



BENEFICI AMBIENTALI DEL METANO PER AUTOTRAZIONE



Supervisione:
Ivo Allegrini

Coordinamento scientifico
Lorenzo Bertuccio

Gruppo di lavoro:
Antonio Parenti
Federica Pascalizi

Si ringrazia per
la collaborazione:

FEDERMETAN

GTT
GRUPPO TORINESE TRASPORTI

Premessa

(a cura di Lorenzo Bertuccio – Direttore Scientifico Euromobility)

Tra i combustibili fossili alternativi attualmente disponibili sul mercato, il metano rappresenta un carburante con numerose potenzialità e la scelta dei consumatori di utilizzarlo in modo più diffuso come carburante per autotrazione è funzione di una combinazione di convenienze ambientali ed economiche.

I risultati del presente studio mettono in evidenza le prestazioni del metano rispetto ai combustibili tradizionali e il contributo dello stesso alla riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera. E' indubbio che non si possono sottovalutare altri aspetti in grado di determinare la convenienza del metano, anche in considerazione delle strategie dell'Unione Europea per una gestione sostenibile dei sistemi di trasporto.

A livello economico, il metano risulta avere un costo molto più basso¹ rispetto ad altri carburanti come il gasolio, a parità di efficienza e di prestazioni, e soprattutto offre una disponibilità di approvvigionamento molto ampia².

A livello ambientale, con riferimento ai principali inquinanti, quali il materiale particolato e l'anidride carbonica, il metano risulta avere, in generale, valori di emissione più bassi³, grazie al modesto contenuto in carbonio e alla stabilità della sua molecola.

La convenienza di mercato e la diversificazione delle fonti energetiche, insieme ai vantaggi connessi alla riduzione delle sostanze inquinanti maggiormente all'attenzione del mondo scientifico, dei cittadini e degli organi di informazione, sono dunque i punti di forza del metano. Per questo si auspica che il significativo sviluppo in atto in tutto il comparto (distribuzione e veicoli) e l'attuale manifesta considerazione a livello politico, amministrativo, normativo e fiscale possa confermarsi anche nel prossimo futuro a vantaggio di una diffusione più ampia che premi il contributo che il metano può fornire

¹ Prezzi medi alla pompa (giugno 2007): metano = 0,789 euro/kg (1Kg di metano = 1,5 lt ca di benzina), benzina = 1,362 euro/lt, gasolio = 1,171 euro/lt [Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, www.prezzibenzina.it].

² Si stima che a livello mondiale le riserve di metano siano pari a quelle di petrolio e dureranno ai consumi attuali 65 anni [Fonte: O&G World Oil and Gas Review, 2007]. Un'altra fonte del metano è costituita dalla decomposizione dei rifiuti presenti in discarica.

³ Ciò non si verifica nel caso del materiale particolato per i veicoli euro IV diesel, nel caso degli ossidi di azoto per i veicoli euro II e III benzina ed euro IV, nel caso del biossido di azoto per gli LDV.

nel breve-medio termine, ai problemi di inquinamento e di uso sostenibile dell'energia. Il metano, cioè, può giocare un ruolo di primo piano come carburante di transizione verso soluzioni di lungo termine, quali il biogas e l'idrogeno.

L'auspicato incremento della domanda di questo carburante, che presenta l'ulteriore vantaggio di non dover essere trasportato alla pompa in quanto viaggia in condotta, passa anche attraverso la comunicazione sui benefici connessi all'utilizzo di veicoli a metano, le azioni di sostegno, quali gli interventi locali di limitazione della circolazione dei veicoli maggiormente inquinanti, nonché i sostegni del governo centrale, come interventi fiscali e incentivi finanziari e non finanziari all'acquisto e alla trasformazione di veicoli a metano.

I N D I C E

1.	Introduzione	6
2.	Analisi della diffusione del metano per autotrazione in Italia.....	7
2.1.1	Analisi degli impianti di distribuzione presenti in Italia	7
2.1.2	Analisi del parco autoveicolare e della percentuale di autoveicoli a metano.....	8
2.1.3	Analisi degli indicatori socio-territoriali e trasportistici.....	10
3.	Review dello stato dell'arte degli studi sul carburante metano	16
4.	Confronti con i carburanti tradizionali.....	19
5.	Stima dei benefici ambientali: simulazioni di scenario	21
5.1	<u>Le autovetture private</u>	21
5.1.1	Calcolo delle percorrenze totali giornaliere (veh*km) effettuate nell'area torinese	21
5.1.2	Ipotesi di penetrazione del metano nell'area torinese.....	24
5.1.3	Le analisi di scenario per la città di Torino.....	24
5.2	Le flotte bus del Trasporto Pubblico Locale	28
5.3	Il trasporto merci in ambito urbano.....	32
	Conclusioni	35
	Appendice.....	37
	Bibliografia.....	45
	Sitografia.....	46

1. INTRODUZIONE

Rispetto ad altri combustibili, il metano⁴ presenta degli indiscussi vantaggi dal punto di vista economico e ambientale. Le riserve di metano sono molto numerose e hanno una distribuzione geografica migliore rispetto ai giacimenti di petrolio.

Grazie alla semplicità della sua composizione molecolare rispetto a quella dei combustibili tradizionali derivanti dal petrolio, il metano richiede un processo di trasformazione molto più semplice ed un dispendio di energia minore durante la raffinazione.

Lo "Studio sui benefici ambientali del metano per autotrazione" ha la finalità di stimare le potenzialità di mercato e i benefici ambientali del Metano come carburante per autotrazione⁵, attraverso la comparazione con i combustibili tradizionali e l'analisi di casi di eccellenza, nonché attraverso la costruzione di scenari di penetrazione nel settore del trasporto pubblico locale, del trasporto passeggeri privato e dei mezzi per la distribuzione delle merci in ambito urbano.

⁴ Chimicamente il metano è definito come un idrocarburo semplice (CH_4) e si trova in natura sotto forma di gas: esso è presente normalmente nei giacimenti di petrolio, ma esistono anche vasti giacimenti di solo metano. Inoltre, il metano deriva dalla decomposizione anaerobica di sostanze organiche, provenienti ad esempio dalle discariche di rifiuti urbani, e dal settore dell'agricoltura.

⁵ Il metano è utilizzato in Italia come carburante per autotrazione sin dagli anni '30 e costituisce oggi una valida alternativa ai carburanti tradizionali come il gasolio e la benzina.

2. ANALISI DELLA DIFFUSIONE DEL METANO PER AUTOTRAZIONE IN ITALIA

L'analisi della diffusione del metano per autotrazione in Italia ha avuto l'obiettivo di analizzare la consistenza del parco veicoli a metano in Italia e di indagare i fattori di successo del metano in talune province rispetto ad altre; a tale scopo sono stati selezionati alcuni indicatori socio-territoriali e trasportistici.

In particolare, il lavoro ha permesso di:

- o rilevare la numerosità e la densità degli impianti di distribuzione sul territorio;
- o analizzare la percentuale di veicoli a metano rispetto al totale del parco autoveicoli per ciascuna Provincia e per ciascun Comune capoluogo;
- o indagare il legame tra la numerosità degli impianti di distribuzione del metano e la percentuale di veicoli a metano presenti.

2.1.1 Analisi degli impianti di distribuzione presenti in Italia

L'attività di analisi ha avuto inizio con il censimento di tutti i distributori di metano per autotrazione presenti sul territorio nazionale sulla base dei dati aggiornati al 20 Marzo 2007⁶.

I distributori risultano in totale 622, di cui 566 attualmente operativi⁷.

L'analisi ha considerato solo i distributori funzionanti (566) comprensivi di quelli presenti in autostrada.

Le province in cui non sono presenti impianti di distribuzione del metano attualmente operativi sono complessivamente 19.

⁶ Fonte: FEDERMETANO.

⁷ I restanti 56 impianti sono così ripartiti: 1 in progetto, 51 in costruzione di cui 2 in autostrada, 3 temporaneamente chiusi, 1 in apertura.

Aosta	Imperia
Como	Vibo Valentia
Verbania-Cusio-Ossola	Catanzaro
Lecco	Crotone
Sondrio	Isernia
Gorizia	Trapani
Trieste	Enna
Messina	Sassari
Nuoro	Cagliari
Oristano	

Tabella: Province italiane in cui non sono presenti impianti di distribuzione del metano

2.1.2 Analisi del parco autoveicolare e della percentuale di autoveicoli a metano

L'analisi è stata condotta prendendo in considerazione la flotta veicolare privata e la quota parte di veicoli a metano ripartita per area geografica⁸.

AREA GEOGRAFICA	Totale veicoli	Veicoli a metano	% veh_ metano
ITALIA NORD-OCCIDENTALE	9.211.082	26.783	0,29
ITALIA NORD-ORIENTALE	6.612.577	154.312	2,33
ITALIA CENTRALE	7.351.310	114.322	1,56
ITALIA MERIDIONALE	7.667.520	46.127	0,60
ITALIA INSULARE	3.794.105	3.114	0,08
NON DEFINITO	30.891	76	0,25
TOTALE PARCO ITALIANO	34.667.485	344.734	0,99

Tabella: Consistenza della flotta veicolare privata e percentuale di veicoli a metano ripartiti per area geografica

Si nota una predominanza di veicoli a metano nell'Italia nord-orientale (154.312 veicoli, pari al 2,33% della flotta presente in questa zona), segue l'Italia centrale con una percentuale di metano pari all'1,56 del totale. La zona nord-occidentale, pur presentando in assoluto un numero di veicoli superiore a tutte le altre zone d'Italia, registra, tuttavia, una percentuale di presenza di veicoli a metano molto bassa (0,29%).

⁸ Fonte: ACI 2005.

L'elaborazione successiva ha preso in considerazione gli stessi parametri ripartiti per regione.

REGIONE	totale veicoli	tot veh_metano
PIEMONTE	2.702.941	6.267
VALLE D'AOSTA	131.950	128
LOMBARDIA	5.552.848	16.392
LIGURIA	823.343	3.996
FRIULI VENEZIA GIULIA	734.169	1.068
TRENTINO ALTO ADIGE	530.459	1.209
VENETO	2.782.367	40.809
EMILIA ROMAGNA	2.565.582	111.226
TOSCANA	2.259.734	30.344
UMBRIA	571.543	15.594
MARCHE	950.126	63.926
LAZIO	3.569.907	4.458
ABRUZZO	781.830	7.686
MOLISE	183.076	2.175
CAMPANIA	3.188.953	13.256
CALABRIA	1.087.761	820
PUGLIA	2.105.974	20.900
BASILICATA	319.926	1.290
SICILIA	2.876.589	2.866
SARDEGNA	917.516	248
NON DEFINITO	30.891	76

Tabella: Consistenza della flotta veicolare privata e percentuale di veicoli a metano ripartiti per regione

La regione con la maggiore presenza di veicoli a metano è l'Emilia Romagna, 111.226 veicoli, seguita a grande distanza dalle Marche con 63.926 veicoli. Da notare che il Piemonte, con una consistenza della flotta veicolare privata del tutto confrontabile con quella del Veneto, presenta però rispetto a questa un numero di veicoli a metano pari a circa un sesto (6.267 veicoli rispetto a 40.809).

