Premessa

Il problema dell'inquinamento atmosferico nei grandi centri urbani costituisce attualmente uno dei più rilevanti aspetti del degrado ambientale causato dalle attività umane. Gli effetti di questo tipo di inquinamento sono stati ben documentati e provocano ogni anno moltissimi decessi a causa delle patologie a carico del sistema respiratorio, aggravando situazioni morbose già conclamate, oppure causando direttamente patologie che possono essere anche molto gravi. In particolare, questi studi hanno dimostrato che la massima attenzione deve essere data all'inquinamento da poveri sottili (PM10, PM2,5 e perfino al particolato di piccole dimensione o nanoparticolato).

Specialmente nei Paesi più avanzati sono stati quindi sviluppati piani per la possibile riduzione degli effetti dell'inquinamento atmosferico, riducendo l'apporto delle emissioni provocate da traffico veicolare. Lo sviluppo tecnologico dei carburanti e dei propulsori hanno fornito un notevole contributo alla riduzione dei livelli di inquinamento, anche se, molto spesso, tali riduzioni sono state bilanciate dall'aumento del numero complessivo di auto circolanti, vanificando così importanti risultati tecnologici. D'altra parte, il problema dell'approvvigionamento energetico, anche per autotrazione, ha contribuito a rendere ancor più precario un equilibrio ambientale già di per se abbastanza critico. Dunque, la necessità di diversificare le sorgenti di energia e di ridurre al minimo le emissioni di inquinanti ha portato a considerare l'impiego di combustibili alternativi che fossero in grado di fornire un contributo, anche minimo, alla soluzione del problema.

L'impiego del GPL si colloca pienamente in questa filosofia in quanto esso presenta indiscussi vantaggi sia economici che ambientali rispetto a combustibili più tradizionali. L'impiego del GPL non è nuovo in campo motoristico, ma solo recentemente, grazie all'avanzamento tecnologico dei motori e dei catalizzatori per il trattamento delle emissioni, si è posto nuovamente all'attenzione nell'impiego come carburante alternativo, sicuramente in grado di occupare una parte di mercato destinata altrimenti ad essere occupata da Diesel che, per loro natura, sono caratterizzati da fattori di emissione più elevati, specialmente per il particolato primario. Questa pubblicazione intende appunto valutare i vantaggi del GPL e fornire le informazioni di base affinché i piani di risanamento possano considerare adeguatamente questo strumento per la riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico e per il miglioramento della qualità dell'aria nelle aree urbane.

Ivo Allegrini
Direttore Istituto sull'Inquinamento
Atmosferico del CNR

Autori

Supervisione
Ivo Allegrini - Direttore Istituto sull'Inquinamento Atmosferico del CNR

Coordinamento scientifico
Lorenzo Bertuccio - Direttore Scientifico Euromobility

Gruppo di lavoro
Antonio Parenti
Federica Parmagnani

Si ringraziano
ASSTRA - Associazione Trasporti
Comune di Parma

INDICE

1 Introduzione **5**

2 La metodologia dello studio **7**

3 Le prestazioni del GPL **9**

4 Le prestazioni del GPL: confronti con Benzina e Gasolio a parità di tecnologia **11**

5 Differenze tra autoveicoli alimentati a GPL e veicoli alimentati a Gasolio di diverse tecnologie **19**

5.1 Ossidi di Azoto (NOx) 19

5.2 Composti Organici Volatili (COV) 21

6 Emissioni inquinanti da autobus **25**

7 Casi di studio reale **27**

7.1 Caso urbano 27

7.2 Caso aziendale (Flotta TPL) 29

Conclusioni **31**

Bibliografia **33**

1 Introduzione

Anche nel 2006 il PM10 si conferma come una seria minaccia per la salute. Come nel 2005, già nei primi giorni di febbraio alcune città italiane hanno registrato per più di 35 giorni (il limite concesso dalla normativa) un valore superiore a 50 milionesimi di grammo per ogni metro cubo di aria. E ciò nonostante le targhe alterne, i blocchi parziali o totali della circolazione e gli interventi messi in campo dagli amministratori.

Gli interventi di razionalizzazione della mobilità urbana di passeggeri e merci possono assumere una grande importanza per il contenimento delle concentrazioni di PM10, specialmente se integrati tra loro, in quanto l'effetto complessivo delle diverse azioni può risultare superiore al risultato ottenuto dai singoli interventi, adottati a carattere episodico o permanente, le cui percentuali di riduzione attesa delle emissioni inquinanti sono da ritenersi trascurabili.

Tra le differenti misure di intervento, quelle di sostegno a carburanti alternativi, sono senza dubbio da annoverare come misure non emergenziali, in grado di incidere più efficacemente sulle emissioni da traffico.

Il presente studio sui benefici ambientali del GPL come carburante per autotrazione si pone quale aggiornamento dello studio condotto nel 2003 che portò alla pubblicazione del volume "Benefici ambientali del GPL per autotrazione: analisi tecnica di politiche integrate"; patrocinato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, condotto sempre da Euromobility e l'Istituto sull'Inquinamento atmosferico del CNR.

I risultati del presente studio mettono in evidenza le prestazioni del combustibile GPL rispetto ai combustibili tradizionali (Benzina e Gasolio), con particolare riferimento al PM10 e agli inquinanti suoi principali precursori (COV, NOx ed Ammoniaca).

Il confronto con i combustibili tradizionali riguarda gli autoveicoli, sia singolarmente, cioè tipo di veicolo per tipo di veicolo, sia relativamente ad un caso reale urbano, quello di Parma, in cui è stato preso in considerazione l'intero parco veicolare e le relative percorrenze.

Lo studio, partendo da una panoramica delle funzioni di emissione per veicoli alimentati a GPL disponibili a livello internazionale, e da un'analisi delle differenze rispetto alle emissioni dei veicoli di uguale tecnologia ma

alimentati a Gasolio e Benzina, stima le variazioni delle emissioni di uno scenario di maggiore penetrazione del GPL.

Le categorie veicolari prese in considerazione sono le seguenti:

- Autoveicoli rispondenti alle normative Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV
- Autobus rispondenti alle normative Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV

Sono stati presi in considerazione, oltre alle emissione con motore caldo ('hot emissions'), anche i fattori correttivi dovuti al 'motore freddo'.

I risultati delle simulazioni condotte con modelli di calcolo appropriati evidenziano il beneficio ambientale ottenibile con l'introduzione di veicoli alimentati a GPL in luogo di veicoli alimentati con combustibili tradizionali.

Tale beneficio è emerso anche da altri approfondimenti scientifici internazionali. Secondo il rapporto INTEGARE[1], ad esempio, "L'uso di carburanti gassosi come il GPL permette significative riduzioni emissive per PM10, SO2 ed NOx rispetto alle emissioni prodotte da veicoli Diesel. I più grandi benefici si ottengono rispetto all'alimentazione Diesel. Questi benefici ambientali sono minori se si confronta l'alimentazione GPL con la Benzina. Oltre ai benefici in termini di qualità dell'aria usando carburanti gassosi si produce meno rumore rispetto alle alimentazioni Diesel o Benzina".

[1] INTEGAIRE (Integrated Urban Governance and Air Quality Management in Europe) - case study submission form - http://www.integaire.org/indexuk.html.

2 La metodologia dello studio

Le funzioni di emissione relative alle categorie veicolari ed agli inquinanti selezionati per il corrente studio sono state ricavate dai documenti metodologici e dai programmi di calcolo disponibili a livello internazionale e considerati come standard da utilizzare per gli inventari emissivi, quali il Programma CORINAIR[2], il programma di calcolo denominato COPERT[3], il Progetto Europeo MEET[4]. Le funzioni di emissione ricavate sono relative a veicoli in buono stato di manutenzione.

I fattori di correzione per le emissioni contribuiscono alla corretta stima delle emissioni inquinanti fornendo degli aggiustamenti (dipendenti dalla tecnologia veicolare e dall'inquinante considerato) che tengono conto delle reali condizioni operative del veicolo sotto analisi. La letteratura internazionale, inoltre, fornisce dati relativi ai seguenti fattori di correzione:

- correzione per veicoli con motore "freddo"
- correzione per pendenza del tratto stradale
- correzione per livello di manutenzione del veicolo
- correzione per età del veicolo.

Per ogni fattore correttivo si ottiene un coefficiente moltiplicativo da applicare all'emissione 'normale' del veicolo.

[2] Programma CORINAIR (CORINAIR, 1998; EMEP/CORINAIR, 1999). Il programma coinvolge un gruppo di lavoro europeo nella realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni prodotte da 11 Macrosettori, di cui uno relativo ai trasporti stradali. Lo sviluppo di tale Macrosettore ha portato alla definizione delle correlazioni di consumo ed emissione che dipendono dalla velocità media. La metodologia usata è la seguente: sono stati testati (su banco a rulli) i veicoli di differenti tecnologie, alimentazioni e stazza su un significativo set di cicli di guida standard (con differenti velocità medie) europei relativi alle diverse condizioni di traffico ed alle diverse tipologie di tratte stradali. I risultati sono stati correlati tra loro per ricavare una funzione (dipendente dall'inquinante analizzato) con un coefficiente di correlazione opportuno. Tale funzione esprime l'emissione di inquinante (espressa in g/Km) dipendente dalla velocità media di transito (espressa in Km/h). Le emissioni ed i consumi sono forniti per tutte le categorie veicolari definite dall'evoluzione delle normative di emissione. I principali inquinanti considerati sono: CO, COV, NOx, PST, CO2.

