



# Stazione Sperimentale per i Combustibili

**I - 20097 SAN DONATO MILANESE MI**

Uffici: Viale Alcide De Gasperi, 3  
Laboratori: Via Galileo Galilei, 1

Tel. : +39-02516041  
Fax : +39-02514286  
E-mail : mail@ssc.it  
C.F. : 00880300157

Rapporto di prova N. 200503054  
Rif. N. 20050698

28 giugno 2005

## **PROVE DI EMISSIONE DI UNA AUTOVETTURA DIESEL PER VALUTARE L'EFFICACIA DI UN ADDITIVO NEL GASOLIO**

Con lettera di richiesta del 3 marzo 2005 la \_\_\_\_\_ di \_\_\_\_\_ ha chiesto a questo Istituto di svolgere un programma di prove di emissione su una autovettura diesel, secondo un protocollo di prova concordato.

L'obiettivo del programma era quello di avere un'indicazione di massima sull'efficacia di un combustibile diesel trattato con un additivo non meglio specificato, fornito dal Committente, nella riduzione delle emissioni inquinanti e del consumo di combustibile rispetto a un gasolio convenzionale.

Una verifica statisticamente significativa degli effetti determinati dal combustibile trattato con l'additivo richiede lo svolgimento di un programma sperimentale più ampio, in cui dovrà essere considerato un numero congruo di autoveicoli di modello diverso, con tecnologia motoristica differente.

La sperimentazione è stata svolta applicando procedure convenzionali di prova per il campionamento e l'analisi delle specie inquinanti, prendendo come riferimento un gasolio commerciale.

### **1. AUTOVEICOLO DI PROVA**


Per la sperimentazione è stato impiegato un esemplare di autovettura diesel di modello diffuso con tecnologia di iniezione *common rail*, le cui principali caratteristiche sono riportate nella tabella I.

### **2. COMBUSTIBILI DI PROVA**

L'autovettura di prova è stata alimentata con i seguenti combustibili forniti dal Committente:

Tabella I  
Caratteristiche dell'autoveicolo provato

Autoveicolo	FIAT MAREA
Modello	1.9 JTD SW
Livello di omologazione	<i>Euro III</i>
Targa	BM 098 YY
Chilometraggio	210900 km
Cilindrata (cc)	1910
N. cilindri	4
N. valvole per cilindro	4
Potenza max (kW @ rpm)	77 @ 4000
Coppia max (Nm @ rpm)	200 @ 1500
Aspirazione	TD
Iniezione	Common rail
Catalizzatore ossidativo (S/N)	S

- gasolio convenzionale, preso come combustibile di riferimento, indicato con la sigla *Gasolio A* nel testo, nelle tabelle e nelle figure
-  gasolio additivato, indicato con la sigla *Gasolio B* nel testo, nelle tabelle e nelle figure. L'additivazione è stata fatta dal Committente; il grado di additivazione non è stato reso noto.

I due combustibili sono stati caratterizzati in laboratorio con metodi analitici normalizzati, per confrontare le loro proprietà e per verificare la conformità con la norma EN 590. I valori delle caratteristiche sono presentati nella tabella II.

L'esame dei dati ha indicato che entrambi i combustibili di prova rispettano i limiti di specifica della norma europea EN 590 attualmente in vigore: non sono state segnalate differenze significative tra i due gasoli.

### 3. PROCEDURA DI PROVA

Il programma sperimentale ha riguardato la determinazione delle emissioni inquinanti regolamentate, della distribuzione dimensionale del particolato inferiore a 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>), e del consumo di combustibile.

Ogni prova prevedeva l'esecuzione del ciclo di guida standard europeo (ciclo NEDC previsto dalla Dir. 98/69/CE), applicando la procedura di campionamento ECE 15 riportata nella Direttiva 91/441/CEE e suddividendolo il ciclo nelle due fasi urbana (UDC = Urban Driving Cycle) ed extra-urbana (EUDC = Extra-urban Driving Cycle).

Per ogni condizione sperimentale (gasolio A / gasolio B) sono state svolte tre prove per verificare la ripetibilità dei risultati.