In totale la numerosità del parco italiano metanizzato ammonta a 344.734 unità, vale a dire circa l'1% del totale del parco veicoli.

2.1.3 Analisi degli indicatori socio-territoriali e trasportistici

In una scala più dettagliata di analisi, sono state prese in considerazione le seguenti informazioni⁹ relative alle 103 province italiane:

- o popolazione
- o superficie (km²)
- o numero impianti di distribuzione
- o numero autoveicoli totali
- o numero autoveicoli a metano

Sono stati innanzi tutto costruiti i seguenti indicatori¹⁰:

- o percentuale dei veicoli a metano ($\text{veh_met/veh tot} * 100$)
- o densità abitativa (ab/sup)
- o densità dei distributori sul territorio provinciale ($\text{distr/sup} * 1000$)
- o veh/sup
- o veh/ab
- o $\text{distr/veh} * 10^6$
- o $\text{distr/veh_met} * 1000$

Sono qui riportate le due più significative elaborazioni grafiche che mettono in relazione per ogni Provincia la percentuale di veicoli a metano e la densità dei distributori con la densità ordinata in modo crescente (Figura 1) e con la percentuale di metano ordinata in modo crescente (Figura 2).

⁹ Il dato relativo alla popolazione è aggiornato al 1° Gennaio 2006 mentre quello di estensione superficiale comunale e provinciale è aggiornato al 2001 (Fonte: ISTAT).

¹⁰ Vedi Tabella 1 in Appendice.

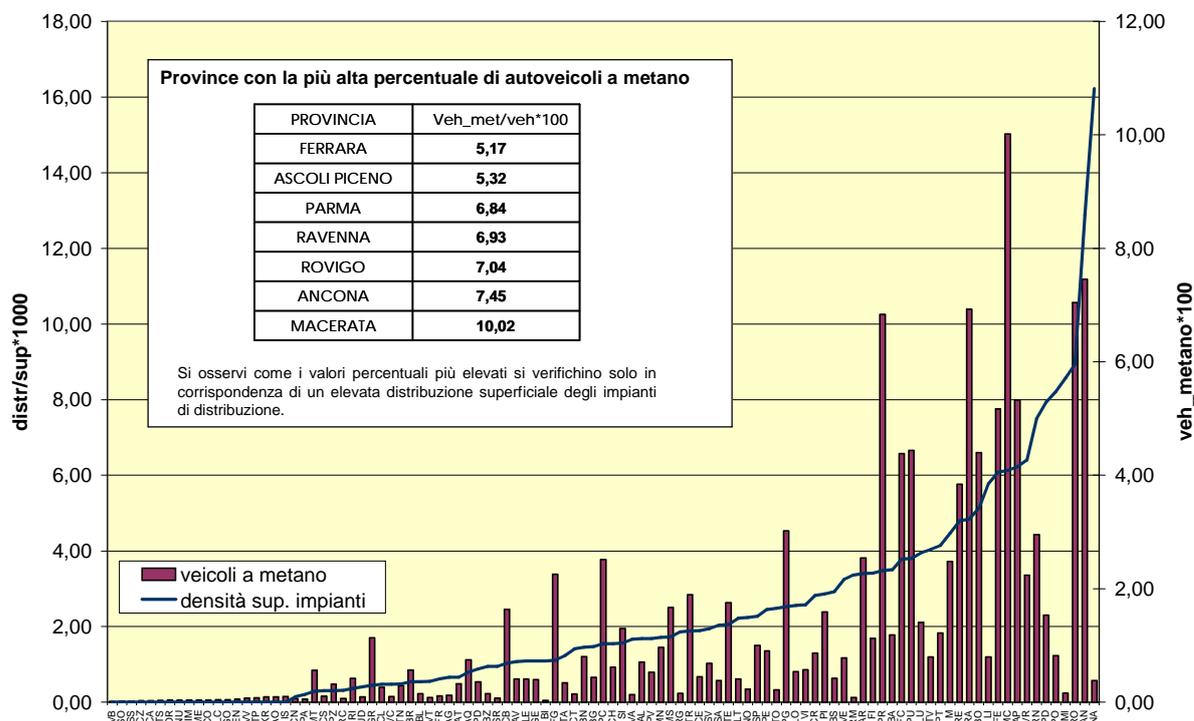


Figura 1: Percentuale dei veicoli a metano e densità dei distributori (ordinata in modo crescente) nelle Province italiane

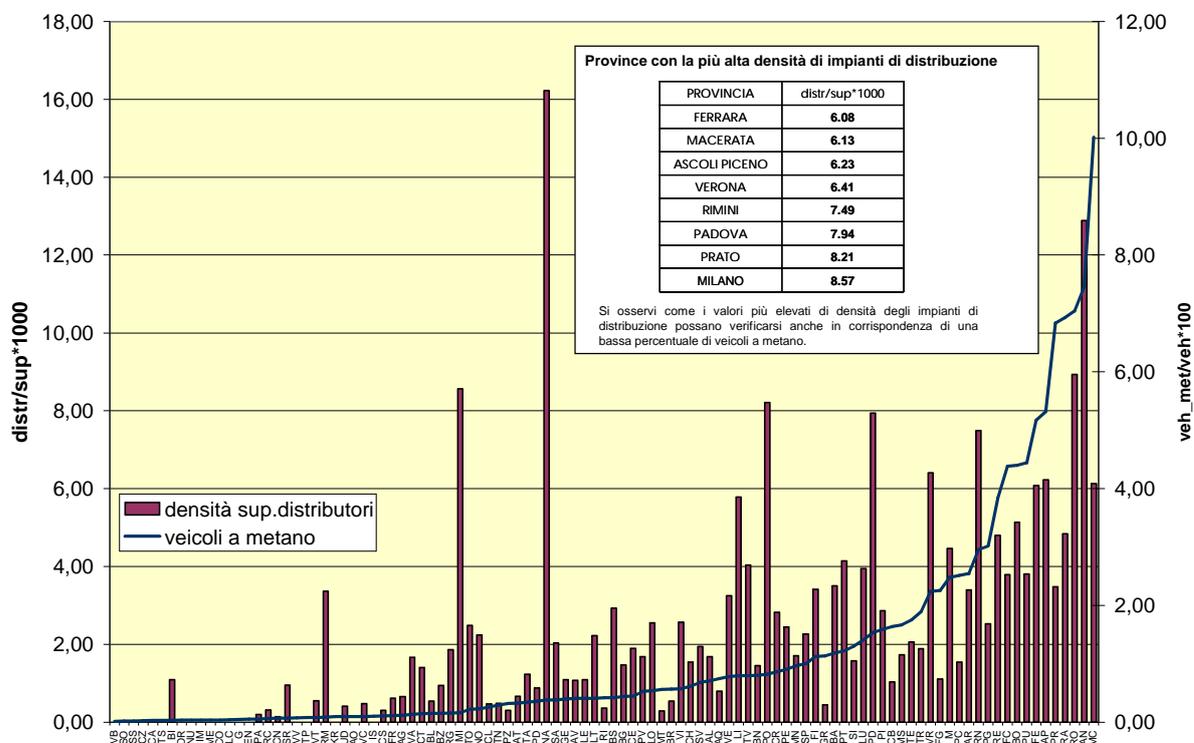


Figura 2: Percentuale dei veicoli a metano (ordinata in modo crescente) e densità dei distributori nelle Province italiane

Si osserva che:

- o dove è alta la densità di impianti di distribuzione di metano non è detto che si registri un'alta percentuale di autoveicoli a metano;
- o l'alta percentuale di veicoli a metano si registra solo dove è alta la densità degli impianti di distribuzione.

Da questa elaborazione emerge quindi che la diffusa presenza di impianti di distribuzione è una condizione necessaria, ma non sufficiente, affinché sia alta la percentuale di veicoli a metano sul territorio considerato. Ciò equivale¹¹ a dire che l'alta presenza di veicoli a metano su un dato territorio è una condizione sufficiente affinché si abbia un'alta densità degli impianti di distribuzione del metano. In definitiva, se la percentuale di veicoli a metano è alta, allora la densità dei distributori è alta. Non è, però, vero il contrario.

Sulle due mappe incluse in Appendice sono riportate la percentuale di autoveicoli a metano presenti nelle varie Province (Mappa 1) e la densità superficiale degli impianti di distribuzione (Mappa 2). E' evidente una concentrazione geografica delle Province più metanizzate lungo il versante adriatico e parte dell'Emilia Romagna. Ciò può forse derivare dal fatto che il metanodotto per alimentare le prime stazioni di rifornimento del metano (risalente al 1930) è sorto lungo la Via Emilia (diretrice Cortemaggiore-Piacenza).

¹¹ L'equivalenza si può dimostrare matematicamente.

Si indichi con F l'insieme delle Province che presentano un'alta densità degli impianti di distribuzione e con C l'insieme delle Province con un'alta percentuale di veicoli a metano. Dire che "le Province che registrano un'alta percentuale di veicoli a metano, possiedono un'alta densità di impianti di distribuzione, equivale ad affermare l'assioma seguente tra gli insiemi C ed F: "tutti gli elementi in C sono anche elementi in F". In modo formale, sussistono le seguenti relazioni tra gli elementi c dell'insieme C e gli elementi f dell'insieme F:

- appartenere a C è condizione sufficiente di appartenenza ad F: $\forall c \in C \Rightarrow c \in F$

- appartenere ad F è condizione necessaria di appartenenza a C: $\exists f \in F \text{ t.c. } f \in C$

Le due affermazioni sono equivalenti. Infatti, dire che:

- $C \Rightarrow F$ (C implica F, C è condizione sufficiente per F) ovvero $C \subset F$
- $F \Leftarrow C$ (F è implicata da C, F è condizione necessaria per C)

equivale ad affermare la stessa cosa. Entrambe le proposizioni rappresentano lo stesso fatto, visto dai due versi dell'implicazione.

Volendo indagare in modo più approfondito i motivi di successo del metano, e il perché della sua diffusione in alcune province piuttosto che in altre, sono state considerate le dodici Province più metanizzate, come riportato nella tabella che segue:

PERUGIA	ASCOLI PICENO
REGGIO EMILIA	PARMA
FORLI' - CESENA	RAVENNA
BOLOGNA	ROVIGO
PESARO	ANCONA
FERRARA	MACERATA

Tabella: Province italiane con la percentuale di veicoli a metano più alta

Per queste Province si è ritenuto opportuno separare il territorio comunale dal resto della Provincia e calcolare i relativi dati ed indicatori¹².

Emerge che la percentuale di veicoli a metano più alta si registra nella Provincia di Macerata (10%) seguita da Ancona e Rovigo con il 7,5% ed il 7,0% rispettivamente. I dati disaggregati per singolo Comune mostrano che i veicoli a metano sono maggiormente diffusi nell'area vasta¹³: solamente nei casi di Reggio Emilia, Forli-Cesena e Macerata la presenza di veicoli a metano è maggiore nel Comune capoluogo rispetto al resto del territorio provinciale.

