legati, in primo luogo, al fatto che i trasporti consumano quasi esclusivamente energia ricavata da combustibili fossili (una fonte non rinnovabile) e, in secondo luogo, al fatto che il processo di combustione dei combustibili fossili costituisce una fonte importante di emissioni di CO₂.

A livello globale le emissioni in atmosfera di gas nocivi si stanno in parte riducendo mentre quelle di gas-serra sono in aumento: il rinnovo del parco veicoli (introdotto con le Direttive 91/441/CEE e 93/59/CEE

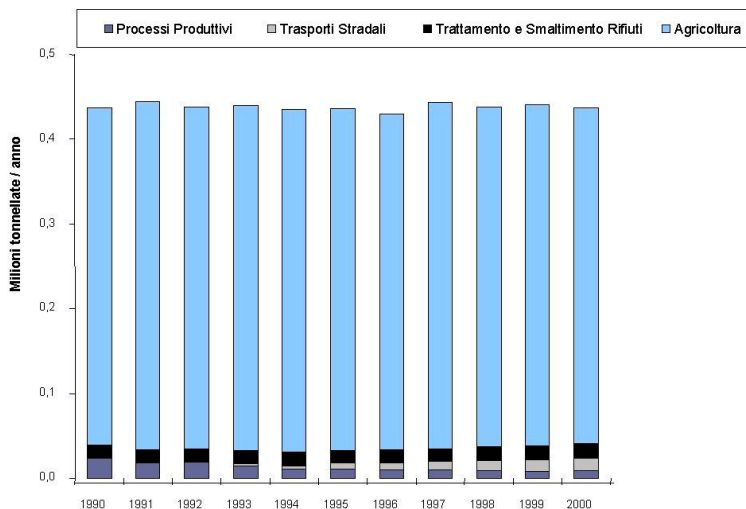
² D.P.R. n. 203/1988

³ Il CO₂, in quanto composto naturale dell'aria ed indispensabile nella fotosintesi delle piante, non è un inquinante in se stesso, ma livelli eccessivi di accumulo, naturale e provocato dall'uomo, sono ritenuti responsabili di importanti cambiamenti climatici (effetto serra);

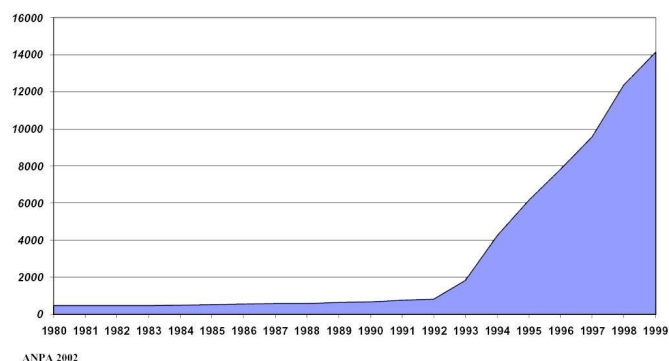
⁴ La tecnologia "senza piombo" sta a significare che qualcos'altro viene addizionato alla benzina per mantenere lo stesso numero di ottani. Sin dal 1970, il contenuto di piombo nella benzina ordinaria è stato ridotto. Uno studio indipendente effettuato dal Dott. Michael Dawson dell'Università di Tecnologia di Sydney (<http://www.unsw.edu.au/>) mostra come nella benzina normale il contenuto totale di idrocarburi aromatici sia pari al 27.7% ed il livello di benzene pari al 2%. Ma per la benzina senza piombo tale contenuto di aromatici risulta essere del 29.2% ed il livello di benzene al 2.1%: significa quindi che il contenuto di aromatici ed i livelli di benzene sono molto simili tra benzina normale e quella verde, poiché generati in fase di raffinazione. Nella benzina verde al posto del piombo viene solitamente aggiunto Mtbe (o altri antidetonanti tipo naftenici, paraffinici a catena ramificata ed a catena lineare). Per quanto riguarda il *metil tert-butil etere* (MTBE), per la sua persistenza, mobilità e bioaccumulo, risulta considerato come un contaminante globale, soggetto a fenomeni di trasporto a lunga distanza attraverso l'atmosfera e APAT pone per esso una concentrazione limite nei suoli pari a quella del parametro 91 "Idrocarburi leggeri C < 12" della Tabella 1 dell'Al. 1 del D.M. 471/99; cioè una concentrazione limite nei suoli ad uso verde pubblico e residenziale di 10 mg/ Kg_{ss} e nei suoli ad uso industriale di 250 mg/Kg_{ss}.