[3] Programma di calcolo denominato COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport). COPERT è fondato su una metodologia, proposta dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, per la valutazione delle emissioni da trasporto stradale nell'ambito del programma CORINAIR. Il software COPERT fornisce la stima delle emissioni e dei consumi attraverso correlazioni che dipendono dalla velocità media. Principale caratteristica di COPERT è l'utilizzo di un parco veicolare che comprende categorie veicolari di nuova tecnologia, quali i cosiddetti veicoli Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV soggetti a regolamenti legislativi europei di riduzione delle emissioni. Il modello considera, infatti, 105 categorie veicolari appartenenti (o previste) alla flotta veicolare circolante in Europa. Le emissioni totali prodotte dai veicoli stradali sono calcolate come somma di due diverse tipologie: le emissioni da combustione (emissioni a caldo o hot emission ed emissioni a freddo o cold-over emission) e le emissioni evaporative (giornaliere, hot-soak, running losses, diurnal).

[4] Progetto Europeo MEET: progetto finanziato dal IV programma quadro che produce una metodologia alternativa rispetto a CORINAIR e fornisce nuove correlazioni di emissione per veicoli presenti e futuri.

In letteratura si trovano funzioni di correzione per le percorrenze a freddo relative alle tipologie di veicoli prese in considerazione, mentre per gli altri fattori non si trovano dati che permettano di differenziare le diverse categorie veicolari alimentate con combustibili differenti. Pertanto, lo studio prende in considerazione solo l'impatto del motore freddo sulle emissioni.

Si riportano di seguito due tabelle riepilogative dei fattori di correzione per motore freddo relativi agli inquinanti NOx e COV:

Tabella 1: fattori di correzione per motore freddo relativi all'inquinante NOx

Ta	GPL	Benzina	Gasolio
5	0,95	1,71735	1,235
6	0,944	1,72482	1,222
7	0,938	1,73229	1,209
8	0,932	1,73976	1,196
9	0,926	1,74723	1,183
10	**0,92**	**1,7547**	**1,17**
11	0,914	1,76217	1,157
12	0,908	1,76964	1,144
13	0,902	1,77711	1,131
14	0,896	1,78458	1,118
15	0,89	1,79205	1,105
16	0,884	1,79952	1,092
17	0,878	1,80699	1,079

Ta	GPL	Benzina	Gasolio
18	0,872	1,81446	1,066
19	0,866	1,82193	1,053
20	0,86	1,8294	1,04
21	0,854	1,83687	1,027
22	0,848	1,84434	1,014
23	0,842	1,85181	1,001
24	0,836	1,85928	0,988
25	0,83	1,86675	0,975
26	0,824	1,87422	0,962
27	0,818	1,88169	0,949
28	0,812	1,88916	0,936
29	0,806	1,89663	0,923
30	0,8	1,9041	0,91

Tabella 2: fattori di correzione per motore freddo relativi all'inquinante COV

Ta	GPL	Benzina	Gasolio
5	1,94	9,114	2,65
6	1,88	8,907	2,56
7	1,82	8,7	2,47
8	1,76	8,493	2,38
9	1,7	8,286	2,29
10	**1,64**	**8,079**	**2,2**
11	1,58	7,872	2,11
12	1,52	7,665	2,02
13	1,46	7,458	1,93
14	1,4	7,251	1,84
15	1,34	7,044	1,75
16	1,28	6,837	1,66
17	1,22	6,63	1,57
18	1,16	6,423	1,48
19	1,1	6,216	1,39
20	1,04	6,009	1,3
21	0,98	5,802	1,21
22	0,92	5,595	1,12
23	0,86	5,388	1,03
24	0,8	5,181	0,94
25	0,74	4,974	0,85

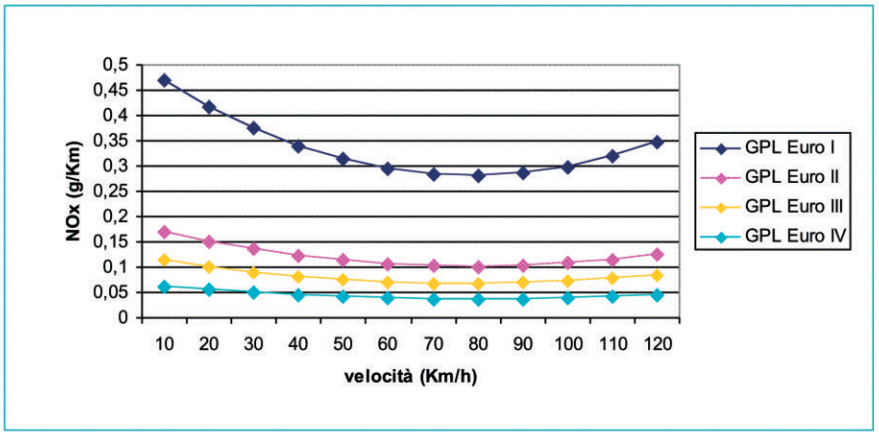
Nei capitoli successivi si applicano questi fattori di correzione alle emissioni a caldo per evidenziare come, in condizioni operative reali, le differenze di emissione siano maggiormente significative.

3 Le prestazioni del GPL

Si riassumono brevemente le prestazioni delle tecnologie autoveicolari con alimentazione a GPL per le diverse normative europee (da Euro I fino ad Euro IV), con riferimento agli inquinanti di interesse per lo studio.
È necessario chiarire che per i veicoli Euro I sono presenti in letteratura correlazioni di emissione mentre per i veicoli delle successive tecnologie sono disponibili solamente dei fattori correttivi (<1), dipendenti dal tipo di inquinante, che vengono applicati alla correlazione del veicolo Euro I.

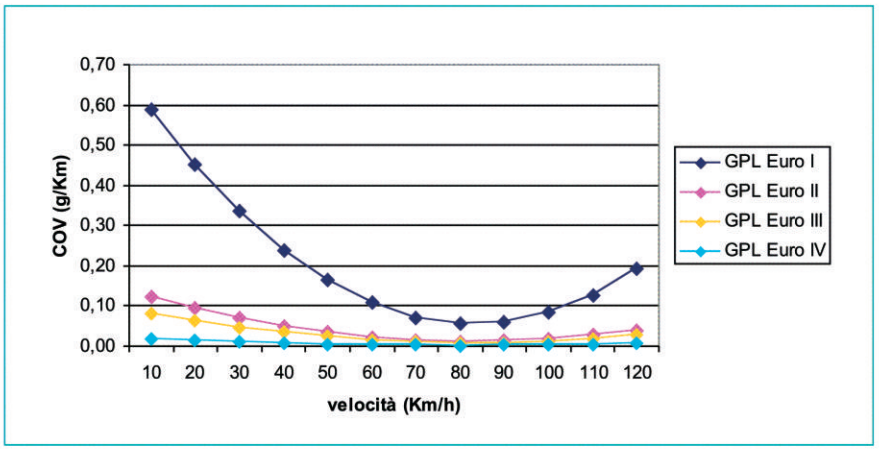
Il grafico 1 mostra l'andamento delle funzioni di emissione per l'inquinante NOx relative alle diverse normative europee di riferimento:

Grafico 1 - Emissioni di NOx da veicoli a GPL catalizzati



Il grafico 2 mostra l'andamento delle funzioni di emissione per l'inquinante COV relative alle diverse normative europee di riferimento:

Grafico 2 - Emissioni di COV da veicoli a GPL catalizzati



Per quanto riguarda le emissioni di PM10 e di Ammoniaca la letteratura internazionale non fornisce funzioni di emissione dettagliate, ma sono disponibili dati espressi in g/Km non dipendenti dalla velocità media di transito. Sia per il PM10 sia per l'Ammoniaca si ottiene un valore unico per tutte le tecnologie, rispettivamente uguale a **0,015 g/Km** e a **0,001 g/Km** per veicolo.

Si conferma quindi che, fatta eccezione per l'Ammoniaca e il PM10 primario per i quali non si hanno dati disaggregati, al miglioramento della tecnologia segue anche per il GPL una riduzione significativa delle emissioni di due importanti precursori del PM10, quali gli Ossidi di Azoto e i Composti Organici Volatili.

Tali dati sono confrontati nei capitoli successivi con quelli relativi alle equivalenti classi veicolari alimentate a Benzina ed a Gasolio.

4 Le prestazioni del GPL: confronti con Benzina e Gasolio a parità di tecnologia

Vengono di seguito esplicitate in grafici le varie funzioni di emissione, relative agli inquinanti sotto esame e per le differenti tecnologie.