Nel grafico seguente sono riassunti, per le dodici Province¹⁴, il numero di impianti di distribuzione e la percentuale di veicoli a metano presenti.

¹² Vedi Tabella 2 in Appendice.

¹³ Si intende per Area Vasta in "resto della Provincia", cioè l'intero territorio provinciale depurato dell'area occupata dal Comune capoluogo.

¹⁴ Si segnala, inoltre, che tutte le Province più metanizzate aderiscono al protocollo ICBI e che nelle città di Parma, Ravenna e Ferrara sono state promosse delle iniziative, che attingono a fondi regionali, per incentivare le trasformazioni.

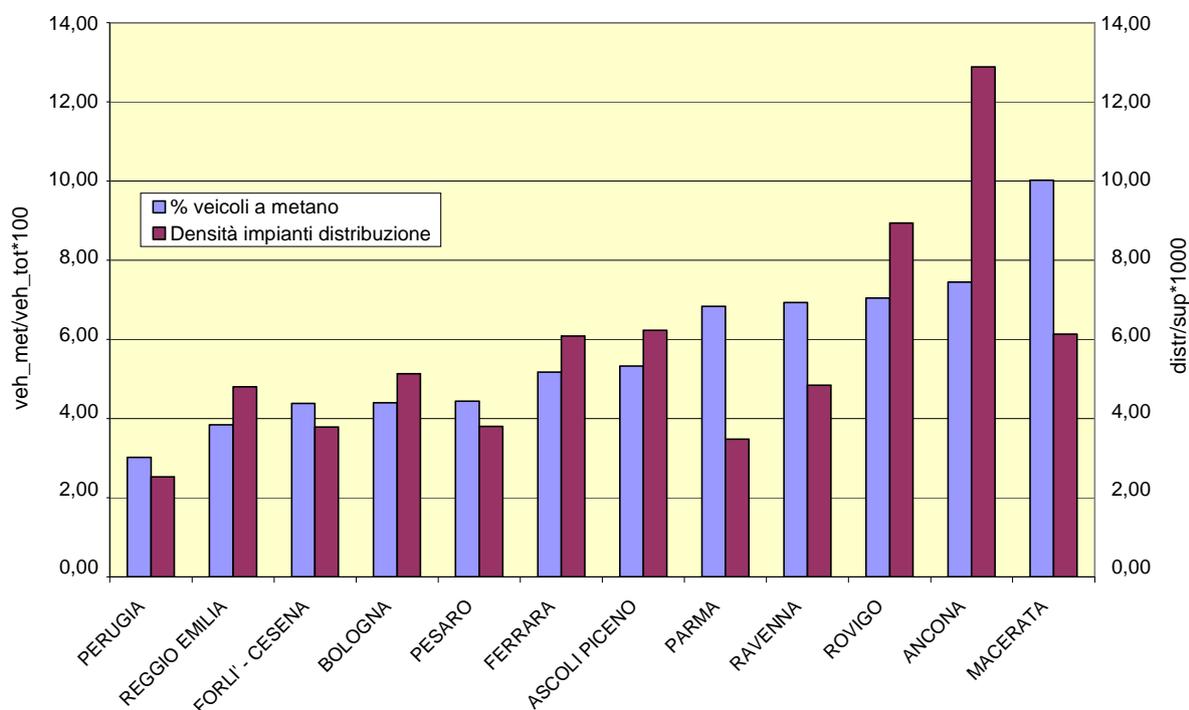


Figura 3: % metano e densità superficiale degli impianti per le dodici Province più metanizzate

Per indagare il trend relativo al parco autoveicoli a metano nelle città più metanizzate d'Italia, si è fatto riferimento alle prime sette e per esse sono stati considerati i dati ACI del parco autovetture totale e la quota parte dei veicoli a metano per gli anni 2000 e 2005.

	Totale veicoli	Veicoli a metano	% veh_metano	Differenza percentuale 00-05	Differenza assoluta veh_met 00-05
FERRARA					
2005	215.348	11.137	5,17		
2000	206.927	8.842	4,27	+0,90	2.295
ASCOLI PICENO					
2005	243.022	12.938	5,32		
2000	224.946	10.821	4,81	+0,51	2.117
PARMA					
2005	254.527	17.399	6,84		
2000	239.981	17.664	7,36	-0,52	-265
RAVENNA					
2005	238.215	16.505	6,93		
2000	224.501	15.769	7,02	-0,10	736
ROVIGO					
2005	145.115	10.223	7,04		
2000	134.852	9.119	6,76	+0,28	1.104
ANCONA					
2005	285.194	21.252	7,45		
2000	266.057	18.479	6,95	+0,51	2.773
MACERATA					
2005	197.167	19.755	10,02		
2000	181.724	16.615	9,14	+0,88	3.140

Tabella: Numero totale di veicoli e relativa percentuale di veicoli a metano (2000 vs 2005) per le sette città più metanizzate

In nessuna delle sette città la percentuale di metano registra sostanziali incrementi tra il 2000 e il 2005 (sempre inferiore al punto percentuale). Nello stesso periodo si assiste ad un aumento del parco veicolare in tutte le città accompagnato da un aumento dei veicoli a metano, eccetto che per le città di Parma e Ravenna dove invece il numero di veicoli a metano si è ridotto. Si Segnala, tuttavia, che il confronto può essere viziato dal fatto che nel 2004 sono stati eliminati dal data base ACI tutti i veicoli che non risultavano in regola con il pagamento della tassa automobilistica per almeno tre anni consecutivi ¹⁵.

¹⁵ L'operazione di radiazione d'ufficio ex art. 96 del Codice della Strada ha interessato circa 1,9 milioni di veicoli, di cui 1,2 milioni di autovetture (Fonte: ACI).

3. REVIEW DELLO STATO DELL'ARTE DEGLI STUDI SUL CARBURANTE METANO

La presenza dei veicoli a metano nel mondo è di sei milioni e mezzo di unità, in Europa sono quasi settecentomila con presenze significative in Italia, Germania e Paesi dell'Est. Inoltre, in Italia vengono prodotti veicoli di tutte le categorie alimentati a metano con un riscontro di domanda crescente da parte degli automobilisti.

La comunità internazionale sta iniziando ad interessarsi a studi specifici su questi veicoli. Allo stato attuale in Europa, nelle valutazioni di impatto ambientale, i veicoli a metano vengono trattati allo stesso modo dei veicoli GPL, dei quali esiste una discreta base di dati relativi ai fattori di emissione.

In questo studio vengono presi in considerazione documenti e dati provenienti da Enti governativi Americani ed Europei e da Aziende costruttrici di veicoli a metano, di cui di seguito vengono riportati alcuni risultati.

Il "Deliverable 12" del progetto Europeo MEET¹⁶ (IV Programma Quadro) riporta quanto segue: "in generale i veicoli alimentati a metano producono emissioni di rumore in linea con i veicoli alimentati a benzina ma circa il 10% in meno rispetto ai veicoli alimentati a gasolio".

Per quanto riguarda le emissioni inquinanti si ottengono i seguenti risultati, frutto di test effettuati dal TNO¹⁷ e dallo JARI¹⁸ su veicoli trasporto merci leggeri.

Alimentazione	NO _x	PM	CO	CO ₂
gasolio	>	80%	50%	20%
benzina	15%	>	70%	20%

Tabella: Riduzioni percentuali delle emissioni di veicoli a metano rispetto a quelle di veicoli alimentati con combustibili differenti (il segno > indica emissioni maggiori del metano rispetto al gasolio e alla benzina)

¹⁶ Fonte: Methodologies for Estimating air pollutant Emissions from Transport - Task 1.7: Alternative fuels - Deliverable No. 12 - Project funded by the European Commission under the transport RTD programme of the 4th framework programme - COST 319 Action. Estimation of pollutant emissions from transport. Subgroup A4(a): Alternative fuels.

¹⁷ Netherlands Organisation for Applied Scientific Research.

¹⁸ Japanese Automobile Research Institute.

Testualmente, il documento afferma: “CNG offers a big advantage over diesels, an advantage over gasoline and a slight advantage over LPG in terms of emissions”.

Il documento analizza in dettaglio le emissioni di due macro categorie veicolari, LDV¹⁹ ed HDV²⁰. Per le necessità dello studio corrente, vengono presi in considerazione solo gli LDV.

	CO ₂	CO	VOC	NO _x	PM	NMVOG
CNG	1,04	0,86	0,81	0,93	Non misurato	0,81

Tabella: Emissioni (g/miglia) per veicoli LDV espresse in fattori di scala rispetto alle emissioni del veicolo base a benzina

Per quanto riguarda i veicoli pesanti si riportano alcuni dati relativi agli autobus forniti dal report tecnico NREL/TP 540-36555²¹, il cui obiettivo è fornire una comparazione dettagliata tra i bus alimentati a metano ed i corrispondenti veicoli diesel dotati di tecnologie avanzate di controllo delle emissioni. Il ciclo di guida utilizzato per i test è il Centre Business District Test Cycle.

Tipologia mezzo	NO _x	CO ₂	PM	NMVOG	CO
J. Deere CNG	9,08	2.173,00	0,004	0,55	0,14
MY 2004 DDC diesel	17,9	3.346,00	0,025	0,01	0,34
CWI CNG	19,0	2.258,00	0,01	1,1	0,55
MY 2000 DDC diesel	24,6	3.159,00	0,01	0,01	0,19

Tabella: Emissioni inquinanti espresse in g/miglia²²

¹⁹ Light Duty Vehicle.

²⁰ Heavy Duty Vehicle.

²¹ Fonte: Emission testing of Washington metropolitan area transit authority (WMATA) natural gas and diesel transit buses, Dicembre 2005.

²² I valori in tabella sono in grammi /miglia, così come riportato dalla fonte documentale. Si consideri che 1 miglio = 1,6 chilometri.

Per gli LDV si segnalano i fattori certificati dagli standard di emissioni ULEV²³.

	NO_x	NM VOC	CO
Zero miles level	0,133	0,016	0,665
(10k miles) Normal emitters	0,007	0,0018	0,234
High emitters	0,74	0,068	5,8
High emitters gasoline	0,96	1,14	38,73

Tabella: LDV [Dati certificati dagli standard di emissioni ULEV (Mobile6²⁴ – EPA)]

Nella bibliografia mondiale risultano assenti studi significativi per gli autoveicoli, tuttavia sono disponibili dati di emissione per diversi inquinanti forniti dal Centro Ricerche FIAT (CRF) e utilizzati in occasione di uno studio condotto da ENEA sulla fluidificazione delle flotte nella città di Firenze. Tali dati, che verranno utilizzati nei prossimi capitoli per fornire confronti emissivi tra differenti categorie veicolari e per produrre le simulazioni necessarie allo studio corrente, sono dettagliatamente riassunti nel capitolo successivo.

²³ Ultra Low Emitting Vehicles.