(Euro1) e successive 94/12/CEE, 96/69/CE e 98/77/CE (Euro2), 98/69/CE - 98/77/CE - rif. 98/96/CE (Euro3), 98/96B/CE - 98/77/CE - rif. 98/96/CE (Euro4)) ha portato ad una diminuzione di alcuni gas ma ne ha contestualmente introdotti altri prima scarsamente presenti: si vedano i grafici riportati in calce e relativi alle emissioni nazionali di NH₃ nei quali si evidenzia l'attribuzione al settore trasporto stradale di questo inquinante significativamente solo a partire dal 1993: 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 (NH₃) a 0,419 Milioni di tonnellate entro il 2010, il che significa una riduzione del 5,2% rispetto al 2001: il contributo di NH₃ riferita al settore trasporti è quasi totalmente imputabile ai veicoli che utilizzano benzina verde.

Emissioni nazionali di ammoniaca (NH₃) (milioni di tonnellate/anno)



EMISSIONI DI AMMONIACA IN ITALIA DA TRASPORTI STRADALI (tonnellate)



Gli ossidi e i biossidi di azoto (NO_x) sono dovuti alle combustioni ad alte temperature per l'ossidazione dell'azoto, naturalmente presente nell'aria. Gli impianti termici sono una fonte primaria di questo inquinante, responsabili del 60% circa della sua produzione. Per quanto riguarda il contributo dei veicoli, le emissioni di NO_x sono correlate positivamente alle velocità più elevate. Gli NO_x sono inquinanti che tendono a distribuirsi in modo più omogeneo degli inquinanti primari da traffico, ciò nonostante le misure a bordo strada sono più alte del 30% rispetto a quelle a 20 - 30 mt. di distanza (le centraline di rilevamento sono solitamente collocate a circa 25 mt. di distanza dal punto di massimo flusso veicolare).

Per quanto riguarda il biossido di azoto la normativa di riferimento (D.P.R. 203/1988) pone il valore limite in termini di 98° percentile annuale (1 gennaio - 31 dicembre) delle medie di 1 ora, pari a 200 µg/mc e 50° percentile annuale (1 gennaio - 31 dicembre) delle medie di 1 ora pari a 50 µg/mc⁵. Sono stati promulgati

⁵ "La conoscenza dell'esposizione umana agli inquinanti atmosferici, per valutare gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute dell'uomo, si avvale anche della determinazione delle concentrazioni nell'aria ambiente. Ciò ha portato ad estrapolare dai limiti massimi di accettabilità di esposizione i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni intesi come valori e/o indici di concentrazione che non devono essere superati più di un dato numero di volte in un determinato arco temporale." (L. Sinisi, S. Brini, D. Parola, *La qualità dell'aria nelle città*, in *L'ambiente come opportunità: lo sviluppo dell'informazione ambientale*, APAT, Roma, 2003). Per valori guida di qualità dell'aria si intendono i limiti delle concentrazioni e di esposizione, relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno, destinati: alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e di protezione dell'ambiente, al miglioramento della protezione della salute e del benessere della popolazione, a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali e' necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria

⁵ Le basi giuridiche per la politica comunitaria dell'ambiente sono costituite dagli articoli 174-176 (130 R - 130 T) C.E.

decreti fortemente restrittivi per questo inquinante (il D.M. 60/2002, che entrerà in vigore solo al 2010, pone il valore limite per la protezione della salute per le concentrazioni medie annue di biossido di azoto (NO₂), pari a 40 µg/m³) e si deve osservare come negli ultimi anni si sia riscontrato un superamento delle concentrazioni medie annue pari alla futura soglia limite di 40 µg/m³ in molte città italiane e nel 100% delle stazioni presenti a Milano (mentre il valore limite nel contesto nazionale è superato nel 54% dei casi)⁶. Per la città di Milano⁷ la concentrazione media annua di biossido di azoto registrata è la seguente:

Centraline di rilevamento NO ₂	Media annua 2000 Milano	Media annua 2002 Milano
Viale Marche	85 µg/m ³	70 µg/m ³
Via Juvara	72 µg/m ³	63 µg/m ³
Piaz.le Zavattari	74 µg/m ³	68 µg/m ³
Viale Liguria	63 µg/m ³	n.d.
Verziere	75 µg/m ³	65 µg/m ³
Via Senato	68 µg/m ³	68 µg/m ³
Via Messina	62 µg/m ³	n.d.
Piaz.le Abbiategrasso	51 µg/m ³	n.d.
Parco Lambro	56 µg/m ³	54 µg/m ³

L'impatto degli inquinanti atmosferici sulla salute umana è un fattore di rischio principalmente nelle aree urbanizzate, laddove si concentra la maggior parte della popolazione. La correlazione fra inquinamento e mortalità è stata scientificamente provata da numerosi studi a livello nazionale ed internazionale con particolari riferimenti anche per i rischi ai quali risultano essere esposte talune fasce di popolazione. Il principio di precauzione⁸ dovrebbe necessariamente essere applicato nella città di Milano.