La descrizione dettagliata della procedura di prova e della strumentazione utilizzata è riportata nell'allegato A.

Tabella II  
Principali caratteristiche dei combustibili diesel di prova

Parametro	u.m.	Metodo	Gasolio A	Gasolio B	Limiti EN 590-04
Densità @ 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	UNI EN ISO 12185	834,3	834,1	820 - 845
Contenuto di zolfo	mg/kg	ISO 20884	42,8	44,2	≤ 50
Idrocarburi monoaromatici	% m/m	EN 12916	21,9	22,2	-
Idrocarburi diaromatici	% m/m	EN 12916	2,8	2,8	-
Idrocarburi triaromatici	% m/m	EN 12916	0,6	0,6	-
Idrocarburi poliaromatici	% m/m	EN 12916	3,4	3,4	≤ 11
Idrocarburi aromatici totali	% m/m	EN 12916	25,3	25,6	-
Numero di Cetano	-	ISO 5165	56,9	55,0	≥ 51,0
Distillazione		ISO 3405			
<i>Pi (Punto iniziale)</i>	°C		186,8	191,5	-
<i>T10 (il 10% in vol. evapora @)</i>	°C		223,3	225,2	-
<i>T50 (il 50% in vol. evapora @)</i>	°C		278,3	269,4	-
<i>T90 (il 90% in vol. evapora @)</i>	°C		343,1	344,4	-
<i>T95 (il 95% in vol. evapora @)</i>	°C		362,8	362,2	-
<i>Tf (Temperatura finale)</i>	°C		369,7	371,4	-
<i>Recuperato</i>	% vol		97,4	97,7	-
<i>Residuo</i>	% vol		1,4	1,4	-
<i>Perdite</i>	% vol		1,2	0,9	-
<i>E250 °C (evaporato @ 250°C)</i>	% vol		27,6	25,3	≤ 65
<i>E350 °C (evaporato @ 350°C)</i>	% vol		92,1	91,9	≥ 85
<i>Il 95% recuperato @</i>	°C		362,8	362,2	≤ 360

#### 4. ANALISI DEI RISULTATI SPERIMENTALI

La discussione dei risultati prenderà in esame nell'ordine le emissioni regolamentate, la frazione PM<sub>10</sub> del particolato, l'emissione di CO<sub>2</sub> e il consumo di combustibile.

Il quadro dettagliato dei risultati di ciascuna prova svolta è riportato nelle tabelle IB e IIB dell'allegato B.

L'autovettura è stata provata alimentandola inizialmente con il gasolio A e, successivamente, dopo aver percorso circa 6500 km su strada, con il gasolio B. L'accumulo chilometrico su strada è stato eseguito dal Committente con combustibili e secondo modalità non noti.

Per ogni parametro misurato (emissione, consumo) sono stati calcolati i valori medi riferiti alle tre prove svolte nelle medesime condizioni sperimentali e valutate le variazioni percentuali determinate dalla sostituzione del combustibile B col combustibile A. Infine col *t*-test di Student al 95% di livello di confidenza è stata valutata la significatività statistica delle variazioni osservate.

Va evidenziato che i risultati sperimentali presentati in questo rapporto sono riferiti esclusivamente alla sperimentazione svolta sulla vettura di prova considerata e non possono essere generalizzati.

#### 4.1 Emissioni inquinanti regolamentate gassose e particolato totale

L'esame delle misure di emissione per ogni condizione sperimentale ha indicato che la dispersione dei dati raccolti sia nei sottocicli UDC ed EUDC che nel ciclo totale NEDC è relativamente contenuta, come si evince dai valori relativamente bassi del coefficiente di variazione percentuale (CV %) riportato nella tabella IB.

Nella tabella III sono riportati i valori medi di emissione delle specie inquinanti rilevati nei cicli di guida UDC, EUDC e nel ciclo combinato NEDC, ottenuti con l'autovettura di prova alimentata con i due gasoli A e B.

Nella stessa tabella sono riportate anche le variazioni calcolate del livello di emissione delle specie inquinanti regolamentate, determinate dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B, e la loro significatività statistica valutata applicando il *t*-test di Student con livello di confidenza del 95%.