²⁴ Software sviluppato dall'EPA (Environmental Protection Agency) per il calcolo delle emissioni di HC, CO, NO_x, CO₂, PM, e di altre sostanze tossiche provenienti da autoveicoli, autocarri e motocicli

4. CONFRONTI CON I CARBURANTI TRADIZIONALI

Gli inquinanti esaminati sono il PM₁₀ (frazione inalabile sottile delle polveri) primario e i principali precursori della componente secondaria del particolato, gli ossidi di azoto NO_x, i composti organici volatili COV e il biossido di carbonio CO₂.

Le seguenti tabelle sono riferite agli autoveicoli e riportano le emissioni ad una velocità media di 25 km/h tipica di un ciclo urbano²⁵.

Categoria veicolare	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
pre euro benzina	1,79	2,04	0,04	243
pre euro diesel	0,63	0,23	0,26	235
metano	0,18	0,01	0,0096	170

Tabella: Autoveicoli pre euro (valori in g/km)

[Fonte: COPERT per benzina e gasolio e CRF per metano]

Categoria veicolare	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
euro I benzina	0,26	0,26	0,077	220
euro I diesel	0,55	0,08	0,073	235
Metano	0,18	0,01	0,009	170

Tabella: Autoveicoli Euro I (valori in g/km)

[Fonte: COPERT per benzina e gasolio e CRF per metano]

Categoria veicolare	NO _x	COV	PM10	CO ₂
euro II benzina	0,09	0,05	0,077	220
euro II diesel	0,55	0,08	0,073	235
metano	0,18	0,01	0,009	170

Tabella: Autoveicoli Euro II (valori in g/km)

[Fonte: COPERT per benzina e gasolio e CRF per metano]

²⁵ Nel confronto uno ad uno dei veicoli Euro III ed Euro IV si suppone che i coefficienti di riduzione forniti da COPERT III per i veicoli a GPL siano applicabili a quelli del metano.

Categoria veicolare	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
euro III benzina	0,06	0,036	0,077	220
euro III diesel	0,37	0,023	0,014	235
metano euro III	0,15	0,009	0,009	170

Tabella: Autoveicoli Euro III (valori in g/km)

[Fonte: COPERT per benzina e gasolio e CRF per metano]

Categoria veicolare	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
euro IV benzina	0,033	0,007	0,077	220
euro IV diesel	0,122	0,019	0,008	235
metano euro IV	0,138	0,008	0,009	170

Tabella: Autoveicoli Euro IV (valori in g/km)

[Fonte: COPERT per benzina e gasolio e CRF per metano]

Si osservi come i valori di emissione del metano siano considerevolmente più bassi di quelli dei carburanti tradizionali nel caso di tecnologie veicolari più vecchie. I vantaggi di questo carburante diminuiscono considerando i veicoli di nuova tecnologia.

A titolo di esempio si riportano, infine, i confronti relativi ai veicoli leggeri per trasporto merci e agli autobus. In entrambi i casi sono riportati i soli confronti con le tecnologie Euro 0.

Categoria veicolare	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
benzina convenzionale	1,798	2,97	0,0768	319
diesel convenzionale	1,580	0,36	0,27	271
metano	0,028	0,07	0,0096	324

Tabella: LDV (valori in g/km)

[Fonte: COPERT per benzina e gasolio e CRF per metano]

Categoria veicolare	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
diesel convenzionale	16.415	1,74	0,588	1069
metano	1,625	1,62	0,008	692

Tabella: BUS (valori in g/km)

[Fonte: COPERT per benzina e gasolio e CRF per metano]

5. STIMA DEI BENEFICI AMBIENTALI: SIMULAZIONI DI SCENARIO

Sono stati definiti e costruiti scenari relativi alle autovetture ad uso privato, alle flotte bus dedicate al trasporto pubblico locale e ai veicoli per trasporto merci.

5.1 Le autovetture private

Nel caso del trasporto privato sono state condotte simulazioni a partire da ipotesi di penetrazione del metano per autotrazione nella città di Torino. Le simulazioni sono state condotte rispetto alle percorrenze totali giornaliere (veh*km) effettuate nell'area torinese.

5.1.1 Calcolo delle percorrenze totali giornaliere (veh*km) effettuate nell'area torinese

Per calcolare le percorrenze giornaliere in automobile complessive, principale dato di input del modello di stima, si è fatto riferimento ad una serie di parametri di base, in parte desunti dallo studio "Indagine sulla mobilità delle Persone e sulla Qualità dei Trasporti nella Provincia di Torino" (di seguito Indagine 2004), condotto dalla Società GTT e aggiornato al 2004, e da alcuni parametri derivati dall'esperienza.

I dati necessari per il calcolo sono riportati di seguito:

Numero di abitanti

Per il calcolo della popolazione sono state utilizzate le stime ISTAT del 2004 relative alla città di Torino e ai comuni di prima e seconda cintura (31 in totale).

Comune	N° Abitanti	Comune	N° Abitanti
Torino	867.857	Nichelino	48.187
Alpignano	17.031	Orbassano	21.767
Baldissero	3.396	Pecetto	3.759
Beinasco	18.443	Pianezza	11.466
Borgaro	13.045	Pino Torinese	8.607
Cambiano	5.939	Piobesi	3.371
Candiolo	5.312	Piossasco	16.808
Carignano	8.775	Rivalta	18.137
Caselle	16.574	Rivoli	49.868
Chieri	33.569	San Mauro Torinese	18.343
Collegno	48.778	Santena	10.322
Druento	8.282	Settimo Torinese	47.227
Grugliasco	38.501	Trofarello	10.985
La Loggia	6.589	Venaria	35.363
Leini	12.254	Vinovo	13.552
Moncalieri	54.462	Volpiano	13.508

Tabella: Popolazione dell'area torinese (anno 2004)

	N° Abitanti
Totale	1.490.077
Solo Torino	867.857
Area Vasta	622.220

Tabella: Popolazione dell'area torinese distinta tra Torino e area vasta (anno 2004)

Spostamenti/persona

Il dato spostamenti/giorno per persona (pari a 2,49) presente nell'Indagine 2004 è stato applicato all'intera popolazione residente nell'area torinese. Il valore è stato successivamente riportato alla sola popolazione mobile.

Lunghezza media dello spostamento

Sono stati presi in considerazione i dati ricavati dall'Indagine relativi all'anno 2004 ed evidenziati nella seguente tabella:

	2000	2002	2004
Spostamenti interni città	3,56	3,44	3,47
Cintura (31 comuni) – Torino	8,77	8,96	8,61
Torino - Cintura (31 comuni)	8,79	8,97	8,55
Cintura – Cintura (31 comuni)	6,89	7,23	7,06

Tabella: Lunghezza media dello spostamento (dati in Km)

Ripartizione modale: autoveicoli

Il valore utilizzato, pari a 50,43%, è quello evidenziato nella tabella che segue (sintesi dati Indagine 2002-04):

	2002	2004
Mezzo pubblico	22,15%	17,73%
Mezzo privato	53,45%	50,43%
Altri mezzi	24,40%	31,84%

Tabella: Ripartizione modale nell'area torinese

Coefficiente medio di riempimento

Il coefficiente medio di riempimento delle autovetture presente nell'Indagine del 2004 è pari a 1,2 persone per veicolo.

RISULTATI

I chilometri percorsi in un giorno feriale medio nell'area torinese, calcolati a partire dalle suddette informazioni, risultano pari a 8.811.322.

5.1.2 Ipotesi di penetrazione del metano nell'area torinese

Nella Provincia di Torino la percentuale di veicoli a metano è pari allo 0,22% (a fronte di una media italiana pari all'1%) per complessivi 3.029 veicoli così ripartiti:

- o 1.647 veicoli a metano nel Comune di Torino
- o 1.382 veicoli a metano nel resto della Provincia di Torino

Andando ad analizzare il parco autoveicoli nel 2000 e nel 2005 si può osservare che la città di Torino mostra, in entrambi i casi, una percentuale di metano molto bassa, nonostante l'alto numero di veicoli immatricolati già nel 2000. L'incremento tra il 2000 e il 2005 è di appena lo 0,14%.

	Totale veicoli	Veicoli a metano	% veh_metano	Differenza percentuale 00-05	Differenza assoluta veh_met 00-05
2005	1.381.681	3.029	0,22		
2000	1.370.450	1.059	0,08	+0,14	1.970

Tabella: Numero totale di veicoli e relativa percentuale di veicoli a metano (2000 vs 2005) per la città di Torino

Le ipotesi di maggiore penetrazione del metano nell'area torinese nascono dalle analisi condotte sulle città più metanizzate (vedi Capitolo 1). Sono state definite due ipotesi di scenario:

- o 6% di presenze di veicoli a metano nel parco: valore già raggiunto nelle sette città italiane più metanizzate;
- o 10% di presenze di veicoli a metano nel parco: valore già raggiunto dalla città di Macerata).

5.1.3 Le analisi di scenario per la città di Torino

Nel caso del trasporto privato sono state condotte simulazioni relativamente alla città di Torino sulla base di due ipotesi differenti, ognuna delle quali differenziata in funzione

della sostituzione di veicoli a benzina o a gasolio. Partendo dalla consistenza del parco veicolare privato provinciale di Torino (Fonte ACI, anno 2005) sono stati simulati 4 scenari differenti di rinnovo del parco con veicoli alimentati a metano²⁶.

Scenario 1. incremento dei veicoli a metano del 6%, per sostituzione/trasformazione di soli veicoli a benzina con veicoli a metano, così ripartito:

- o euro I 0,82%
- o euro II 2,56%
- o euro III 2,62%

Scenario 2. incremento dei veicoli a metano del 6%, per sostituzione di soli veicoli a gasolio, così ripartito:

- o diesel euro I 0,82%
- o diesel euro II 2,56%
- o diesel euro III 2,62%

Scenario 3. incremento dei veicoli a metano del 10%, per sostituzione/trasformazione di soli veicoli a benzina con veicoli a metano, così ripartito:

- o euro I 0,82%
- o euro II 4,54%
- o euro III 4,64%

Scenario 4. incremento dei veicoli a metano del 10%, per sostituzione di soli veicoli a gasolio, così ripartito:

- o diesel euro I 0,82%
- o diesel euro II 4,54%
- o diesel euro III 4,64%

²⁶ Le percentuali di sostituzione sono state ipotizzate proporzionali alle percentuali di presenza nel parco delle differenti tecnologie veicolari (si segnala che nel parco è presente solo lo 0,82% di veicoli diesel euro I). Non sono state presi in considerazione veicoli di tecnologia Euro 0, in quanto oramai troppo datati: gli stessi programmi ministeriali e regionali di finanziamento sono oggi riservati ai veicoli di tecnologia Euro I e successive.

Alle percorrenze totali giornaliere private stimate per l'area metropolitana di Torino (pari a 8.811.322 km) è stata associata una velocità media di 25 km/h.