I contesti nei quali le esternalità negative risultano essere più gravi sono quelli delle aree metropolitane e quelli relativi alle principali direttrici stradali. Nella figura sono rappresentati gli spostamenti pendolari censiti in Francia ed Italia⁹: i problemi sono analoghi nei vari Paesi della Comunità Europea e uno dei principali è legato al diritto alla mobilità che quote sempre più numerose di cittadini decentratisi esprimono all'interno delle sempre più vaste aree metropolitane. Il settore del trasporto merci è fortemente penalizzato dalle elevate percentuali di autovetture presenti lungo le direttrici autostradali e le tangenziali delle principali aree metropolitane.

La densità degli spostamenti sul territorio nazionale è assai più elevata di quella rilevata in Francia: utilizzando la stessa soglia di rappresentazione dello IAA^T¹⁰, che ha elaborato l'immagine per quanto riguarda gli spostamenti pendolari dei "cugini d'oltralpe", si evidenzia la naturale maggiore densità (per fattori principalmente orografici) degli spostamenti nell'area padana (l'analisi sui flussi pendolari è stata svolta per le quattro principali regioni¹¹ (Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna).

⁶ Fonte: APAT, *Annuario Dati Ambientali*, Roma, 2003

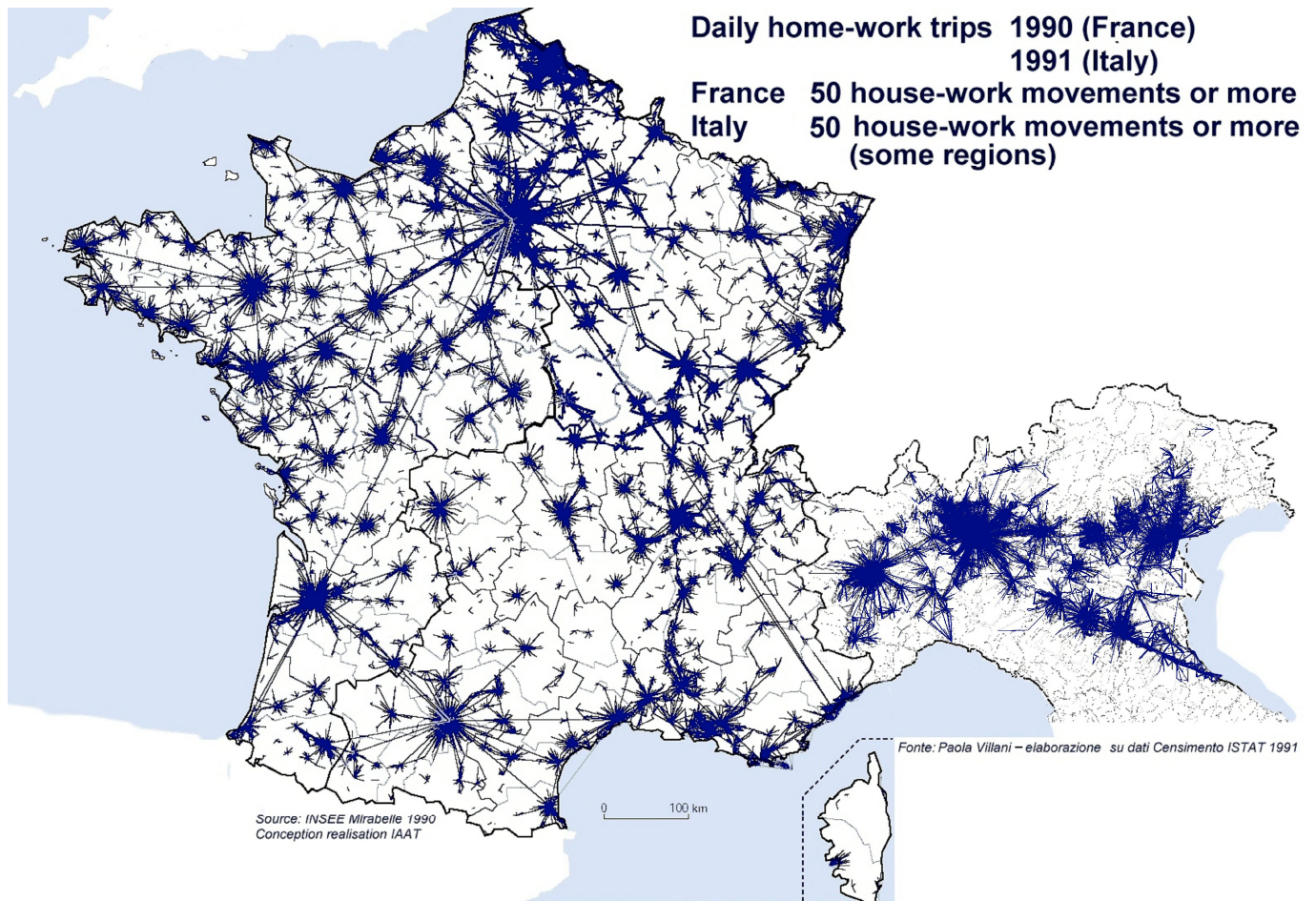
⁷ Fonte dati 2000: Comune di Milano, *Rapporto sulla qualità dell'aria Milano 2000*, Comune di Milano, 2001 pag 22, Tab. 1.8