Le variazioni del livello di emissione degli inquinanti sono presentate anche in forma grafica nelle figure 1, 2 e 3 rispettivamente per i due cicli standard parziali e per il ciclo combinato NEDC.

Tabella III

Livello medio di emissione delle specie inquinanti regolamentate e sua variazione percentuale nei cicli UDC, EUDC e nel ciclo combinato NEDC determinata dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B

Emissione		CICLO UDC				CICLO EUDC			
		Gasolio A	Gasolio B	$\Delta\%$ (A→B)	<i>t</i> -test 5%	Gasolio A	Gasolio B	$\Delta\%$ (A→B)	<i>t</i> -test 5%
CO	g/km	1,74	1,66	-4,6	NO	0,12	0,11	-5,9	NO
THC	g/km	0,23	0,22	-2,6	NO	0,046	0,044	-5,5	NO
NOx	g/km	0,64	0,64	-0,8	NO	0,41	0,46	14,1	SI
PM	mg/km	32	36	12,7	NO	26	22	-13,3	NO

CICLO NEDC					
		Gasolio A	Gasolio B	$\Delta\%$ (A→B)	<i>t</i> -test 5%
CO	g/km	0,72	0,68	-4,8	NO
THC	g/km	0,114	0,110	-3,3	NO
NOx	g/km	0,49	0,53	6,9	SI
PM	mg/km	28	27	-2,4	NO

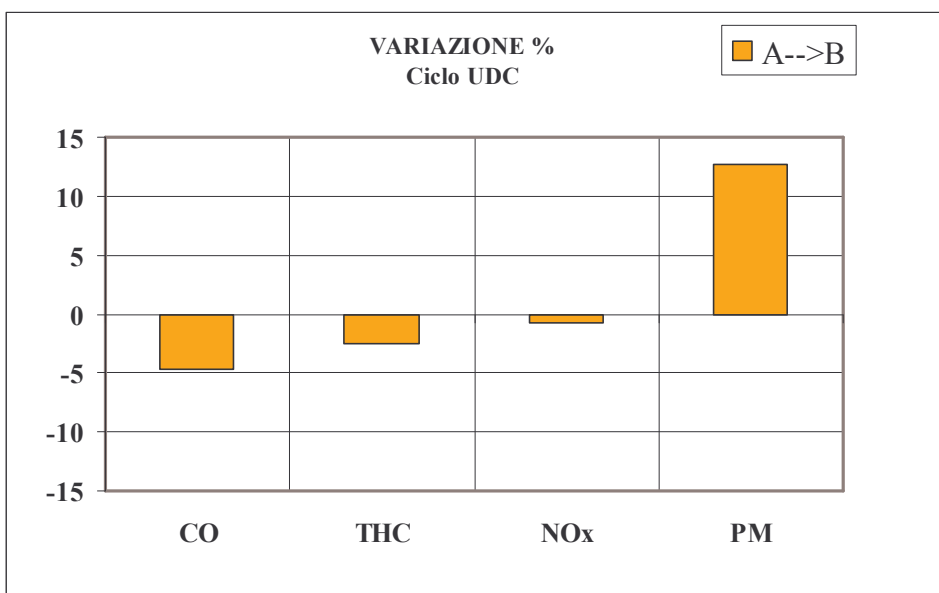


Fig. 1 - Variazione percentuale media del livello di emissione delle specie inquinanti regolamentate determinata dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B nel ciclo UDC