I Grafici 3 - 6 mettono in evidenza in termini di NOx le differenze tra autoveicoli alimentati a GPL e autoveicoli alimentati a Benzina e a Gasolio per diverse tecnologie (da Euro I ad Euro IV).

Grafico 3 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli Euro I alimentati con diversi combustibili

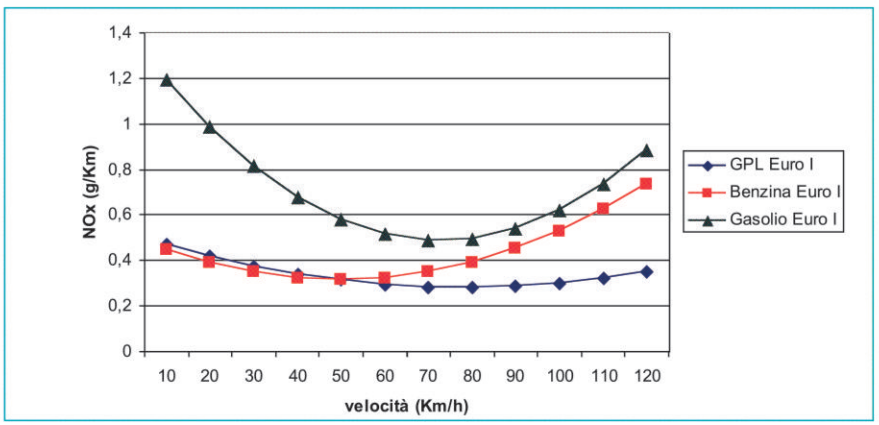
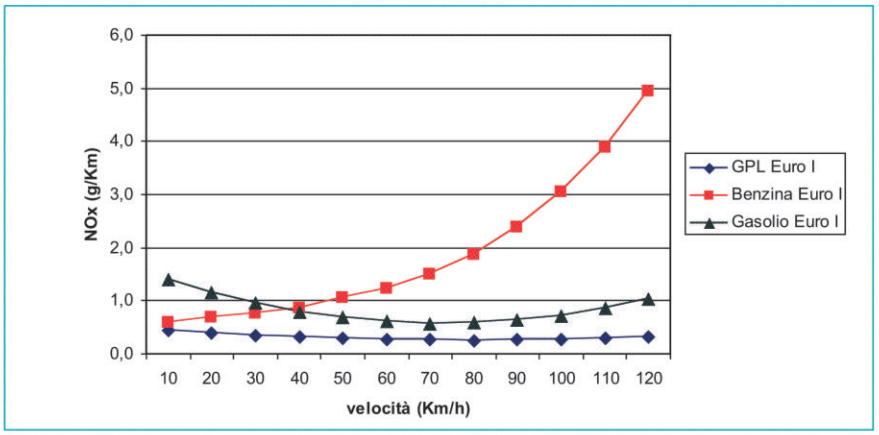


Grafico 3a - Emissione di NOx: confronto tra veicoli Euro I alimentati con diversi combustibili (caso reale motore a freddo)



Il confronto per gli Euro I (Grafico 3), mostra che il GPL produce emissioni di NOx sempre inferiori alla Benzina e al Gasolio, fatta eccezione che per velocità medie inferiori a 50 km/h, tipiche delle percorrenze in ambito urbano, per le quali il GPL mostrerebbe emissioni di poco superiori alla Benzina. Si osservi, tuttavia, che il funzionamento a freddo (Grafico 3A) premia il GPL anche in tale intervallo e quindi si può ragionevolmente affermare che in ambito urbano il GPL risulta emettere mediamente meno Ossidi di Azoto sia rispetto alla Benzina sia rispetto al Gasolio.

Grafico 4 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli Euro II alimentati con diversi combustibili

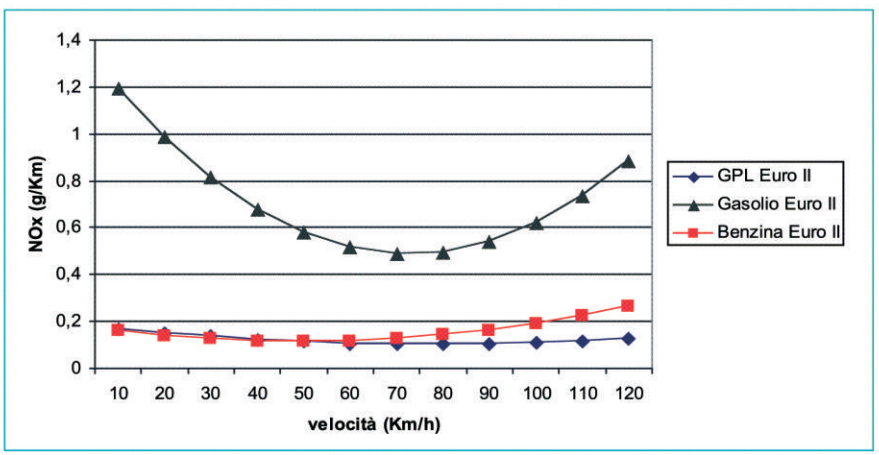


Grafico 5 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli Euro III alimentati con diversi combustibili

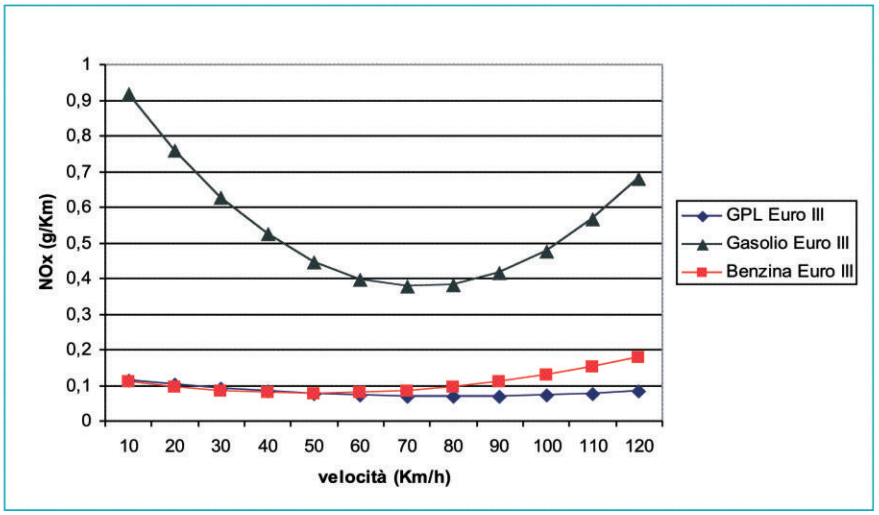
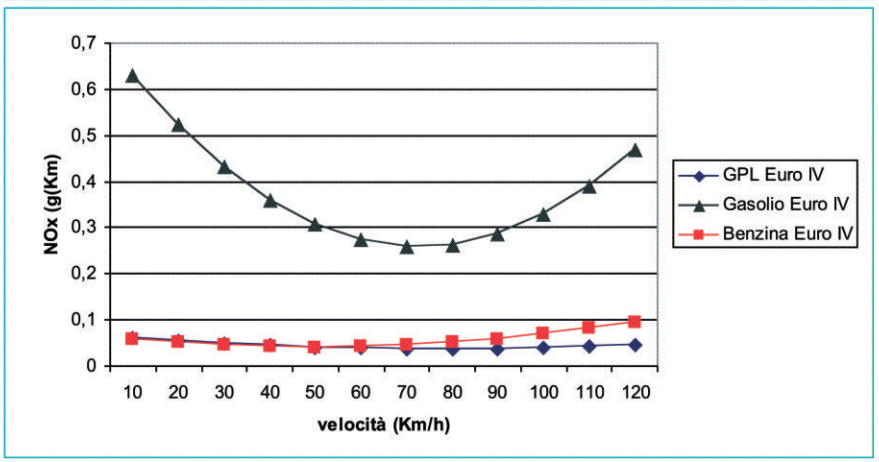


Grafico 6 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli Euro IV alimentati con diversi combustibili



I Grafici 7 - 10 mettono in evidenza in termini di COV le differenze tra autoveicoli alimentati a GPL e autoveicoli alimentati a Benzina e a Gasolio per diverse tecnologie (da Euro I ad Euro IV).

Per quanto riguarda i COV (composti organici volatili) deve essere messo in evidenza che un confronto tra le emissioni dalle varie motorizzazioni è molto poco significativo poiché i COV possono produrre effetti molto diversi in funzione della loro natura chimica. Più precisamente i COV possono influenzare:

a) Effetti sulla salute: questo è il tipico caso di sostanze organiche caratterizzate da tossicità dimostrate. Tra questi la formaldeide, il butadiene e il più noto Benzene.
b) Produzione di Ozono: la produzione di Ozono da parte dei COV è una delle più importanti classi di reazioni chimiche che avvengono in atmosfera. Tale processo si rivela anche importante poiché un'accresciuta quantità di Ozono provoca anche un aumento della velocità di ossidazione del monossido di azoto in biossido. L'entità di queste reazioni è comunque dipendente dalla natura chimica dei COV.
c) Produzione di particolato secondario: recenti studi hanno confermato che il particolato secondario è la frazione principale di particolato fine e che quindi particolare attenzione deve essere posta a questo tipo di meccanismo di reazione chimica.