⁸ Le basi giuridiche per le politiche comunitarie sull'ambiente sono costituite dagli articoli 174-176 (130 R - 130 T) CE.E

⁹ Purtroppo non risultano ancora disponibili i dati pendolari puntuali relativi all'ultimo censimento nazionale ISTAT Popolazione e Abitazioni 2001. Nelle figure riportate per ogni coppia di spostamento pari o superiore alle 50 unità è stata rappresentata una linea di spessore infinitesimo. La linea risulta più spessa in relazione al valore associato allo spostamento (ad esempio 300 lavoratori che abbiano dichiarato un analogo viaggio quotidiano da x a y risultano evidenziati con un segno grafico più marcato).

¹⁰ Institut Atlantique d'Aménagement du Territoires (Francia)

¹¹ "Scenari infrastrutturali, insediativi e della mobilità nell'area padana: la domanda di mobilità in Lombardia" in *Mobilità, modelli insediativi ed efficienza territoriale*, Milano, Franco Angeli, 2001



Se si considera inoltre come nel corso dell'ultimo decennio:

- la dispersione sul territorio degli insediamenti residenziali e produttivi, abbia favorito il fenomeno del pendolarismo, dovuto a motivi di studio o di lavoro, ma gli spostamenti sistematici osservati rispetto alla totalità delle motivazioni risultino essere percentualmente minori¹² rispetto al decennio precedente,
- il modello terziario-commerciale della cintura metropolitana, ormai consolidato, abbia prodotto alcune situazioni di "disagio urbano" nell'uso delle risorse comuni e indivisibili,
- risultino aumentati gli spostamenti erratici, prodotti dall'esigenza di soddisfare bisogni di carattere sociale e culturale anche legati all'uso del tempo libero (turismo, sport, ecc.),
- le trasformazioni della domanda di trasporto di merci (globalizzazione dei mercati, integrazione economica europea, ampliamento dei contatti tra realtà produttive distanti ma collegate costantemente tra loro grazie alle tecnologie di comunicazione, adozione di tecniche *just in time* per l'approvvigionamento) abbiano contribuito all'aumento dei veicoli commerciali,

risulta evidente il costante aggravarsi dei fenomeni di congestione veicolare che generano forti impatti economico-ambientali.

Parco veicoli e consumo di carburanti

Analizzando i dati relativi alla consistenza e tipologia del parco veicolare presente sul territorio italiano, caratteristica che influisce in maniera determinante sul sistema economico/sociale poiché strettamente connessa allo spostamento delle persone e delle merci, si evince come:

- nel 1999 il rapporto tra popolazione e autovetture fosse pari a 1,8;

¹² La Regione Lombardia stima gli spostamenti sistematici non superiori al 53,8% della totalità degli spostamenti.

- nel decennio dal 1990 al 1999 tale valore sia passato dal 2,11 all'1,80 citato, a fronte di una tendenziale diminuzione della popolazione che si è ridotta dello 0,05%.
- nel 2000 tale rapporto sia ulteriormente calato arrivando al dato stimato dell'1,76 .

Le autovetture alimentate a benzina e a gasolio rappresentano, negli anni 1999 e 2000, circa il 95% del totale delle auto circolanti a fronte del restante 5% composto da quelle alimentate a GPL, metano e elettricità. E' importante rilevare, però, che la composizione di tale 95%, nel tempo, è caratterizzata da un notevole aumento della quota parte rappresentata dalle auto¹³ alimentate a gasolio: 11,75% nel 1998, 12,90% nel 1999 e 14,35% nel 2000.

Il consumo di gasolio per autotrazione in Italia (dati 2002) è pari a 22.166.000 tonnellate (erano 17.156.000 nel 1998): è proseguito il processo di riduzione dei consumi di benzina (si è passati da 17,4 Milioni di tonnellate nel 1995 a 16 Milioni di tonnellate nel 2002) con uno spostamento della domanda sui gasoli i cui consumi sono complessivamente cresciuti del 5,5% in conseguenza della crescente modificazione del parco auto a favore delle vetture diesel. La possibilità che si commercializzino nel breve periodo emulsioni di gasolio atte a contrarre l'inquinamento in modo significativo dovrebbe essere di forte stimolo per la ricerca di nuovi prodotti: si può calcolare come per le aree urbane, nelle quali i veicoli leggeri per il trasporto merci e le autovetture diesel incidono¹⁴ per ben il 54% sul totale delle polveri immesse in atmosfera (PTS e PM) dal settore trasporto, i benefici potrebbero essere immediatamente percepibili.