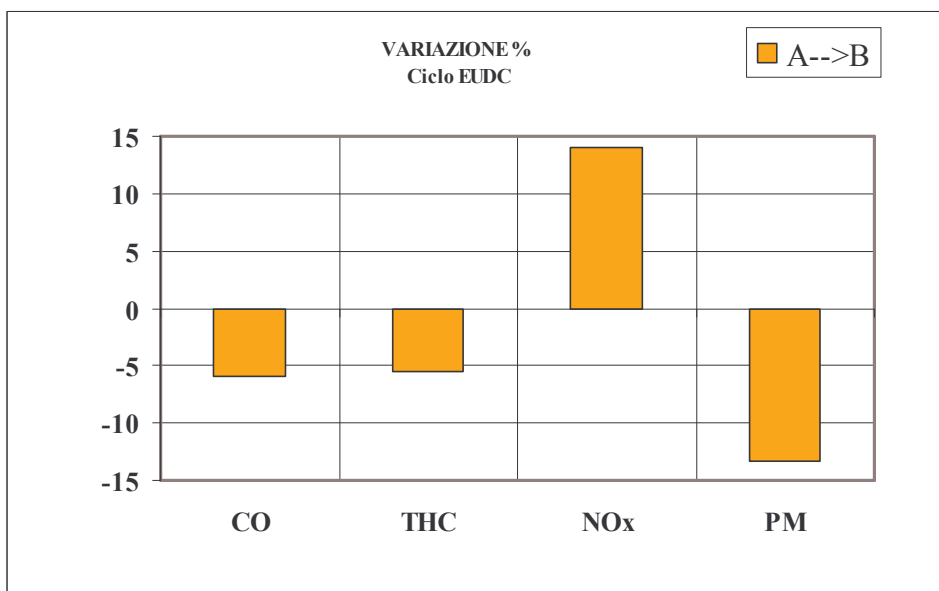


Fig. 2 - Variazione percentuale media del livello di emissione delle specie inquinanti regolamentate determinata dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B nel ciclo EUDC

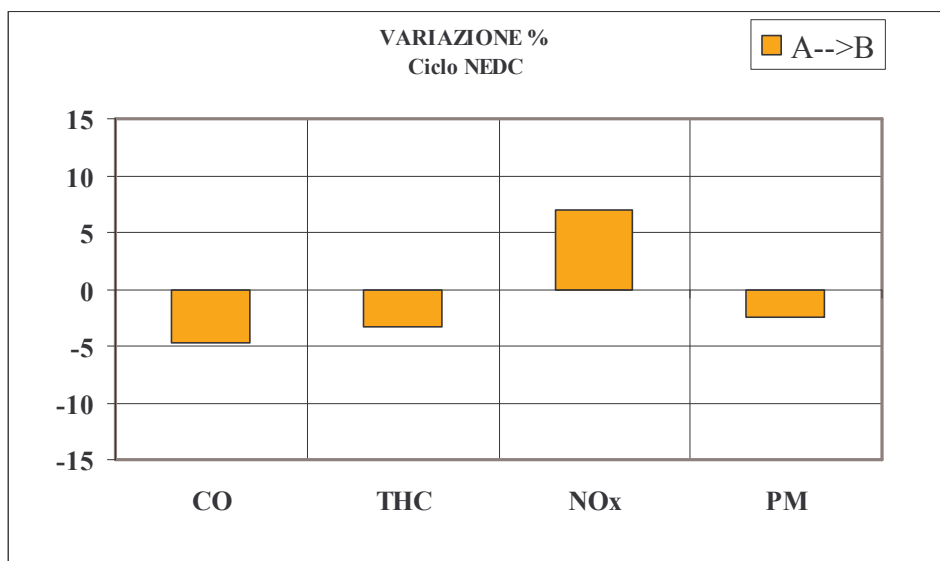


Fig. 3 - Variazione percentuale media del livello di emissione delle specie inquinanti regolamentate determinata dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B nel ciclo NEDC

L'esame dei dati ha messo in evidenza che la sostituzione del gasolio A con il gasolio B ha determinato soltanto un aumento statisticamente significativo del livello di emissione degli ossidi di azoto nel ciclo NEDC (+ 14%) e, di conseguenza, in quello combinato NEDC (+ 7%). Tutte le altre variazioni osservate sono risultate statisticamente non significative.

#### 4.2 *Frazione fine del particolato (PM<sub>10</sub>)*

Il quadro riassuntivo dei valori medi di emissione della frazione PM<sub>10</sub> del particolato totale, espressa in numero di particelle/km percorso, riferiti ai due sottocicli UDC ed EUDC e al ciclo standard completo NEDC, è riportato nella tabella IV.

Nella stessa tabella sono riportati anche i valori calcolati delle variazioni percentuali di questa emissione determinata dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B. Questi sono presentati anche in forma grafica nella figura 4.