I risultati delle simulazioni sono riportati nella seguente tabella

	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
Attuale (kg*1000)	4,576	4,557	0,476	1.903,000
Scenario 1 (kg*1000)	4,596	4,502	0,440	1.875,000
Variazione %	+0,44	-1,21	-7,62	-1,47

Tabella: Confronto tra lo scenario attuale e lo scenario 1

	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
Attuale (kg*1000)	4,576	4,557	0,476	1.903,000
Scenario 2 (kg*1000)	4,422	4,517	0,438	1.867,000
Variazione %	-3,37	-0,88	-8,04	-1,89

Tabella: Confronto tra lo scenario attuale e lo scenario 2

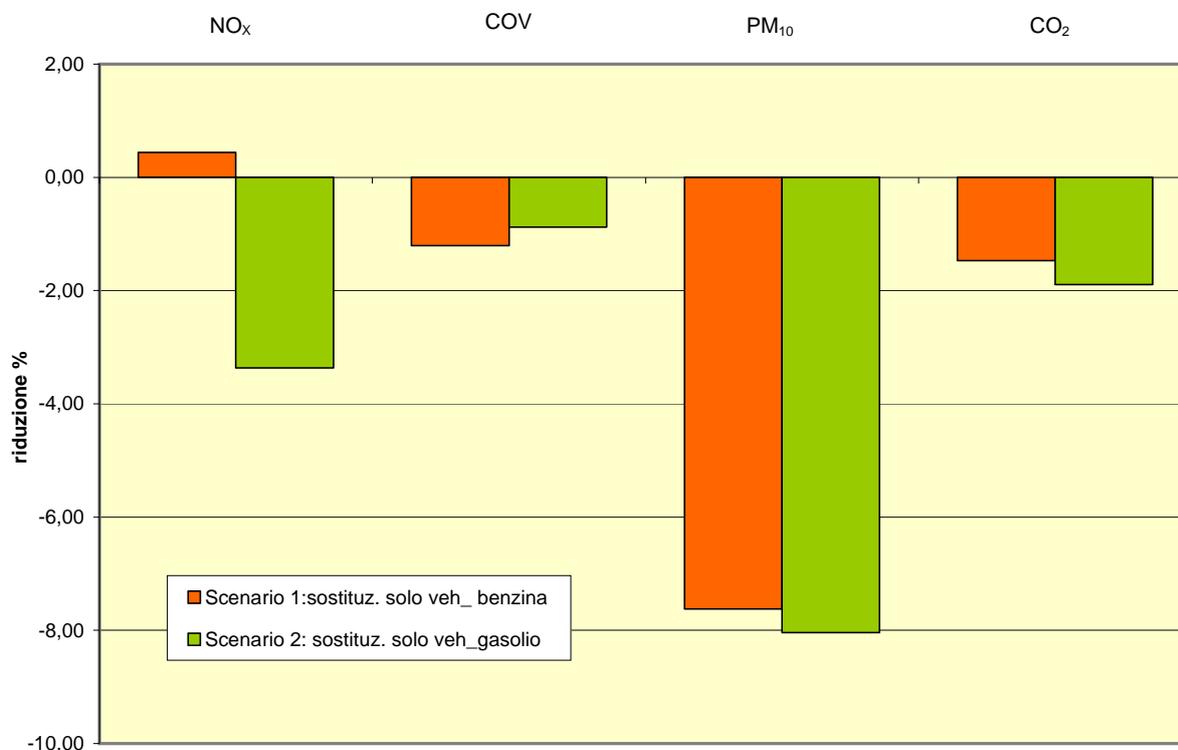


Figura 4: Riduzione percentuale degli inquinanti nel caso degli scenari 1 e 2 (incremento dei veicoli a metano pari al 6%)

	NO_x	COV	PM₁₀	CO₂
Attuale (kg*1000)	4,576	4,557	0,476	1.903,000
Scenario 3 (kg*1000)	4,606	4,467	0,417	1.854,000
Riduzione %	+0,66	-1,97	-12,45	-2,57

Tabella: Confronto tra lo scenario attuale e lo scenario 3

	NO_x	COV	PM₁₀	CO₂
Attuale (kg*1000)	4,576	4,557	0,476	1.903,000
Scenario 4 (kg*1000)	4,316	4,490	0,412	1.843,000
Riduzione %	-5,68	-1,47	-13,50	-3,15

Tabella: Confronto tra lo scenario attuale e lo scenario 4

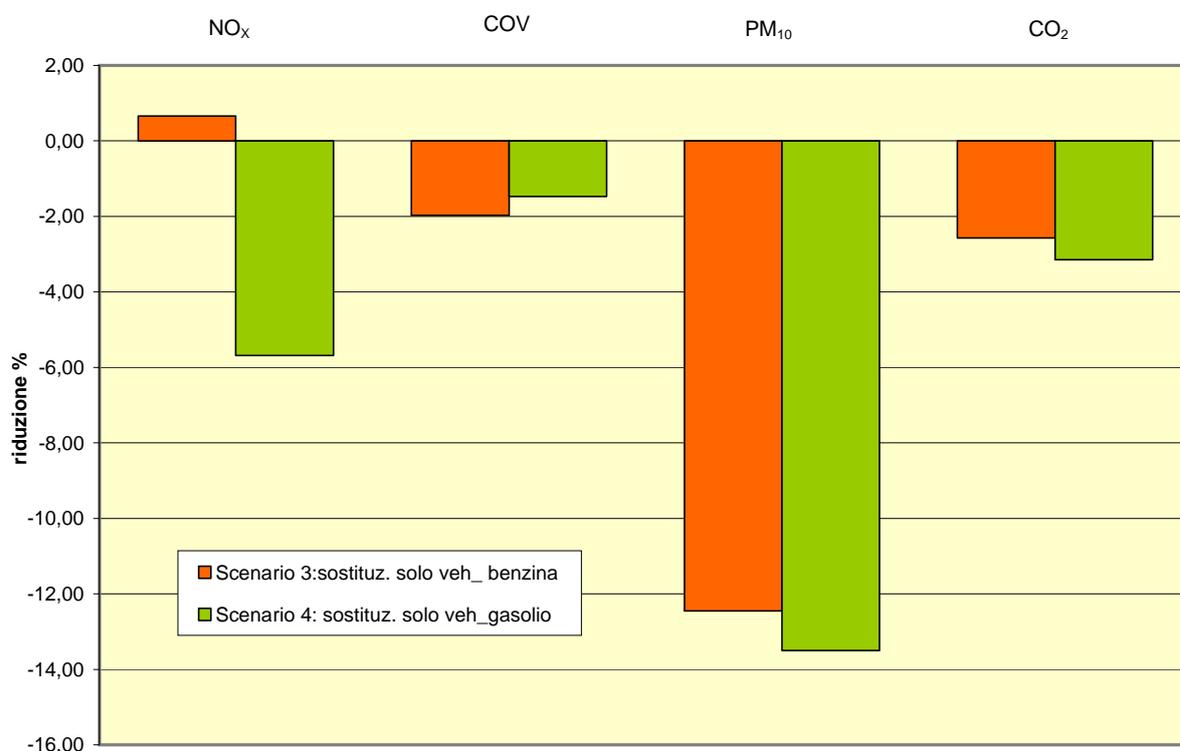


Figura 5: Riduzione percentuale degli inquinanti nel caso degli scenari 3 e 4 (incremento dei veicoli a metano pari al 10%)

Si osservano riduzioni²⁷ coerenti con le percentuali di sostituzione ipotizzate. Come era da attendersi²⁸, le sostituzioni di veicoli diesel portano maggiori vantaggi per le emissioni di NO_x e PM₁₀, mentre le sostituzioni di veicoli a benzina portano maggiori vantaggi per le emissioni di COV.

5.2 Le flotte bus del Trasporto Pubblico Locale

L'analisi ha riguardato il caso di rinnovo della flotta con mezzi alimentati a metano relativo alla città di Torino.

A tale scopo sono state acquisite informazioni su: le percorrenze, la consistenza, la distribuzione della flotta e le velocità medie commerciali relative alle due situazioni ante rinnovo (anno 2000) e post rinnovo (anno 2006).

Tecnologia veicolare	Numerosità mezzi		Vett*km/giorno	
	<i>Anno 2000</i>	<i>Anno 2006</i>	<i>Anno 2000</i>	<i>Anno 2006</i>
diesel euro 0	533	377	50.366	28.553
diesel euro I	200	200	29.730	28.516
diesel euro II	290	290	33.516	35.720
diesel euro III	0	60	0	10.325
diesel euro IV	0	15	0	1.762
Metano	0	222	0	26.475
Gpl	0	0	0	0
Elettrico	0	23	0	591

Tabella: La flotta del TPL di Torino - Anno 2000 e Anno 2006

Dal confronto tra i due anni emerge che, mentre nell'anno 2000 non erano presenti bus a metano, nel 2006 questi ultimi costituiscono il 18,7% dell'intera flotta e che le percorrenze da questi effettuate costituiscono il 20% delle percorrenze complessive.

²⁷ E' opportuno rilevare che la sostituzione/trasformazione di soli veicoli di nuova tecnologia (Euro I e successive) porta a riduzioni non particolarmente elevate.

²⁸ Vedi Capitolo 5.

Di seguito si confrontano le emissioni complessive relativamente ai due scenari, calcolate ad una velocità media commerciale di 19 km/h.

Scenario	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
Anno 2000 (kg*1000)	2,142	0,2582	0,08181	142,3
Anno 2007 (kg*1000)	2,027	0,2895	0,07573	150,4

Tabella: Confronto prima/dopo rinnovo della flotta del TPL nella città di Torino

Si osserva un incremento delle emissioni di COV e di CO₂. Ciò è dovuto alle maggiori emissioni di composto organici volatili (che comprendono anche il metano) causate dalla maggiore presenza di veicoli alimentati a metano e dal maggior numero di chilometri percorsi nel 2007. Per quanto riguarda le emissioni di PM₁₀ e di NO_x si osservano delle riduzioni (accentuate per il PM₁₀), nonostante l'incremento dei chilometri percorsi. Ciò per l'effetto della sostituzione di veicoli diesel vecchi con veicoli a metano. La tabella seguente mostra una riduzione significativa delle emissioni unitarie (intendendo con ciò le emissioni medie al chilometro per veicolo medio), sia per il PM₁₀ (14,29%), sia per gli ossidi di azoto (18,52%).