L'analisi del parco veicoli a gasolio può essere completata con la valutazione dei veicoli merci immatricolati in Italia, analisi non esaustiva però in quanto una rilevante percentuale di veicoli pesanti stranieri transita sul territorio nazionale. I dati evidenziano una forte presenza (75,05%) di veicoli medio piccoli (con portata sino a 1,6 tonnellate).

Portata (tonn.)	Automezzi pesanti a gasolio - Italia -			
	anno 2000	% anno 2000	anno 2001	% anno 2001
Fino a 1 tonn.	1.213.752	46,50	1.315.119	47,79
1,1 - 1,6	745.171	28,55	780.643	28,37
1,7 - 3,5	276.394	10,59	276.065	10,03
3,6 - 6	132.472	5,08	131.242	4,77
6,1 - 9	78.229	3,00	78.733	2,86
9,1 - 18	162.026	6,21	167.933	6,10
18,1 - 22	670	0,03	818	0,03
Oltre 22 tonn.	776	0,03	758	0,03
non identificato	631	0,02	644	0,02
Totale	2.610.121	100,00	2.751.955	100,00

Fonte: Autoritratto 2000 - 2001 ACI

¹³ Negli ultimi anni il parco autovetture in Italia si sta equilibrando nel rapporto - autoveicoli a benzina / autoveicoli a gasolio - ma si deve comunque evidenziare come quanti possiedono veicoli a gasolio tendano a percorrere un maggior numero di chilometri/anno rispetto ai possessori di autoveicoli a benzina.

¹⁴ La percentuale è calcolata sul totale emissioni dalle diverse fonti

Automezzi pesanti a gasolio - Italia - 2000

Data immatricolazione	Gasolio	Percentuale	Radiazioni nel 2001
Fino al 1984	664.495	25,46	
1985 - 1987	273.341	10,47	
1988 - 1990	410.163	15,71	56.985
1991 - 1992	243.483	9,33	
1993 - 1994	178.792	6,85	
1995 - 1996	238.834	9,15	2.239
1997 - 1998	264.202	10,12	
1999 - 2000	334.762	12,83	986
non determinata	2.049	0,08	143
Totale	2.610.121	100,00	60.253

Fonte: Autoritratto 2000 - 2001 ACI

Dalla tabella si evidenzia come il 60,97% dei mezzi pesanti sia anteriore al 1993. Si deve inoltre evidenziare come il parco commerciale veicolare sia passato dai 2.610.121 mezzi registrati nel 2000 ai 2.751.955 dell'anno 2001. A fronte di questi dati appare chiaro come si debba focalizzare l'attenzione proprio sulle possibili contrazioni degli inquinanti *ab origine* ovvero immettendo sul mercato gasolii a basso impatto ambientale poiché la riconversione dell'intero parco veicolare potrà essere attuata solo in un periodo di tempo molto lungo.

Fattori emissivi

Una valutazione¹⁵ condotta su dati Unione Petrolifera, Ministero dell'Industria, ISTAT ha permesso di stimare in 828,31 Litri/anno¹⁶ il quantitativo di carburante venduto per ogni singolo abitante in Lombardia.

Per quanto riguarda il solo settore del trasporto stradale¹⁷ è possibile infine evidenziare come *siano imputabili ai soli veicoli a gasolio* (costituito in Lombardia da tutti i veicoli commerciali - merci e dal 13% del totale parco autoveicoli):

- rilevanti emissioni in termini di tonnellate /anno di biossido di zolfo (SO₂). Una certa quantità di biossido di zolfo è normalmente presente nell'atmosfera, particolarmente in quella delle zone abitate e ad alta densità di traffico. Questo gas è prodotto soprattutto dagli impianti di riscaldamento a gasolio e dai motori diesel. Nei grafici riportati si è evidenziato il solo contributo del settore trasporto quantificabile in circa 3.000 Tonnellate /anno immesse in atmosfera nella sola Lombardia. La rete di monitoraggio dell'aria gestita da Arpa tiene costantemente sotto controllo questo inquinante atmosferico, e li invia alle

¹⁵ Villani P., *Consumo di carburanti per singola provincia: primi risultati* APAT, Roma, 2003