Normalmente, le emissioni di COV vengono date in unità di massa senza alcuna discriminazione circa la loro natura chimica. Nel caso delle emissioni da GPL è possibile verificare che la maggior parte di esse è dovuta ai componenti principali della miscela liquida che costituisce il GPL, ossia Propano e Butano, nonché altre componenti a basso peso molecolare. E' anche dimostrato che l'emissione di questi composti non provoca problemi ambientali di natura rilevante, a meno del Metano che contribuisce in misura importante allo sviluppo dell'effetto serra. Infatti, la reattività chimica di questi composti è molto scarsa e quindi il loro contributo alla formazione di Ozono o di inquinanti secondari è molto limitato. Di conseguenza, si può concludere che l'unico problema di questo tipo associato alle emissioni di COV da combustione di GPL è costituito dalla formaldeide, noto composto in grado di esercitare effetti sulla salute e di partecipare attivamente ai processi di chimica dell'atmosfera in quanto facilmente fotodissociabile in radicali ossidrili. Comunque, le pur piccole quantità di formaldeide formate possono essere facilmente rimosse da un efficiente catalizzatore a tre vie, comunque necessario per diminuire le emissioni di NOx.

Il confronto per le tecnologie successive (Euro II, III e IV), mostra che il GPL produce emissioni di COV sempre inferiori alla Benzina e al Gasolio, fatta eccezione, anche questa volta, che per velocità medie inferiori a 50 km/h, dove però il confronto con la Benzina non mostra variazioni significative.

Grafico 7 - Emissione di COV: confronto tra veicoli Euro I alimentati con diversi combustibili

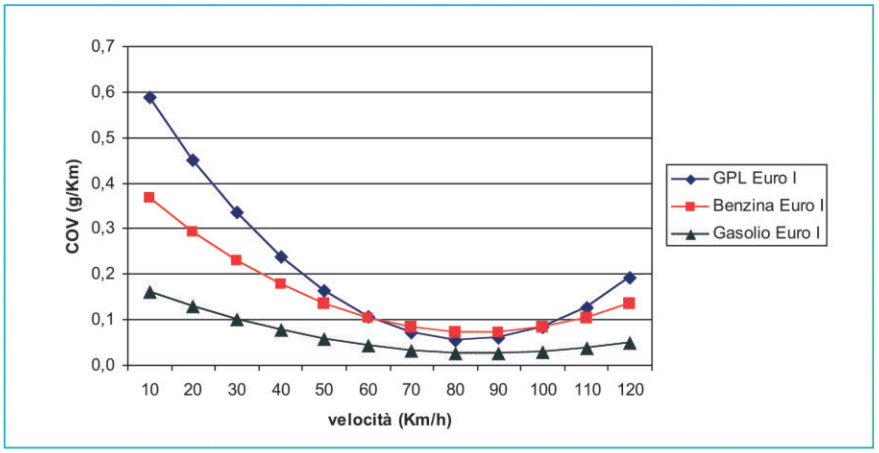
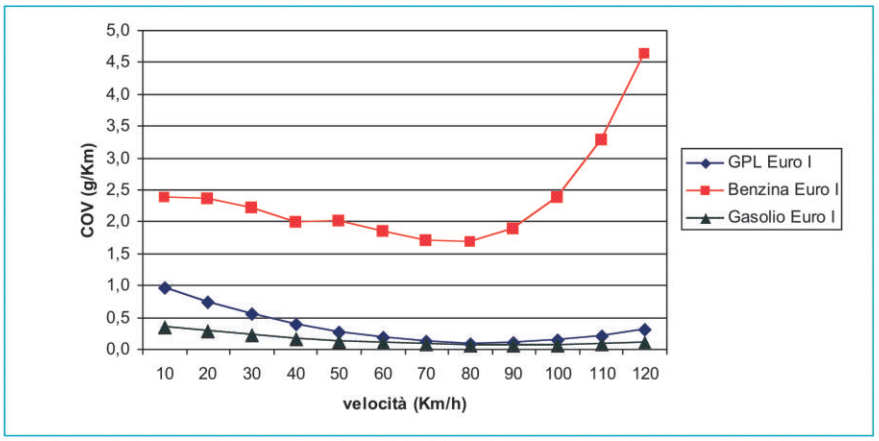


Grafico 7a - Emissione di COV: confronto tra veicoli Euro I alimentati con diversi combustibili (caso reale motore a freddo)



Il confronto per gli Euro I mostra che il GPL produce emissioni di COV superiori alla Benzina e al Gasolio, fatta eccezione che per velocità comprese tra i 70 km/h e i 90 km/h, in cui il GPL mostrerebbe emissioni di poco inferiori alla Benzina. Tuttavia, durante il funzionamento a freddo il GPL recupera parte dello svantaggio nei confronti del Gasolio e lo annulla completamente, migliorando addirittura le prestazioni, nei confronti della Benzina. Si può pertanto ragionevolmente affermare che in ambito urbano il GPL risulta emettere più COV rispetto al Gasolio e mediamente si comporta con prestazioni analoghe rispetto alla Benzina.

Grafico 8 - Emissione di COV: confronto tra veicoli Euro II alimentati con diversi combustibili

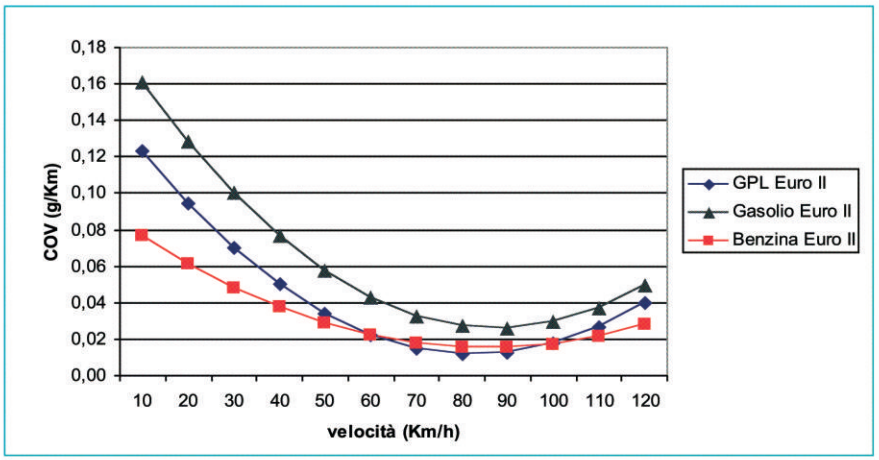


Grafico 8a - Emissione di COV: confronto tra veicoli Euro II alimentati con diversi combustibili (caso reale motore a freddo)

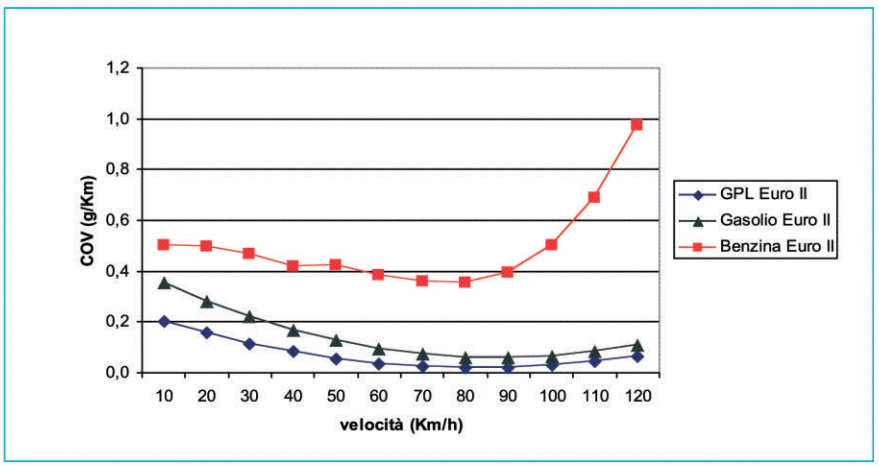


Grafico 9 - Emissione di COV: confronto tra veicoli Euro III alimentati con diversi combustibili