Scenario	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
Anno 2000 (kg/(vett* km))	0,0189	0,0023	0,0007	1,2525
Anno 2007 (kg/(vett* km))	0,0154	0,0022	0,0006	1,1450
Riduzione %	18,52	4,35	14,29	8,58

Tabella: Confronto prima/dopo rinnovo della flotta del TPL nella città di Torino

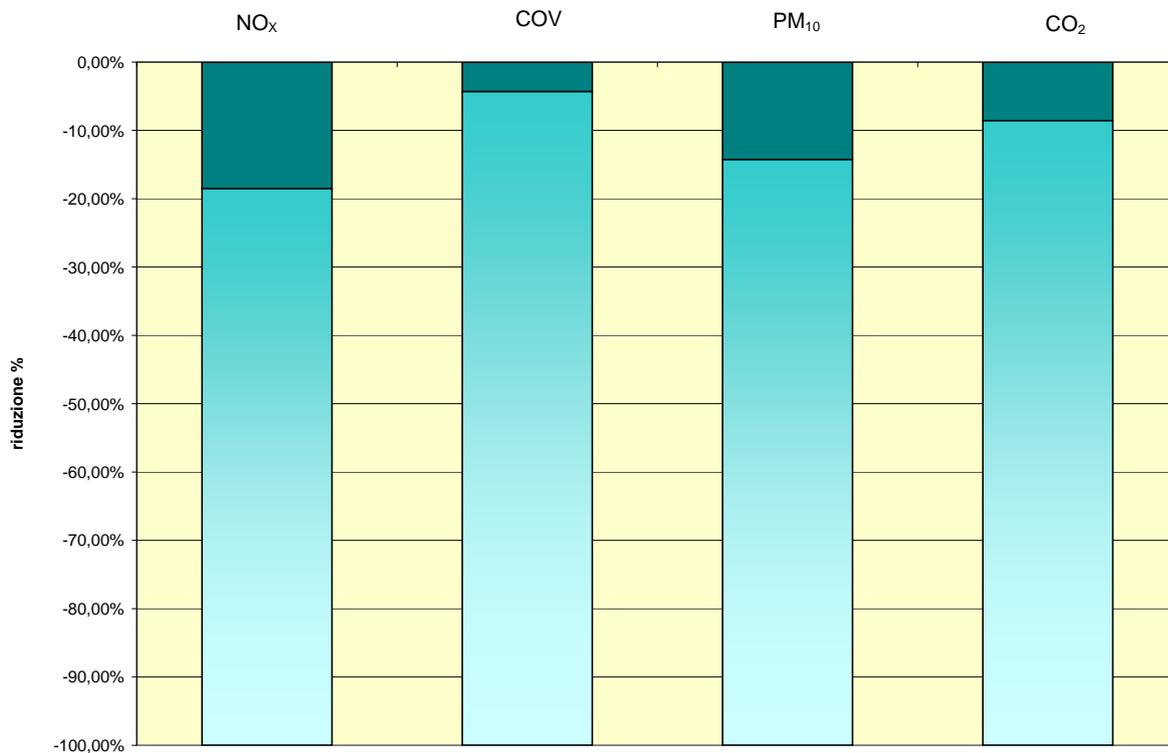


Figura 6: Riduzione percentuale delle emissioni in seguito al rinnovo della flotta del TPL nella città di Torino

A titolo di comparazione sono stati analizzati i dati della flotta bus della città di Firenze, altro interessante esempio di flotta con un'elevata percentuale di veicoli a metano. Il confronto tra i due casi di studio è stato effettuato nei riguardi delle emissioni medie al chilometro per veicolo medio.

Le emissioni complessive per il caso di Firenze sono relative alle percorrenze complessive, pari a 54.200 vett*km/giorno, e sono state calcolate ad una velocità media commerciale di 19 km/h.

Tecnologia veicolare	Numerosità mezzi
diesel euro 0	37
diesel euro I	25
diesel euro II	125
diesel euro III	31
diesel euro IV	55
metano	144
gpl	--
elettrico	26

Tabella: La flotta del TPL di Firenze nel 2006

Emissioni	NO_x	COV	PM₁₀	CO₂
Totali (kg*1000)	0,7040	0,1168	0,0257	57,92
Unitarie (kg/(vett* km))	0,0130	0,0022	0,0005	1,0686

Tabella: Emissioni complessive e unitarie per veicolo medio della flotta di Firenze

Il confronto tra le due flotte premia decisamente la città di Firenze grazie soprattutto ad una maggiore presenza di mezzi a metano: 32,5% contro il 18,9% di Torino.

Emissioni unitarie (kg/(vett* km))	NO_x	COV	PM₁₀	CO₂
Torino	0,0154	0,0022	0,0006	1,1450
Firenze	0,0130	0,0022	0,0005	1,0686

Tabella: Confronto tra le emissioni unitarie per veicolo medio di Torino e di Firenze

5.3 Il trasporto merci in ambito urbano

Per quanto riguarda il trasporto e la distribuzione delle merci in ambito urbano²⁹, è stata simulata l'esperienza dell'EcoPorto della città di Ferrara³⁰, una vera e propria piattaforma logistica ubicata all'esterno della città, in prossimità del casello autostradale. Qui convergono i mezzi pesanti, i cui carichi sono poi compattati su veicoli di minori dimensioni che svolgono il servizio di consegna in area urbana.

Le simulazioni sono state condotte allo scopo di confrontare due scenari, uno relativo all'anno 2000 e un secondo riferito all'anno 2006.

Con riferimento all'anno 2000, i mezzi utilizzati per la consegna delle merci erano 34 tutti alimentati a gasolio, con un totale di percorrenze annue pari a 1.204.432 chilometri. A partire dall'anno 2002 il parco è stato notevolmente rinnovato con l'acquisizione di veicoli a metano che hanno sostituito il 70% circa della flotta esistente. Al 2006 i veicoli in consegna ogni giorno risultano 33 per un totale di 1.365.011 chilometri percorsi.

L'ipotesi di partenza è di considerare tutti i veicoli per trasporto merci dell'EcoPorto come veicoli merci leggeri (LDV), sebbene parte della flotta circolante sia costituita da veicoli merci pesanti. Tale ipotesi, già assunta nel citato studio CRF-ENEA, deriva dalla mancanza di sufficienti informazioni in merito ai fattori di emissione.

²⁹ Negli ultimi anni le città vivono due fenomeni apparentemente contrastanti: la necessità di mantenere le attività commerciali all'interno del centro urbano, in risposta all'offerta competitiva di grandi esercizi commerciali localizzati nelle periferie, e il bisogno di ridurre in tali centri l'inquinamento atmosferico e acustico e la congestione da traffico. L'organizzazione della distribuzione delle merci nelle città gioca dunque un ruolo fondamentale nella pianificazione urbana del trasporto e il suo contributo alla diminuzione delle pressioni ambientali è molto alto. Elaborazioni APAT su dati ACI indicano che il parco veicoli commerciali rappresenta circa il 10% del parco veicoli nazionale. Di questi l'83,5% è costituito da veicoli leggeri e il 45% supera i 10 anni di età [Fonte: I Rapporto APAT, 2004].

³⁰ L'EcoPorto è gestito dalla società CoopSer, azienda che si occupa di movimentazione delle merci e di logistica industriale, che si ringrazia per la fornitura dei dati e delle informazioni utili al presente studio.

Il primo scenario, riguardante l'anno 2000, è caratterizzato da percorrenze complessive pari a 1.204.432 veicoli*km/anno, così ripartite³¹:

- o LDV Euro 0 diesel 60,38%
- o LDV Euro 1 diesel 9,24%
- o LDV Euro 2 diesel 30,38%

Lo scenario del 2006, caratterizzato da percorrenze complessive pari a 1.365.011 veicoli*km/anno, presenta una percentuale rilevante di mezzi alimentati a metano ed una presenza di veicoli alimentati a gasolio di nuova generazione. In questo caso le percorrenze complessive sono così distribuite:

- o LDV Euro 0 diesel 8,73%
- o LDV Euro 1 diesel 6,91%
- o LDV Euro 2 diesel 16,11%
- o LDV Euro 3 diesel 10,73%
- o LDV Euro 4 diesel 2,2%
- o LDV metano 55,32%

Si noti l'aumento di percorrenze tra l'anno 2000 e l'anno 2006, pari a 160.579 veicoli*km (+13,3%). Nonostante ciò si stima una generalizzata riduzione degli inquinanti emessi, come riassunto nella seguente tabella, fatta eccezione che per il biossido di carbonio il cui aumento è però in parte imputabile all'aumento delle percorrenze complessive e in parte al maggiore fattore di emissione dei veicoli a metano rispetto ai veicoli a benzina e gasolio.

³¹ Tali percentuali sono state ricavate prendendo in considerazione l'età dei veicoli ed il loro chilometraggio, considerando la somma dei chilometri dei veicoli appartenenti ad una specifica tecnologia veicolare rapportata al totale dei chilometri percorsi dall'intera flotta.

Scenario	NO _x	COV	PM ₁₀	CO ₂
Anno 2000 (kg)	1903,00	434,80	325,30	339.800,00
Anno 2006 (kg)	984,80	274,50	172,00	426.800,00
Variazione %	-48,25	-36,87	-47,13	+25,60

Tabella: Confronto tra le emissioni all'anno 2000 e quelle all'anno 2006 della flotta di veicoli merci relativa all'EcoPorto di Ferrara

La riduzione delle emissioni inquinanti è attribuibile soprattutto alla sostituzione di una significativa quota di veicoli diesel convenzionali con veicoli a metano e soltanto in parte al rinnovo di alcuni altri veicoli diesel con veicoli diesel di nuove tecnologie.

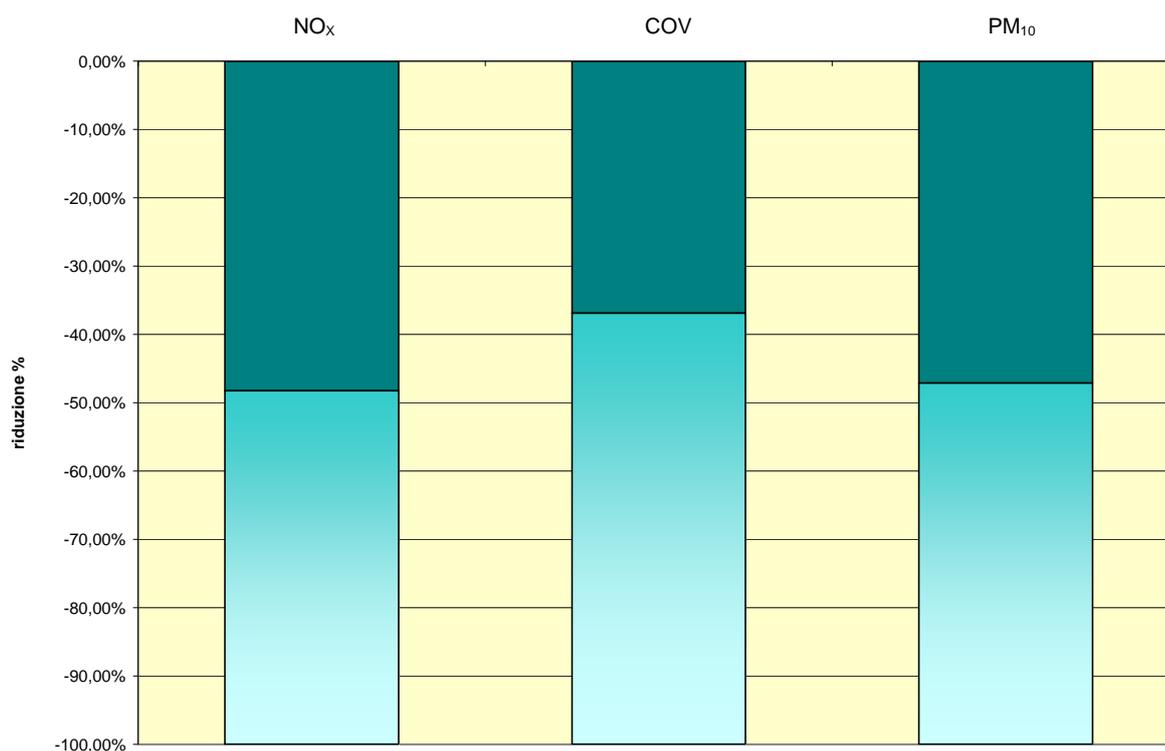


Figura 7: Riduzione percentuale delle emissioni in seguito al rinnovo della flotta dell'EcoPorto della città di Ferrara