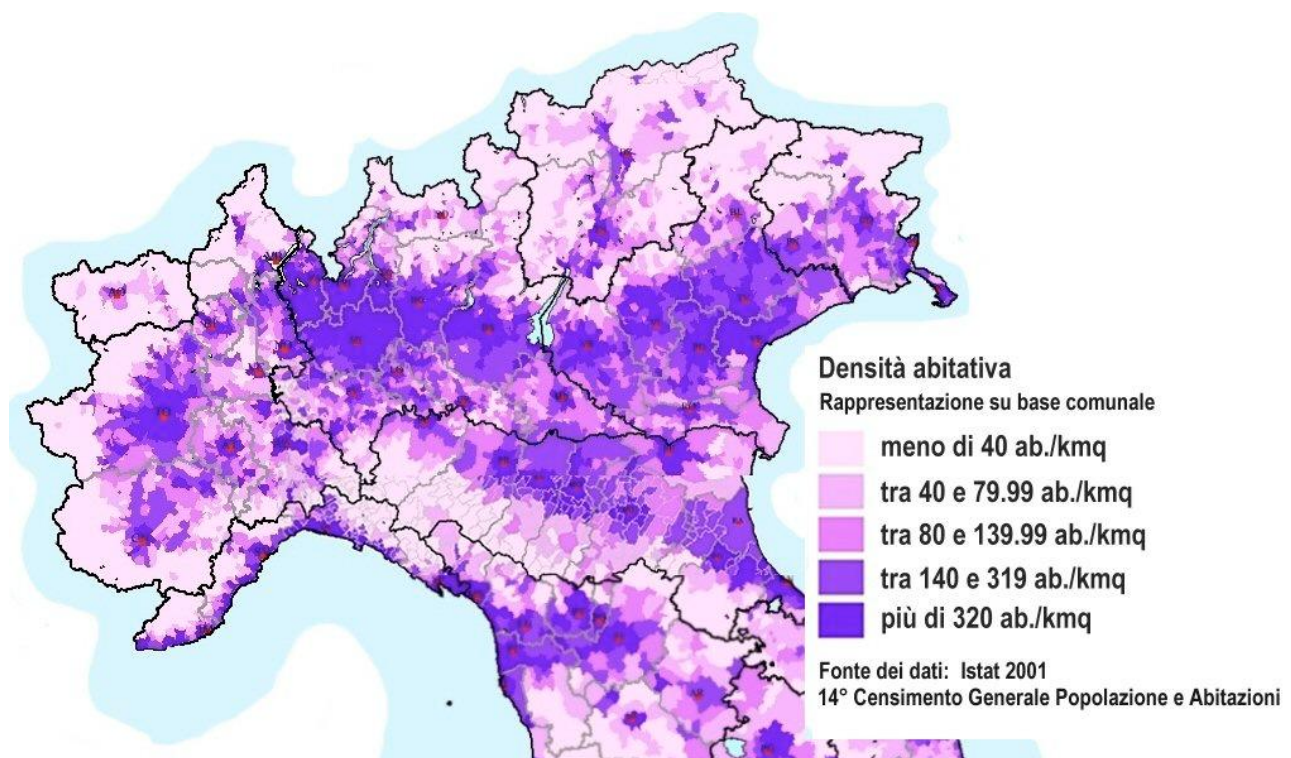
¹⁶ Dati relativi all'anno 2001. Benzina + gasolio per autotrazione.

¹⁷ Grazie all'utilizzo della banca dati INEMAR è stato possibile determinare le emissioni imputabili al trasporto stradale in Lombardia. Si è voluto distinguere il contributo emissivo a livello di singolo Comune e successivamente gli stessi sono stati ri-aggregati per una lettura su base provinciale del dato: nel grafico a barre orizzontali di seguito riportato si evidenziano le emissioni percentualmente ripartite sulle undici differenti province lombarde.

autorità incaricate di prendere provvedimenti nel caso in cui la concentrazione di SO₂ superi le soglie di attenzione (tra 125 e 250 microgrammi per metrocubo di aria) o di allarme (oltre i 250 microgrammi/mc). Tra i danni ambientali e sanitari che questo gas provoca ricordiamo le cosiddette "piogge acide", che danneggiano la vegetazione e corrodono i marmi e le pietre dei monumenti, l'irritazione del tratto respiratorio superiore e dei bronchi.

- la quasi totalità delle immissioni in atmosfera di polveri fini (PM10): il 94% del totale emissioni polveri fini del settore trasporto è imputabile al solo comparto veicoli a gasolio,
- percentuali pari al 48% degli NO_x, di cui si è già trattato e 20% degli N₂O,
- percentuali vicine al 20% del totale emissioni di anidride carbonica in atmosfera.