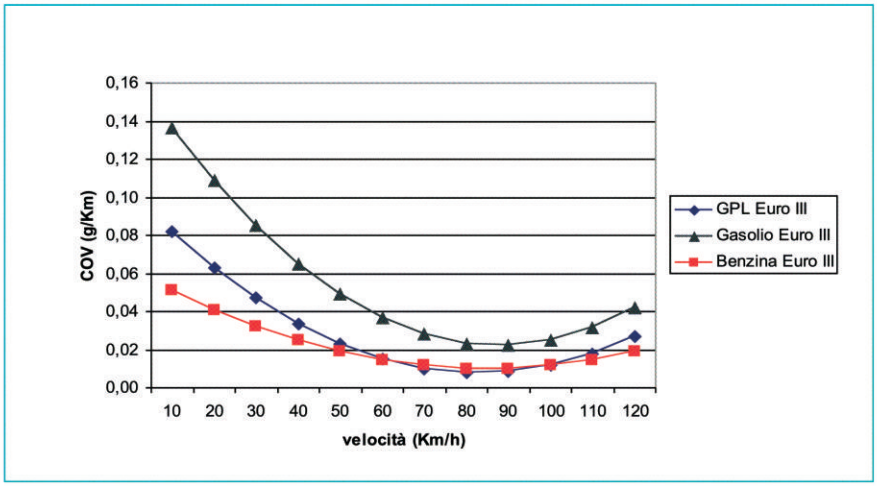
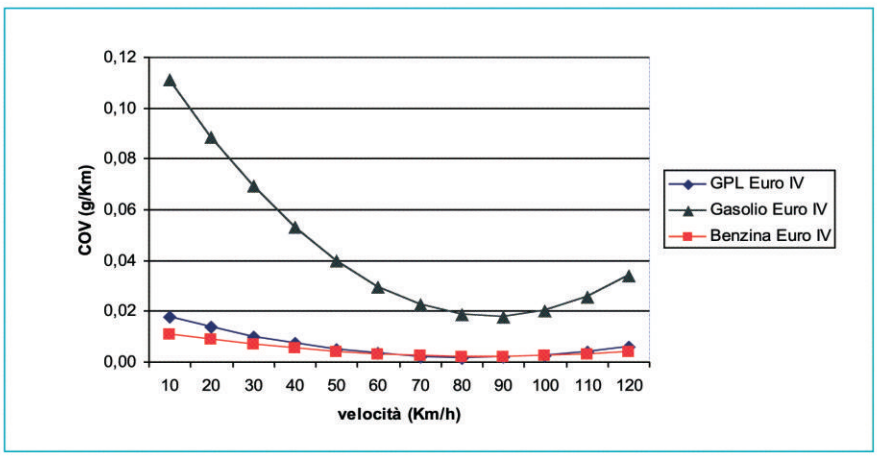


Grafico 10 - Emissione di COV: confronto tra veicoli Euro IV alimentati con diversi combustibili



Il confronto per le tecnologie successive (Euro II, III e IV) mostra che il GPL produce emissioni di COV inferiori al Gasolio ma superiori alla Benzina. Anche per tali tecnologie tuttavia, durante il funzionamento a freddo il GPL annulla completamente lo svantaggio migliorando di molto le prestazioni nei confronti della Benzina.

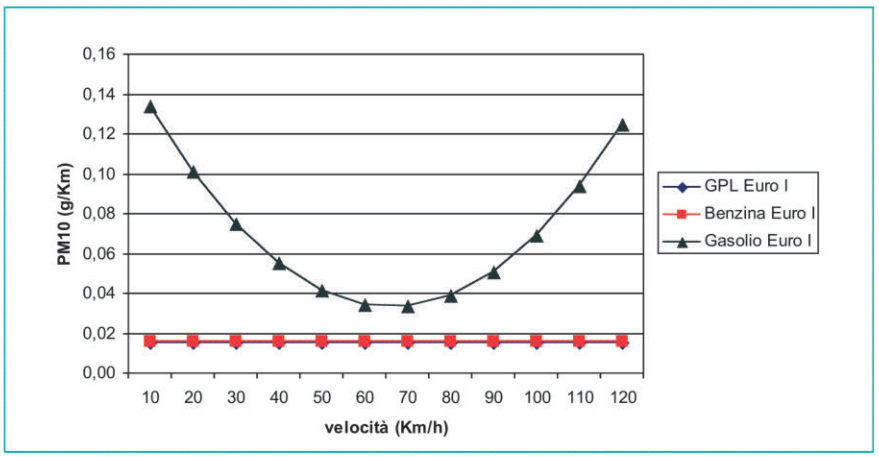
La Tabella 3 mette in evidenza le differenze tra autoveicoli alimentati a GPL e autoveicoli alimentati a Benzina ed a Gasolio. L'inquinante considerato è l'Ammoniaca. Al contrario dei grafici precedenti si mette qui in evidenza l'emissione relativa alla tecnologia Euro I in quanto la scarsità di dati disponibili a livello internazionale non consente confronti per le tecnologie successive.

Tabella 3: confronto delle emissioni di Ammoniaca tra veicoli Euro I alimentati con differenti combustibili

Categoria veicolare	GPL Euro I	Gasolio Euro I	Benzina Euro I
Emissione (g/Km)	0,001	0,001	0,07

Il Grafico 11 mette in evidenza le differenze in termini di emissione di PM10 tra autoveicoli alimentati a GPL e autoveicoli alimentati a Benzina e a Gasolio. Si mette qui in evidenza solo un grafico relativo alla tecnologia Euro I in quanto la scarsità di dati disponibili a livello internazionale non consente confronti per le tecnologie successive.

Grafico 11 - Emissione di PM10: confronto tra veicoli Euro I alimentati con diversi combustibili



Il confronto per gli Euro I mostra che il GPL produce emissioni di Ammoniaca inferiori alla Benzina e confrontabili con il Gasolio. Il contrario avviene nel caso del PM10: emissioni confrontabili con la Benzina e inferiori al Gasolio.

5 Differenze tra autoveicoli alimentati a GPL e veicoli alimentati a Gasolio di diverse tecnologie

Negli ultimi anni si osserva un progressivo incremento delle immatricolazioni di veicoli a Gasolio. I dati relativi all'anno 2004 (fonte ACI) indicano che le immatricolazioni dei veicoli a Gasolio hanno raggiunto la quota del 58,5% rispetto al totale, mentre le immatricolazioni dei veicoli a Benzina si attestano attorno al 41%.

Per tale ragione, di seguito vengono riportati i grafici che rappresentano l'andamento delle varie funzioni di emissione (per i diversi inquinanti), nei quali si confrontano le differenti tecnologie a GPL con quelle a Gasolio.

5.1 Ossidi di Azoto (NOx)

I Grafici 12 - 15 mettono in evidenza le differenze tra autoveicoli alimentati a GPL e autoveicoli alimentati a Gasolio appartenenti a differenti tecnologie.

Grafico 12 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli a GPL Euro I e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio

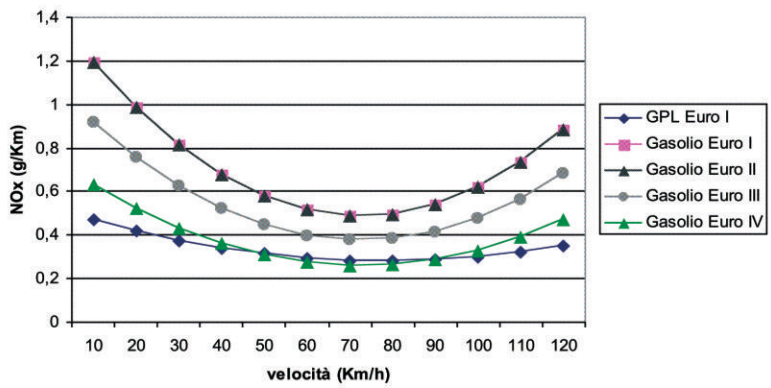


Grafico 13 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli a GPL Euro II e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio

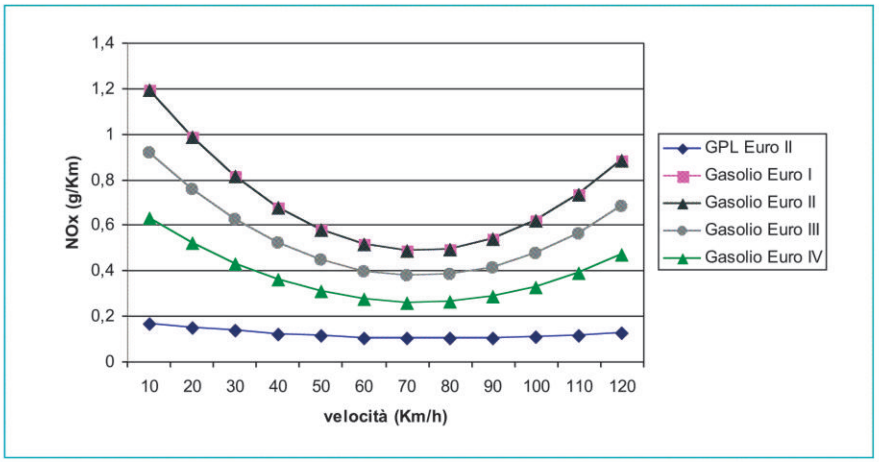


Grafico 14 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli a GPL Euro III e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio

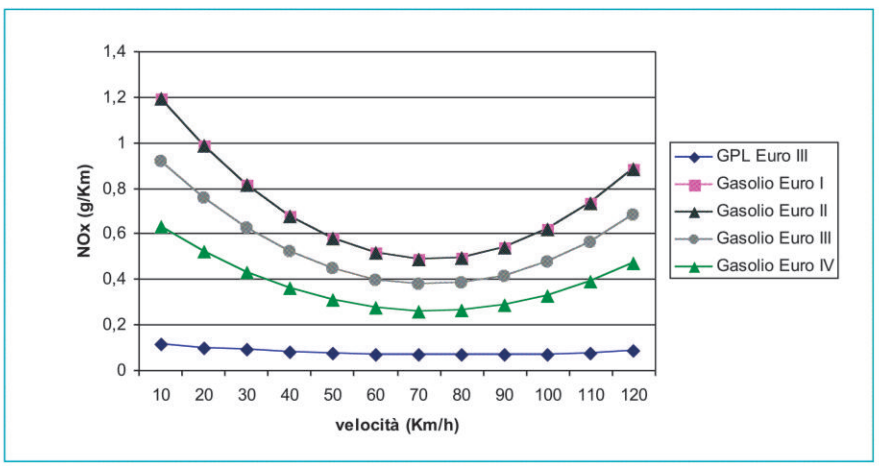
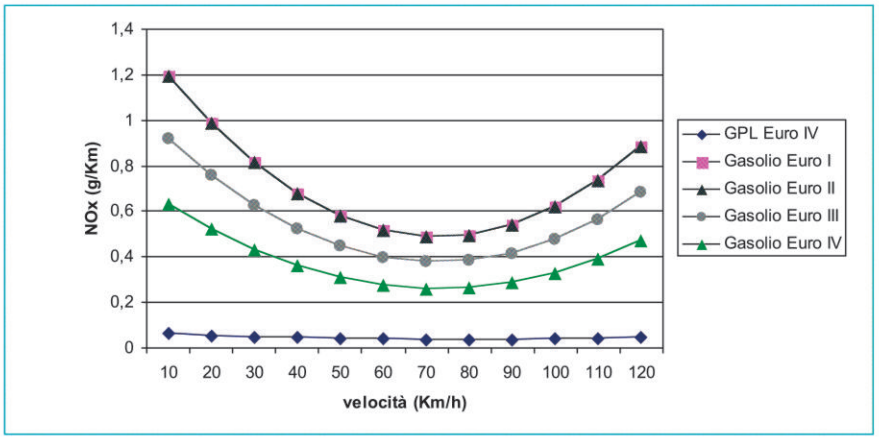


Grafico 15 - Emissione di NOx: confronto tra veicoli a GPL Euro IV e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio



I grafici mettono in evidenza come sia migliore la tecnologia GPL Euro I rispetto alle tecnologie Diesel fino ad EURO III, con una leggerissima differenza, peraltro non significativa, tra GPL Euro I e Diesel Euro IV. Comunque, il Grafico 12 mette in evidenza come alle basse velocità medie di transito il veicolo alimentato a GPL Euro I sia da preferirsi rispetto al veicolo Diesel Euro IV.

5.2 Composti Organici Volatili (COV)

I Grafici 16 - 19 mettono in evidenza le differenze tra autoveicoli alimentati a GPL e autoveicoli alimentati a Gasolio appartenenti a differenti tecnologie.

Grafico 16 - Emissione di COV: confronto tra veicoli a GPL Euro I e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio

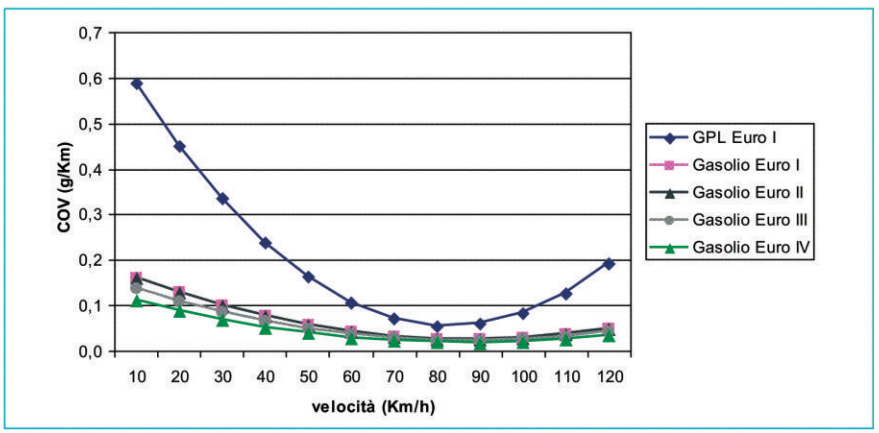


Grafico 17 - Emissione di COV: confronto tra veicoli a GPL Euro II e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio

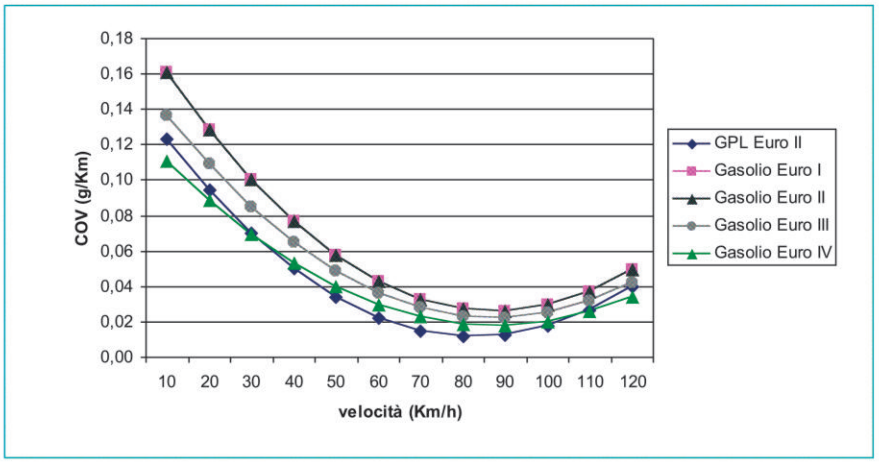


Grafico 18 - Emissione di COV: confronto tra veicoli a GPL Euro III e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio

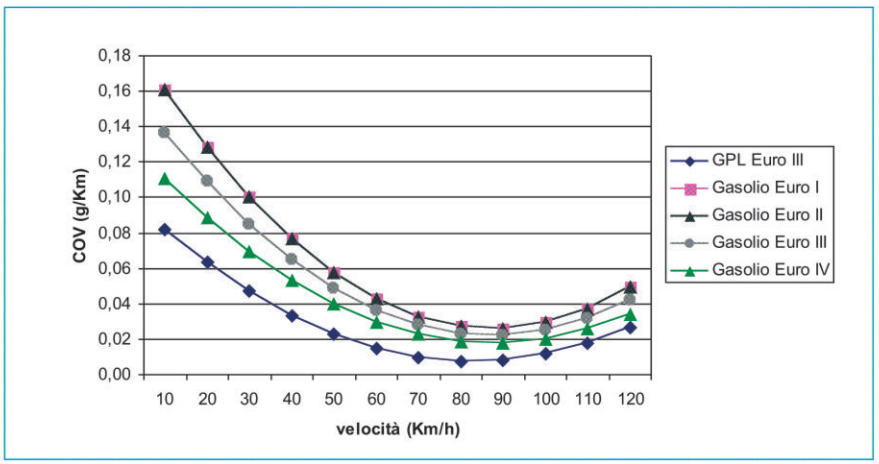
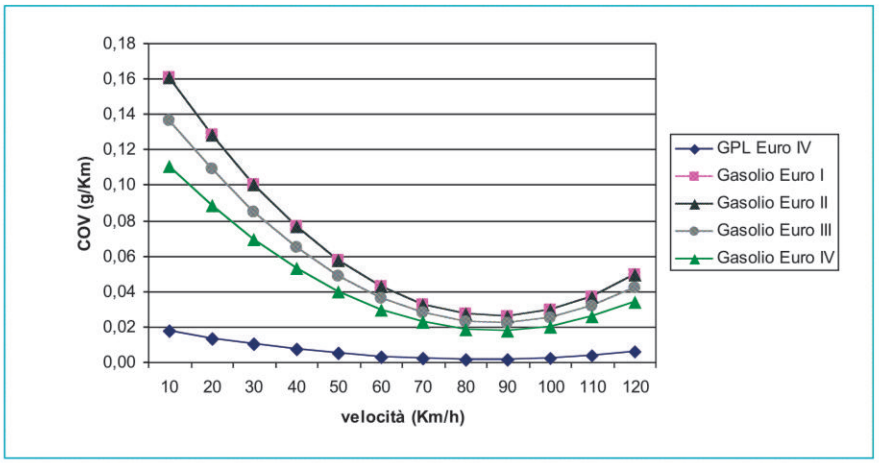


Grafico 19 - Emissione di COV: confronto tra veicoli a GPL Euro IV e veicoli di differenti tecnologie alimentati a Gasolio