Conclusioni

(a cura di Ivo Allegrini – Direttore Istituto sull’Inquinamento Atmosferico del CNR)

L’esame del documento sullo studio dei benefici ambientali del metano per autotrazione sollecita una serie di importanti riflessioni sullo scenario presente e futuro della tutela dell’ambiente atmosferico compatibilmente con i problemi di carattere sociale ed economico del Paese. I problemi ambientali relativi all’inquinamento atmosferico ne sollecitano una soluzione quasi immediata in termini di riduzione delle emissioni. La qualità e la quantità delle sostanze inquinanti, coinvolte nel processo di degradazione dell’ambiente atmosferico, sono molto differenziate e, per molti aspetti, di non semplice interpretazione. L’inquinamento atmosferico spazia dai microambienti come quello relativo agli ambienti di vita (case, uffici, etc.) fino ad interessare l’intero pianeta con l’effetto serra ed i relativi cambiamenti climatici. Le fonti tradizionali di inquinamento immettono nell’atmosfera sostanze molto significative per l’impatto che esse possono avere sulla salute, tra queste il particolato è forse l’elemento inquinante che suscita la maggiore preoccupazione ai responsabili della tutela della salute pubblica e che sistematicamente supera i valori di concentrazione limite nella maggior parte dei centri urbani del Paese. Le sorgenti di emissione degli inquinanti sono assimilabili a grandi gruppi quali traffico, industria, consumi civili e così via. Tutte queste sorgenti sono direttamente o indirettamente parte integrante delle attività della società moderna e non è, quindi, possibile pensare di annullarle senza causare notevoli gravi danni economici. Tali danni si rifletterebbero in modo negativo sulla qualità della vita vanificando l’effetto pur positivo di una riduzione o di un annullamento delle emissioni di inquinanti stesse.

È dunque evidente che nella prospettiva di lungo termine queste fonti di emissione necessitano di essere ridotte al minimo, non soltanto per ottemperare a finalità legislative, ma anche per ridurre al minimo il rischio aggiuntivo di mortalità o morbilità causato da processi di inquinamento atmosferico. L’utilizzazione di energia rinnovabile, già perseguita dalla quasi totalità dei paesi sviluppati, può essere una risposta alla domanda sempre crescente di energia da parte del sistema produttivo e da parte della società. Nuovi sistemi di autotrazione come quella elettrica o quella basata sull’idrogeno sono in grado di limitare al massimo le emissioni nel comparto dei trasporti.

Analogamente, l'energia solare o l'utilizzazione di biomasse appaiono importanti possibilità per la produzione sostenibile di energia elettrica. Comunque questi sviluppi potranno portare a risultati pratici di una certa consistenza soltanto in un orizzonte temporale molto ampio, valutabile in non meno di qualche quinquennio.

È quindi necessario iniziare a ragionare in termini di adozione di provvedimenti che possono portare ad una immediata riduzione delle fonti di emissione anche in assenza di adeguati sviluppi in queste nuove tecnologie ove viene ora indirizzata la massima parte delle risorse di ricerca scientifica e tecnologica. Proprio in questo contesto, il metano può giocare un ruolo fondamentale. Infatti, le sue emissioni in termini di gas serra, in termini di particolato ed in termini di altri inquinanti che possono esercitare un effetto negativo sulla salute e sull'ambiente, sono molto più basse di quelle conseguenti all'utilizzazione di combustibili più tradizionali. Tenendo anche presente che la sua disponibilità, pur non essendo infinita come d'altronde tutte le risorse di questo pianeta, è sufficientemente ampia e può essere accresciuta attraverso l'entrata in servizio di rigassificatori che evitano il trasporto su metanodotti non solo molto costosi ma anche vulnerabili da un punto di vista politico. La disponibilità della risorsa metano è inoltre sufficientemente distribuita anche in paesi affidabili e politicamente molto stabili.

Dunque i vantaggi di disponibilità, di prestazioni ambientali e di costo fanno del metano probabilmente l'unico candidato che può seriamente occupare una posizione di primo ordine nel processo "ponte" di riconversione da energie tradizionali a energie completamente pulite e quindi ad emissione nulla. Indubbiamente, la soluzione ponte implica infrastrutture e le decisioni forse non semplici da accettare sia per le amministrazioni centrali e periferiche sia per gli abitanti dei luoghi interessati alle stesse. E' evidente comunque che il passaggio nel mondo del metano costituisce una delle poche opzioni serie che possono essere prese in considerazione da amministratori che hanno nei loro obiettivi la vera tutela dell'ambiente e della salute della popolazione e non soltanto la necessità di gestire risorse ed opportunità che nulla hanno a che vedere con i gravi problemi che oggi affliggono la società moderna.

APPENDICE

Tabelle e Mappe

Tabella 1: Dati socio-territoriali e trasportistici relativi a tutte le Province italiane

PROVINCIA	distr/sup*1000	veh_met/veh*100	distr/veh*10^6	distr/veh_met*1000	veh/ab	veh/sup	ab/sup
AGRIGENTO	0,66	0,12	8,10	6,73	0,54	81,21	150,25
ALESSANDRIA	1,69	0,71	22,56	3,18	0,62	74,71	121,15
ANCONA	12,89	7,45	87,66	1,18	0,61	147,00	239,38
AREZZO	3,40	2,55	50,82	2,00	0,65	66,91	103,70
ASCOLI PICENO	6,23	5,32	53,49	1,00	0,64	116,40	182,33
ASTI	0,66	0,33	7,47	2,29	0,62	88,56	141,78
AVELLINO	1,07	0,41	12,70	3,13	0,54	84,62	156,69
BARI	3,50	1,19	22,36	1,89	0,50	156,70	310,48
BELLUNO	0,54	0,15	16,25	11,05	0,58	33,46	57,70
BENEVENTO	1,45	0,80	18,61	2,31	0,56	77,84	139,67
BERGAMO	1,47	0,44	6,87	1,56	0,56	213,76	379,69
BIELLA	1,09	0,03	7,97	24,39	0,67	137,32	205,34
BOLOGNA	5,13	4,40	34,04	0,77	0,59	150,76	256,53
BOLZANO	0,95	0,15	28,21	18,72	0,51	33,53	65,22
BRESCIA	2,93	0,42	20,31	4,83	0,58	144,08	247,13
BRINDISI	0,54	0,57	4,46	0,79	0,56	121,87	219,51
CALTANISSETTA	0,47	0,26	6,87	2,61	0,53	68,51	128,97
CAMPORBASSO	1,03	1,64	23,17	1,42	0,56	44,50	79,53
CASERTA	1,89	0,45	10,06	2,25	0,56	188,27	335,97
CATANIA	1,41	0,15	7,43	5,10	0,63	189,54	302,81
CHIETI	1,55	0,62	17,31	2,81	0,59	89,30	151,24
COSENZA	0,30	0,11	5,02	4,74	0,55	59,92	109,83
CREMONA	2,82	0,86	25,24	2,92	0,57	111,88	196,76
CUNEO	0,14	0,07	2,77	4,15	0,63	52,37	82,84
FERRARA	6,08	5,17	74,30	1,44	0,61	81,85	133,58
FIRENZE	3,41	1,13	19,24	1,71	0,64	177,49	275,29
FOGGIA	1,11	2,26	25,07	1,11	0,47	44,38	95,14
FORLI' - CESENA	3,79	4,38	39,14	0,89	0,61	96,75	157,64
FROSINONE	0,62	0,11	6,46	5,63	0,63	95,47	151,46
GENOVA	1,09	0,40	4,67	1,18	0,48	233,06	484,57
GROSSETO	0,44	1,13	14,81	1,31	0,62	29,99	48,73
LA SPEZIA	2,27	1,00	17,18	1,71	0,53	132,19	249,40
L'AQUILA	0,79	0,75	21,60	2,89	0,61	36,79	60,60
LATINA	2,22	0,41	15,71	3,81	0,61	141,41	233,07
LECCE	1,09	0,41	6,63	1,62	0,56	164,08	292,61

(segue)

LIVORNO	5,78	0,80	36,66	4,60	0,57	157,63	277,48
LODI	2,56	0,54	16,78	3,11	0,56	152,34	271,00
LUCCA	3,95	1,41	29,73	2,11	0,62	132,82	214,48
MACERATA	6,13	10,02	86,22	0,86	0,63	71,08	113,59
MANTOVA	1,71	0,96	16,88	1,75	0,60	101,34	168,34
MASSA CARRARA	1,73	1,67	17,62	1,06	0,57	98,14	173,65
MATERA	0,29	0,56	9,18	1,63	0,53	31,60	59,20
MILANO	8,57	0,16	7,53	4,58	0,58	1138,16	1949,74
MODENA	4,46	2,48	28,55	1,15	0,63	156,34	247,47
NAPOLI	16,22	0,38	11,18	2,93	0,55	1451,00	2635,59
NOVARA	2,24	0,23	13,53	5,92	0,62	165,62	265,43
PADOVA	7,94	1,54	32,05	2,09	0,60	247,71	415,95
PALERMO	0,20	0,05	1,48	2,70	0,55	135,80	248,35
PARMA	3,48	6,84	47,15	0,69	0,61	73,79	120,84
PAVIA	1,69	0,53	16,25	3,07	0,60	103,79	173,92
PERUGIA	2,53	3,02	37,73	1,25	0,66	66,96	101,09
PESARO	3,80	4,44	48,94	1,10	0,61	77,70	127,46
PESCARA	2,45	0,90	16,68	1,85	0,58	146,84	253,09
PIACENZA	1,54	2,51	24,14	0,96	0,60	63,99	106,53
PISA	2,86	1,59	28,25	1,78	0,62	101,36	162,33
PISTOIA	4,15	1,22	22,96	1,88	0,62	180,52	289,19
PORDENONE	0,88	0,36	10,66	2,95	0,62	82,50	132,07
POTENZA	0,31	0,32	9,48	2,96	0,54	32,22	59,57
PRATO	8,21	0,82	20,04	2,44	0,62	409,77	663,90
RAGUSA	1,86	0,16	16,19	10,42	0,60	114,82	190,89
RAVENNA	4,84	6,93	37,78	0,55	0,64	128,18	198,78
REGGIO CALABRIA	0,31	0,06	3,20	5,10	0,55	98,08	177,66
REGGIO EMILIA	4,80	3,84	36,25	0,94	0,61	132,35	215,54
RIETI	0,36	0,42	10,29	2,47	0,63	35,36	56,16
RIMINI	7,49	2,95	22,24	0,75	0,62	336,85	543,13
ROMA	3,36	0,08	6,80	8,11	0,69	494,29	716,01
ROVIGO	8,94	7,04	110,26	1,57	0,59	81,07	136,74
SALERNO	2,03	0,38	16,80	4,37	0,55	121,07	221,85
SAVONA	1,94	0,68	18,79	2,74	0,57	103,37	182,91
SIENA	1,57	1,30	34,70	2,67	0,66	45,25	68,54
SIRACUSA	0,95	0,07	8,54	12,27	0,59	111,03	188,89
TARANTO	1,23	0,34	9,85	2,91	0,52	125,04	238,31
TERAMO	2,05	1,75	21,55	1,23	0,62	95,32	153,41
TERNI	1,89	1,89	27,13	1,43	0,65	69,48	107,24