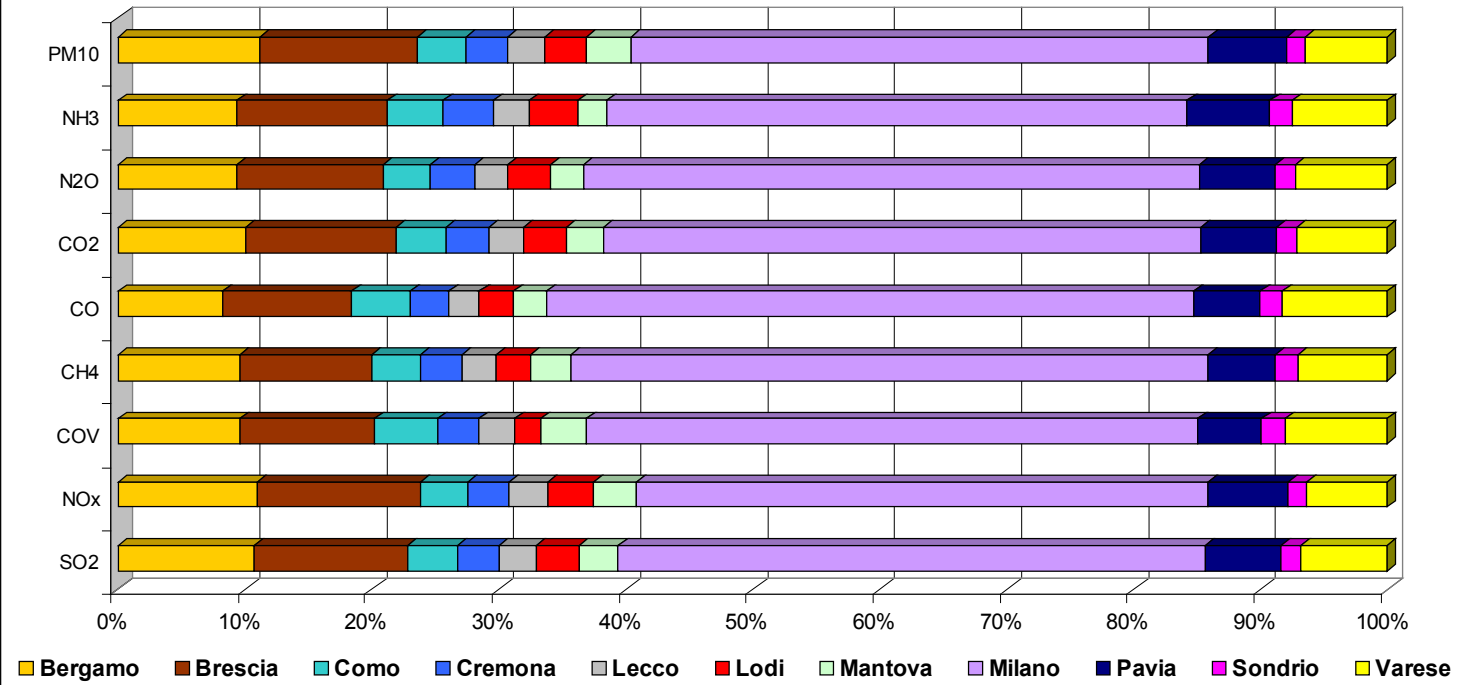
L'impatto degli inquinanti atmosferici sulla salute umana è un fattore di rischio principalmente nelle aree urbanizzate, laddove si concentra la maggior parte della popolazione: si veda quindi la figura nella quale è rappresentata la densità abitativa nel Nord Italia.



Trasporto su strada (tutti i carburanti)	Fattori emissivi in Tonnellate/anno								
	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM10
Bergamo	313	12.584	7.010	295	35.856	1.892	163	237	947
Brescia	353	14.573	7.719	320	44.370	2.221	201	296	1.052
Como	114	4.275	3.555	119	19.907	741	65	110	325
Cremona	95	3.824	2.398	102	13.164	640	60	98	279
Lecco	85	3.404	2.051	83	10.671	517	46	70	255
Lodi	100	4.148	1.513	83	11.613	623	59	98	277
Mantova	90	3.887	2.608	97	11.033	568	45	56	291
Milano	1.345	51.298	34.995	1.543	221.593	8.836	844	1.144	3.860
Pavia	175	7.226	3.645	164	22.859	1.113	103	164	517
Sondrio	46	1.652	1.362	54	7.644	305	28	43	128
Varese	199	7.281	5.847	218	35.935	1.338	126	189	550
Totale	2.913	114.151	72.704	3.079	434.646	18.794	1.740	2.504	8.480