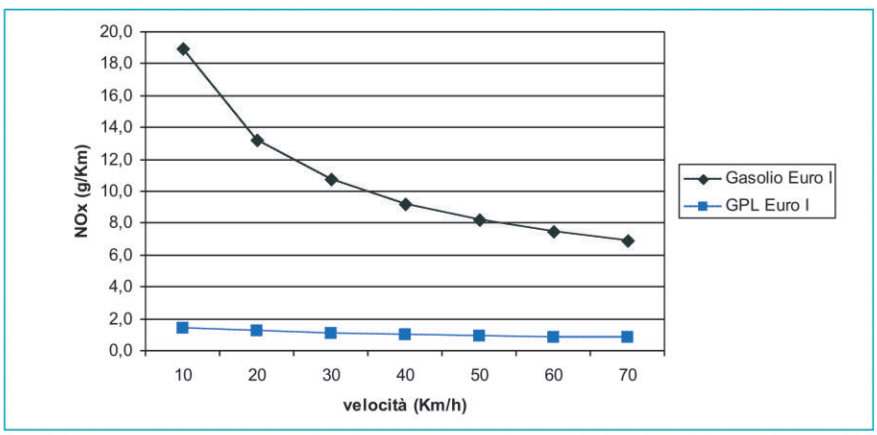
I Grafici 16 - 19 mettono in evidenza come sia migliore la tecnologia GPL Euro II rispetto alle tecnologie Diesel fino ad Euro III con una leggerissima differenza, peraltro non significativa, tra GPL Euro II e Diesel Euro IV. Dall'andamento dei vari grafici inoltre si evince come lo sviluppo tecnologico dell'alimentazione a GPL sia migliore rispetto a quello della tecnologia a Gasolio. Infatti, se il primo dei grafici evidenzia un vantaggio ambientale (per quanto riguarda le emissioni di COV) di tutte le tecnologie Diesel (da Euro I a Euro IV) rispetto al GPL Euro I, già dal successivo si nota come la tecnologia GPL Euro II sia migliore di tutte le tecnologie Diesel, anche quella di ultima generazione, la Euro IV.

6 Emissioni inquinanti da autobus

Per quanto riguarda le emissioni da autoveicoli la letteratura internazionale fornisce dati e funzioni di emissione consolidati ed utilizzati normalmente per gli studi di impatto ambientale. Diverso è l'approccio per l'analisi delle differenze emissive tra le varie tecnologie che riguardano i mezzi pesanti adibiti al trasporto di persone.
La letteratura fornisce funzioni di emissione relative solamente agli autobus Diesel rimandando a studi specifici di settore per quanto riguarda le tecnologie a Benzina, GPL e Metano.
Per la tecnologia GPL non si hanno dati ed informazioni attendibili che consentano un confronto utile allo studio.

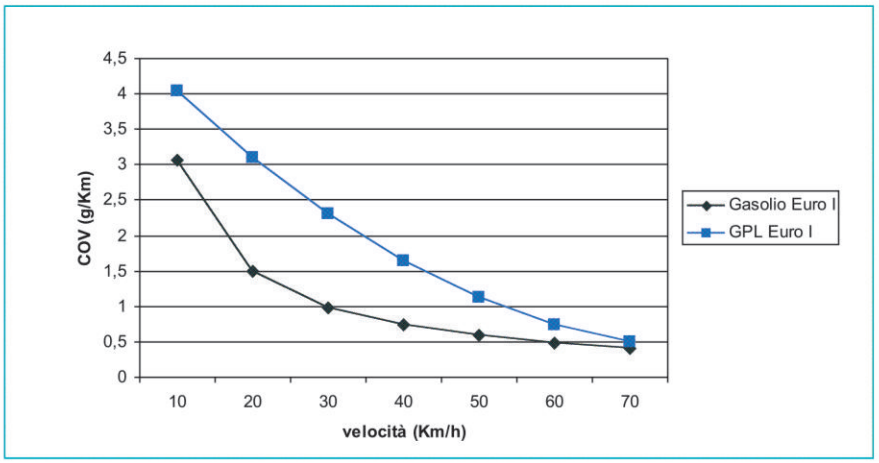
La soluzione proposta è stata quella di ricavare una funzione emissiva[5] per i bus alimentati a GPL che, partendo dalle correlazioni di emissione relative agli autoveicoli, consenta di stimare le emissioni prodotte da bus alimentati a GPL. Ciò permette una prima valutazione delle differenze di emissioni inquinanti tra veicoli Diesel e veicoli a GPL. Tale approccio è stato seguito per gli Ossidi di Azoto e i Composti Organici Volatili. Si è trascurato l'analisi del PM10, in quanto è noto come i veicoli Diesel siano i maggiori emettitori di particolati, mentre i veicoli a Benzina o GPL non emettano quantità significative di particolati.

Grafico 20 - Emissione di NOx: confronto tra bus alimentati a Gasolio e bus alimentati a GPL di tecnologia Euro I



[5] Per ricavare tali funzioni si è sfruttata la similitudine, espressa nella metodologia COPERT, tra i veicoli a Benzina e quelli a GPL: Emissioni bus GPL Euro I = (emissioni auto GPL Euro I)*C1, dove C1 = media (emissioni bus Benzina Euro I/auto Benzina Euro I).

Grafico 21 - Emissione di COV: confronto tra bus alimentati a Gasolio e bus alimentati a GPL di tecnologia Euro I



Dai grafici precedenti si evince un vantaggio ambientale in termini di NOx del GPL nei confronti dell'alimentazione Diesel ed uno svantaggio per quanto riguarda i composti organici volatili, che però sono compensati dalle tecnologie successive.

7 Casi di studio reale

7.1 Caso urbano

Lo scenario urbano vuole evidenziare il potenziale di miglioramento della qualità dell'aria nei centri urbani in seguito ad un maggiore utilizzo del GPL per autotrazione, miglioramento che è decisamente più elevato rispetto al caso di percorrenze extraurbane, in ragione di una più elevata percentuale di veicoli "a freddo".

Si è scelto come scenario urbano quello rappresentato dalla Città di Parma, in quanto l'Amministrazione ha avviato una serie di iniziative a favore del GPL e dei carburanti gassosi più in generale, in grado di determinare una maggiore penetrazione sul mercato degli stessi. Alle politiche finanziarie (il Comune di Parma è capofila del programma ministeriale ICBI - Iniziativa Carburanti a Basso Impatto), l'Amministrazione ha affiancato una serie di misure di regolamentazione in grado di determinare per il cittadino condizioni che favoriscano la "opportunità" del GPL rispetto ai carburanti tradizionali.

Lo scenario di riferimento è stato costruito sulla base dei dati, forniti dall'Assessorato all'Ambiente e la Mobilità del Comune di Parma, sulle percorrenze complessive stimate per le autovetture private, per la distribuzione delle merci, per i mezzi pesanti, per le due ruote. Per gli autobus urbani le percorrenze sono state calcolate sulla base dei programmi di esercizio del trasporto urbano esercito dall'azienda locale TEP. I dati sono riportati di seguito:

- veh-km giorno auto (passeggeri e merci) = 1.272.889 (78,31%)
- veh-km giorno merci pesanti = 192.000 (11,81%)
- autobus-km giorno = 25.587 (1,57%)
- veh-km giorno moto 135.111 (8,31%)

Le emissioni sono espresse in Kg/giorno sull'intera rete stradale della città.

Tabella 4: Scenario urbano di riferimento. Emissioni inquinanti giornaliere.

NO_x	COV	PM10
664 Kg/g	1.399 Kg/g	140 Kg/g

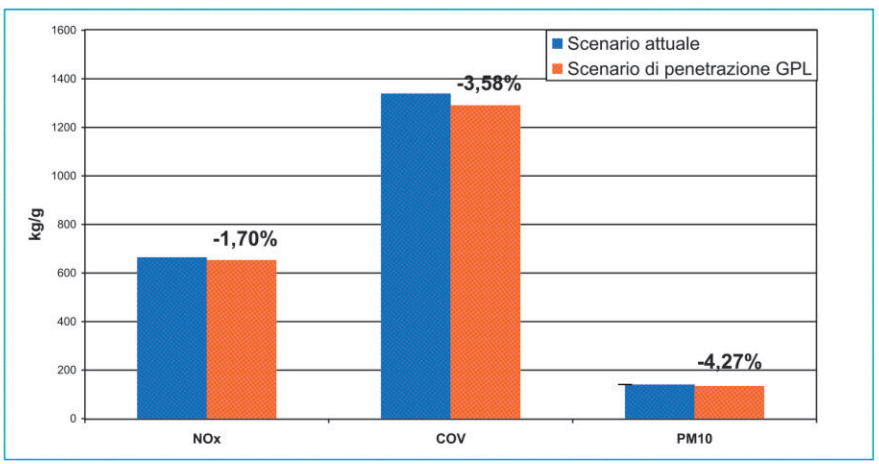
Lo scenario di studio rappresenta l'effetto combinato di misure di regolamentazione e politiche finanziarie, in grado, secondo le ipotesi, di determinare un incremento di uso del GPL pari al 5% delle autovetture passeggeri circolanti, che coinvolge:

- autoveicoli EURO I a Benzina sostituiti da analoghi autoveicoli a GPL (trasformazione);
- autoveicoli EURO II a Benzina sostituiti da analoghi autoveicoli a GPL (trasformazione);
- autoveicoli EURO III a Benzina sostituiti da analoghi autoveicoli a GPL (trasformazione);
- autoveicoli convenzionali Diesel sostituiti con EURO IV a GPL (sostituzione);

Tabella 5: Scenario di penetrazione del GPL: trasformazione e sostituzione di differenti classi veicolari con veicoli GPL(Totale trasformazioni + sostituzioni = 5% del circolante). Emissioni inquinanti giornaliere.