(segue)

TORINO	2,49	0,22	12,30	5,61	0,62	202,29	328,36
TRENTO	0,48	0,30	10,63	3,59	0,56	45,49	80,95
TREVISO	4,04	0,80	19,43	2,44	0,61	207,83	342,94
UDINE	0,41	0,09	6,05	6,41	0,62	67,43	108,01
VARESE	1,67	0,14	3,80	2,81	0,62	438,58	707,93
VENEZIA	3,25	0,78	18,62	2,38	0,52	174,54	338,13
VERCELLI	0,48	0,10	8,76	8,77	0,64	54,65	84,78
VERONA	6,41	2,24	37,73	1,68	0,61	169,85	278,81
VICENZA	2,57	0,57	13,75	2,40	0,61	187,04	308,05
VITERBO	0,55	0,08	10,03	12,12	0,66	55,21	83,76
AOSTA	0,00	0,10	0,00	0,00	1,06	40,44	37,99
CAGLIARI	0,00	0,03	0,00	0,00	0,55	60,90	111,53
CATANZARO	0,00	0,03	0,00	0,00	0,54	83,13	153,73
COMO	0,00	0,04	0,00	0,00	0,60	266,12	440,08
CROTONE	0,00	0,09	0,00	0,00	0,51	50,86	100,42
ENNA	0,00	0,05	0,00	0,00	0,53	35,86	68,00
GORIZIA	0,00	0,05	0,00	0,00	0,62	188,55	302,98
IMPERIA	0,00	0,04	0,00	0,00	0,55	102,72	187,73
ISERNIA	0,00	0,10	0,00	0,00	0,60	35,08	58,59
LECCO	0,00	0,04	0,00	0,00	0,59	234,73	398,25
MESSINA	0,00	0,04	0,00	0,00	0,57	114,13	201,90
NUORO	0,00	0,04	0,00	0,00	0,55	20,50	37,31
ORISTANO	0,00	0,03	0,00	0,00	0,53	31,28	58,52
SASSARI	0,00	0,02	0,00	0,00	0,58	36,02	62,48
SONDRIO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,56	31,39	55,97
TRAPANI	0,00	0,08	0,00	0,00	0,58	101,96	176,59
TRIESTE	0,00	0,03	0,00	0,00	0,54	604,14	1119,11
VERBANIA-CUSIO-OSSOLA	0,00	0,02	0,00	0,00	0,61	43,77	71,65
VIBO VALENTIA	0,00	0,08	0,00	0,00	0,54	79,86	147,86

Tabella 2: Dati socio-territoriali e trasportistici relativi alle 12 Province più metanizzate (Disaggregazione per Comune e Area vasta)

Provincia	Totale veh	Veh_metano	% metano	popolazione	superficie	n° distr	distr/sup*1000	veh/ab	veh/sup	ab/sup
PERUGIA	424.120	12.803	3,02	640.323	6334,09	16	2,53	0,66	66,96	101,09
REGGIO EMILIA	303.462	11.653	3,84	494.212	2292,89	11	4,80	0,61	132,35	215,54
FORLI' - CESENA	229.955	10.073	4,38	374.678	2376,8	9	3,79	0,61	96,75	157,64
BOLOGNA	558.211	24.548	4,40	949.825	3702,53	19	5,13	0,59	150,76	256,53
PESARO	224.743	9.981	4,44	368.669	2892,41	11	3,80	0,61	77,70	127,46
FERRARA	215348	11137	5,17	351.452	2631,12	16	6,08	0,61	81,85	133,58
ASCOLI PICENO	243022	12938	5,32	380.648	2087,74	13	6,23	0,64	116,40	182,33
PARMA	254527	17399	6,84	416.803	3449,32	12	3,48	0,61	73,79	120,84
RAVENNA	238215	16505	6,93	369.427	1858,49	9	4,84	0,64	128,18	198,78
ROVIGO	145115	10223	7,04	244.752	1789,93	16	8,94	0,59	81,07	136,74
ANCONA	285194	21252	7,45	464.427	1940,16	25	12,89	0,61	147,00	239,38
MACERATA	197167	19755	10,02	315.065	2773,75	17	6,13	0,63	71,08	113,59
Comune	Totale veh	Veh_metano	% metano	popolazione	superficie	n° distr	distr/sup*1000	veh/ab	veh/sup	ab/sup
PERUGIA	111.414	2.218	2,0	157.842	449,00	3	6,68	0,71	248,14	351,54
REGGIO EMILIA	99.721	4.984	5,0	155.191	231,56	5	21,59	0,64	430,65	670,20
FORLI' - CESENA	129220	5.722	4,4	204.993	477,62	2	4,19	0,63	270,55	429,20
BOLOGNA	204.177	5.750	2,8	374.425	140,7	3	21,32	0,55	1450,84	2660,60
PESARO	58.157	1.354	2,3	107.424	354,5	1	2,82	0,54	164,06	303,04
FERRARA	82.678	3.631	4,4	131.907	404,0	3	7,43	0,63	204,65	326,50
ASCOLI PICENO	33.467	824	2,5	51.829	160,5	1	6,23	0,65	208,52	322,93
PARMA	106.864	6.170	5,8	174.471	260,0	4	15,38	0,61	411,02	671,04
RAVENNA	96.559	6.617	6,9	146.989	652,0	4	6,13	0,66	148,10	225,44
ROVIGO	31.822	1.676	5,3	50.883	108,55	3	27,64	0,63	293,17	468,77
ANCONA	62.771	3.234	5,2	101.797	123,72	4	32,33	0,62	507,38	822,83
MACERATA	27.663	3.354	12,1	42.361	92,73	2	21,57	0,65	298,32	456,83
Area Vasta	Totale veh	Veh_metano	% metano	popolazione	superficie	n° distr	distr/sup*1000	veh/ab	veh/sup	ab/sup
PERUGIA	312.706	10.585	3,4	482.481	5885,09	13	2,21	0,65	53,14	81,98
REGGIO EMILIA	203.741	6.669	3,3	339.021	2061,33	6	2,91	0,60	98,84	164,47
FORLI' - CESENA	100.735	4.351	4,3	169.685	1899,18	7	3,69	0,59	53,04	89,35
BOLOGNA	354.034	18.798	5,3	575.400	3561,80	16	4,49	0,62	99,40	161,55
PESARO	166.586	8.627	5,2	261.245	2537,92	10	3,94	0,64	65,64	102,94
FERRARA	132.670	7.506	5,7	219.545	2227,12	13	5,84	0,60	59,57	98,58
ASCOLI PICENO	209.555	12.114	5,8	328.819	1927,24	12	6,23	0,64	108,73	170,62
PARMA	147.663	11.229	7,6	242.332	3189,32	8	2,51	0,61	46,30	75,98
RAVENNA	141.656	9.888	7,0	222.438	1206,49	5	4,14	0,64	117,41	184,37
ROVIGO	113.293	8.547	7,5	193.869	1681,38	13	7,73	0,58	67,38	115,30
ANCONA	222.423	18.018	8,1	362.630	1816,44	21	11,56	0,61	122,45	199,64
MACERATA	169.504	16.401	9,7	272.704	2681,02	15	5,59	0,62	63,22	101,72

MAPPA 2: DENSITA' DEGLI IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE DEL METANO NELLE PROVINCE ITALIANE



Bibliografia

Ambrosini G., Bertuccio L., Messina G., Valenti G., An evaluation framework for integrated traffic planning and control policies aimed at reducing energy consumption and environmental impact, 2nd Rebuild Conference: The city of tomorrow, Florence, April 1998.

APAT, Qualità dell'ambiente urbano – I Rapporto, Roma, 2004.

ATM S.p.A., Indagine sulla mobilità delle persone e sulla qualità dei trasporti nella Provincia di Torino, Torino, 2004.

Atzori A.M., Bertuccio L., Giannone G., Parenti A., Benefici ambientali del GPL per autotrazione: analisi tecnica di politiche integrate, EUROMOBILITY-C.N.R. (Istituto Inquinamento Atmosferico), Roma, 2002.

Bertoni G., Tappa R., Allegrini I., Assessment of a new passive device for the monitoring of benzene and other volatile aromatic compounds in the atmosphere, Annali di Chimica, vol. 90, pp 249-263, Rome, 2000.

Bertuccio L., Parenti A., Parmagnani F., GPL per autotrazione e PM₁₀: i vantaggi, EUROMOBILITY – C.N.R. (Istituto Inquinamento Atmosferico), Roma, 2006.

Biondi F., Bertuccio L., Il controllo delle reti urbane in funzione della qualità dell'aria - Atti di "Trasporti n. 11", Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Giugno 1994.

CONCAWE, The influence of gasoline benzene and aromatics content on benzene exhaust emissions from non catalyst and catalyst equipped cars. A study of European Data. Report n. 96/51, CONCAWE, Brussels, January 1997.

CORINAIR, European Inventory of emissions of pollutants into the atmosphere, Commission of the European Communities, Brussels, March 1988.

EMEP/CORINAIR, Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2nd edition, European Environment Agency, Copenhagen, September 1999.

ENI, O&G World Oil and Gas Review, Roma, 2007.

Joumard R., Transport and air pollution, 9th Symposium, INRETS, Avignon, June 2000.

Marinelli E., Negrenti E., Parenti A., Di Giampaolo S., Volpe C., Implementazione del codice di calcolo di consumo ed emissione da traffico "TEE MOD1" nell'ambito del progetto europeo DG XII ESTEEM, Documento ENEA RTI/ERG/SIRE/TRAMO/97/27.

MEET (Methodologies for estimating air pollutant Emission from Transport), Task 1.7: Alternative fuels – Deliverable No. 12, Progetto europeo finanziato nell'ambito del IV Programma Quadro, European Commission, July, 1997.

Melendez M., Taylor J., Zuboy J., Wayne W.S., Smith D., Emission testing of Washington metropolitan area transit authority (WMATA) natural gas and diesel transit buses, NREL, December 2005.

Negrenti E., Parenti A., Impatto delle flotte urbane a metano e della fluidificazione del traffico per il miglioramento della qualità dell'aria, ENEA-SIRE – ASTRAN, Roma, 2001.

Ntziachristos L., Samaras Z., COPERT III - Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport – Methodology and Emission Factors, Final Draft Report, European Topic Centre on Air Emissions, Thessaloniki, June 2001.

Sitografia

www.prezzibenzina.it

www.minindustria.it

www.federmetano.it

www.aci.it

www.istat.it