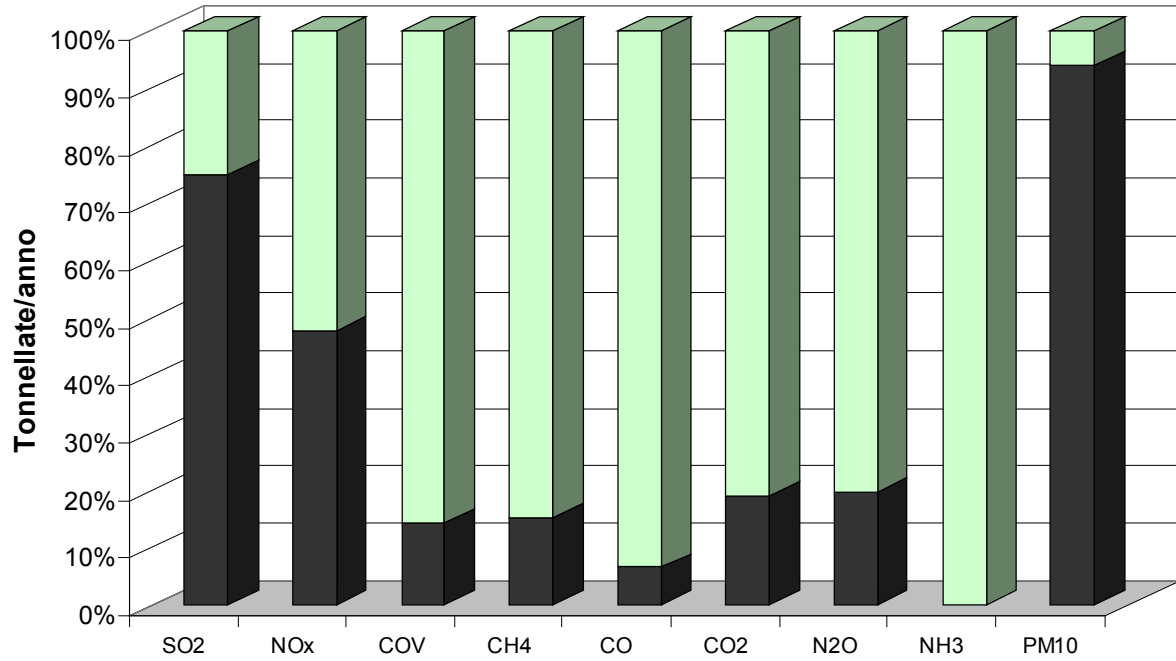
Fonte dei dati: nostra elaborazione su dati INEMAR - Regione Lombardia - 2001

Emissioni inquinanti riferite al settore trasporto stradale: peso percentuale per Provincia



Fonte dei dati: nostra elaborazione su dati INEMAR - Regione Lombardia - 2001

Lombardia: principali emissioni inquinanti riferite al settore trasporto stradale



■ % altri carburanti sul totale

■ % diesel sul totale

**Settore trasporto:
raffronto emissioni imputabili
ai veicoli a gasolio o ad altri carburanti**

Fonte dei dati: nostra elaborazione su dati INEMAR - Regione Lombardia - 2001

Riferimenti bibliografici

ACI, *Annuario statistico*, Roma, 2002

ACI, *Rapporto annuale*, Roma, 2002

APAT, *Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale*, Serie Stato dell'Ambiente, Roma, 2000

ANPA, *Mobilità sostenibile. Una proposta metodologica* Serie Manuali e Linee Guida, 8/2002

APAT, *Annuario dei dati ambientali*, Roma 2002

APHEIS, 2002, *Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities*, Second-year Report, 2000-2001

Comune di Milano, *Sustainable Development Local Strategies and Governance: Indicators and Perspectives for Milan*, - Report in the State of the Environment in Milan, , 11/2003

Danielis, R., *The air pollution cost caused by road transport: estimates for Trieste, Italy*, Proceedings of the 8th International Symposium on Transport and Air Pollution including COST 319 Final Conference, vol. 76, III/12, 31 May – 2 June 1999, Graz, Austria.

European Commission, *Auto-Oil II Cost-effectiveness Study*, 1999

Eurostat, *Statistics Transport infrastructure in the European Union and Central European Countries 1990-1999*, European Communities, aprile 2002

Ministero del Tesoro, *Quaderno dei prodotti petroliferi, Consumi e prezzi interni e internazionali* marzo 2001

L.Sinisi, S.Brini, D.Parola, *La qualità dell'aria nelle città*, in *L'ambiente come opportunità: lo sviluppo dell'informazione ambientale*, APAT, Roma, 2003

Onufrio G., *Emissione di inquinanti e "targhe alterne"*, Rivistaambiente n.4 /2003

M.C. Cirillo, S. Brini, M. Tava, *Risanamento e qualità dell'aria*, in Atti della Sesta Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali, 2003

Villani P., "*La mobilità nell'area milanese. Il traffico merci*" in *Logistica Management*, Edizioni Ritman, Milano, settembre 2002