NO_x	COV	PM10
653 Kg/g	1.291 Kg/g	134 Kg/g

Grafico 22 - Variazione % delle emissioni inquinanti - Confronto scenario attuale/scenario di penetrazione GPL (aumento parco GPL pari al 5%)



Lo scenario mette in evidenza come una strategia di penetrazione che coinvolga anche veicoli Diesel (10% dei veicoli interessati) possa determinare interessati riduzioni per il PM10 (-4,27%), per i COV (-3,58%) e più contenute per i NOx (-1,70%).

7.2 Caso aziendale (Flotta TPL)

Per rappresentare un interessante confronto di interventi di rinnovo della flotta pubblica sono stati elaborati due scenari di sostituzione che interessano la flotta TRAMBUS di Roma[6].

Si è fatta l'ipotesi di rinnovo di 354 vetture Diesel convenzionali della attuale flotta (in Tabella 6 si riassume la consistenza del parco autobus di TRAMBUS) con altrettante di categoria EURO IV: in un primo caso a Gasolio, in un secondo caso a GPL.

Tabella 6: Scenari di consistenza del parco autobus e percorrenze TRAMBUS

	Scenario attuale		Scenario di rinnovo con veicoli Diesel EURO IV		Scenario di rinnovo con veicoli GPL	
Categoria	N° mezzi	Km/giorno	N° mezzi	Km/giorno	N° mezzi	Km/giorno
elettrico	82	102	82	102	82	102
ibrido	12	34	12	34	12	34
metano	7	274	7	274	7	274
GPL	0	0	0	0	354	121
EURO 0	354	121	0	0	0	0
EURO I	0	0	0	0	0	0
EURO II	588	139	588	139	588	139
EURO III	1261	196	1261	196	1261	196
EURO IV	0	0	354	121	0	0
Totali	2304		2304		2304	

Tabella 7: Emissioni totali della flotta per i differenti scenari (emissioni espresse in Kg/giorno)

Emissioni totali flotta in Kg/giorno	NO_x	COV
Scenario di riferimento	3.214,382	444,540
Scenario di rinnovo con veicoli Diesel EURO IV	2.604,298	388,420
Scenario di rinnovo con veicoli GPL EURO IV	2.411,548	367,099

[6] Si ringrazia ASSTRA per aver fornito i dati di alcune aziende italiane, dai quali sono stati estratti quelli relativi alla flotta di TRAMBUS in quanto più completi e funzionali allo studio

Tabella 8: Riduzione % delle emissioni totali della flotta per i due scenari di rinnovo

Riduzione % delle emissioni rispetto allo scenario attuale	NO_x	COV
Scenario di rinnovo con veicoli Diesel EURO IV	**18,98**	**12,62**
Scenario di rinnovo con veicoli GPL EURO IV	**24,98**	**17,42**

Dalla Tabella 8 emerge che entrambi gli scenari sono caratterizzati da potenziali emissivi ridotti rispetto allo scenario di riferimento. Tuttavia le percentuali di riduzione sono decisamente più elevate nel caso della sostituzione di bus 'vecchi' con autobus alimentati a GPL.

Conclusioni (di Lorenzo Bertuccio*)

Secondo i risultati più accreditati dalla comunità scientifica internazionale, l'alimentazione a GPL rappresenta nel breve periodo una soluzione in grado di fornire un interessante contributo alla riduzione delle concentrazioni di PM10, in particolar modo se la sua promozione si inserisce in un quadro integrato di interventi di razionalizzazione della mobilità di passeggeri e merci. In particolare:

- per quanto concerne il PM10 primario, è indubbio il vantaggio del GPL nei confronti del Gasolio, mentre i valori di emissione sono confrontabili a quelli della Benzina.

- per i NOx, il GPL non presenta grossi vantaggi nei confronti della Benzina (a basse velocità sembra preferibile la Benzina mentre per elevate velocità sembra preferibile l'alimentazione a GPL), mentre è indubbiamente vantaggioso nei confronti dell'alimentazione a Gasolio. Durante il funzionamento a freddo, l'alimentazione a GPL risulta vantaggiosa nei confronti sia della Benzina sia del Gasolio, anche se a basse velocità il vantaggio nei confronti della Benzina è trascurabile. Ciò vale per tutte le tecnologie considerate.

- il GPL sembra essere svantaggioso dal punto di vista dei COV, sia nei confronti del Gasolio sia nei confronti della Benzina. Durante il funzionamento a freddo, però, la correzione fa sì che l'alimentazione a GPL sia molto vantaggiosa nei confronti della Benzina, mentre nei confronti del Gasolio sembrano esserci emissioni confrontabili.

- l'Ammoniaca rappresenta senza dubbio l'inquinante meno monitorato, ma i pochi dati a disposizione mostrano un indubbio vantaggio del GPL nei confronti della Benzina ed emissioni confrontabili rispetto all'alimentazione a Gasolio.

Direttore Scientifico Euromobility - Associazione Mobility Manager.

La promozione delle trasformazioni a GPL, attraverso politiche finanziarie di incentivazione e politiche locali di regolamentazione, sul piano strategico aumenta l'appetibilità del carburante grazie non solo ad una maggiore convenienza economica per il cittadino, ma anche allo spontaneo incremento della rete di distribuzione, così da innescare un circolo virtuoso. Si fa presente, inoltre, che la promozione dei carburanti alternativi per autotrazione, quali quelli gassosi come il GPL, è orientata al recupero di quote di mercato nei confronti del Gasolio, piuttosto che nei confronti della Benzina. E ciò in ragione non solo del fatto che i principali inquinanti, cioè PM10 primario e NOx come precursore sono emessi soprattutto dai veicoli Diesel, ma anche della circostanza che il trend di crescita delle automobili a Gasolio ha portato ad una quota pari quasi al 60% rispetto al totale delle immatricolazioni. Per quanto riguarda i COV, rispetto ai quali le emissioni dei veicoli a GPL sono confrontabili con quelle di veicoli a Gasolio, si evidenzia che tale inquinante ha comunque una componente naturale superiore a quella generata dalle attività antropiche tra le quali il trasporto.

Bibliografia

Appunti sugli agenti nocivi, Benzene. 4 serie noxiae, ENEA. Raffaella Uccelli, Anna Giovanetti, Francesco Mauro.

CONCAWE. The influence of gasoline benzene and aromatics content on benzene exhaust emissions from non catalyst and catalyst equipped cars. Report n. 96/51.

EMEP/CORINAIR, 1999. Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2nd edition, September 1999.

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

CORINAIR Project, DG XI, 30/3/1988. Ntziachristos L & Samaras Z, 1999.

COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport - Methodology and Emission Factors, Final Draft Report, European Environment Agency, European Topic Centre on Air Emissions.

Transport and air pollution, June 2000. 9th symposium, Avignon. Robert Joumard (INRETS).

NOREM, Database for Non-Regulated Emissions from motor vehicles. SAEFL, 1998.

F.Biondi, L.Bertuccio - "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.

G.Ambrosini, L.Bertuccio, G.Messina, G.Valenti - "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.

G. Bertoni, R. Tappa, I. Allegrini., Ann. Chim. (Rome), 90, 249 (2000).

L. Bertuccio, D. Palmara, F. Parmagnani. "InPUT-SAVE - Final Report". Documento ENEA RTI/ERG/SIRE/00/03. Febbraio 2000.

E. Marinelli, E. Negrenti, A. Parenti, S. Di Giampaolo, C. Volpe - "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.

Ciccioli P., Brancaleoni E., Cecinato A., Sparapani R., "Identification and determination of biogenic and anthropogenic volatile organic compounds in forest areas of Northern and Southern Europe and a remote site of the Himalaya region by high-resolution gas chromatography-mass spectrometry.", Journal of Chromatography; volume: 643, N.1-2; pp. 55-69 (1993).

Ciccioli P., Brancaleoni E., Frattoni M., Cecinato A., Pinciarelli L., ""Determination of volatile organic compounds (VOC) emitted from biomass burning of Mediterranean vegetation species by GC.MS.", Analytical Letters; volume:. 34, N.6; pp. 937-946 (2001).

A.M. Atzori, L.Bertuccio, G. Giannone, A. Parenti, "Benefici ambientali del GPL per autotrazione: analisi tecnica di politiche integrate" opuscolo redatto da Euromobility in collaborazione con il CNR - Istituto Inquinamento Atmosferico (2002).

INTEGAIRE, 2002 Integrated Urban Governance and Air Quality Management in Europe - case study submission form - http://www.integaire.org/indexuk.html.

MEET (Methodology for Estimate Air Pollution Emissions from Transport). Progetto Europeo finanziato nell'ambito del IV Programma Quadro.

Finito di stampare nel mese di luglio 2006
presso la Tipografia Miligraf
Via degli Olmetti, 36 - 00060 Formello (RM)