Il confronto dei dati ha messo in evidenza un aumento dell'emissione di questo inquinante nei gas di scarico della vettura provata di circa il 15% in tutte le condizioni di guida quando l'alimentazione era costituita dal gasolio B in sostituzione del gasolio A.

Il *t*-test di Student ha indicato che la variazione dell'emissione di PM<sub>10</sub> osservata era significativa soltanto nel ciclo di guida urbano (UDC) e nel ciclo complessivo NEDC.

Nel corso delle prove è stato registrato in continuo, in ogni stadio dell'ELPI, il numero di particelle della frazione PM<sub>10</sub> emessa dall'autoveicolo durante la marcia sul banco a rulli (emissione istantanea).

Tabella IV

Livello medio di emissione del PM<sub>10</sub> (numero di particelle/km) e sua variazione percentuale determinata dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B

PM <sub>10</sub> in numero particelle / km				
CICLO DI GUIDA	Gasolio A	Gasolio B	Δ % A → B	t-test 5%
UDC	8,87E+13	1,05E+14	18,2	SI
EUDC	4,57E+13	5,09E+13	11,4	NO
NEDC	6,15E+13	7,08E+13	15,0	SI

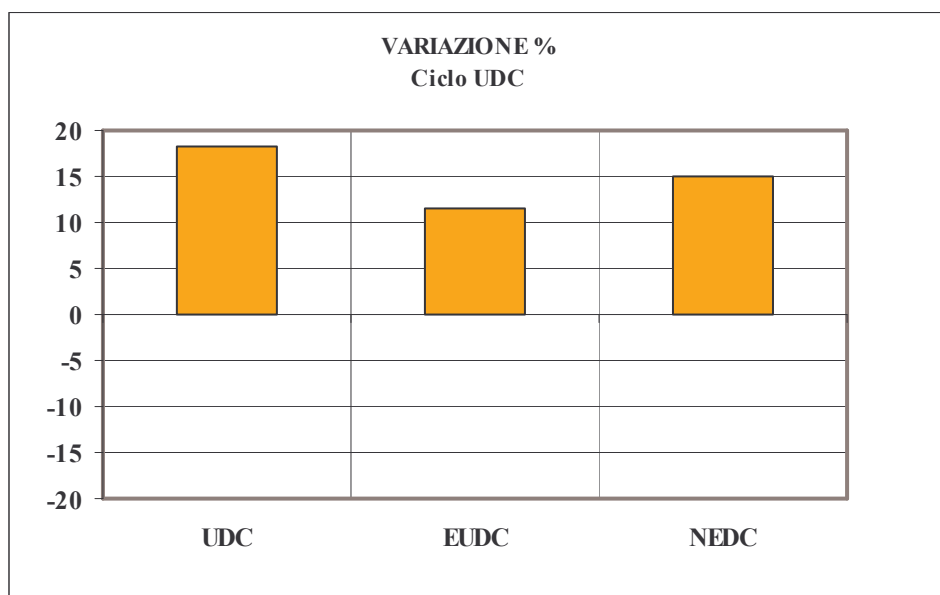


Fig. 4 - Variazione percentuale media del livello di emissione del particolato PM ≤ 10 μm determinata dalla sostituzione del gasolio A con il gasolio B

L'emissione istantanea è stata determinata calcolando la somma dei valori del numero di particelle "contate" in ciascuno dei dodici stadi in cui si divide l'impattore ELPI, tenendo conto della portata dei gas di scarico diluiti prelevati col sistema CVS.

Gli andamenti medi dell'emissione istantanea, espressa in termini di numero di particelle/s del PM<sub>10</sub> rilevato in corrispondenza della velocità assunta dall'autovettura nel corso della prova NEDC, sono messi a confronto nei diagrammi delle figure 5 e 6.

I tracciati hanno indicato che, durante lo svolgimento del ciclo di guida, quando l'autovettura era alimentata con il gasolio B, l'emissione del PM<sub>10</sub> ha mantenuto lo stesso profilo di quello rilevato quando l'alimentazione era costituita dal gasolio di riferimento A.

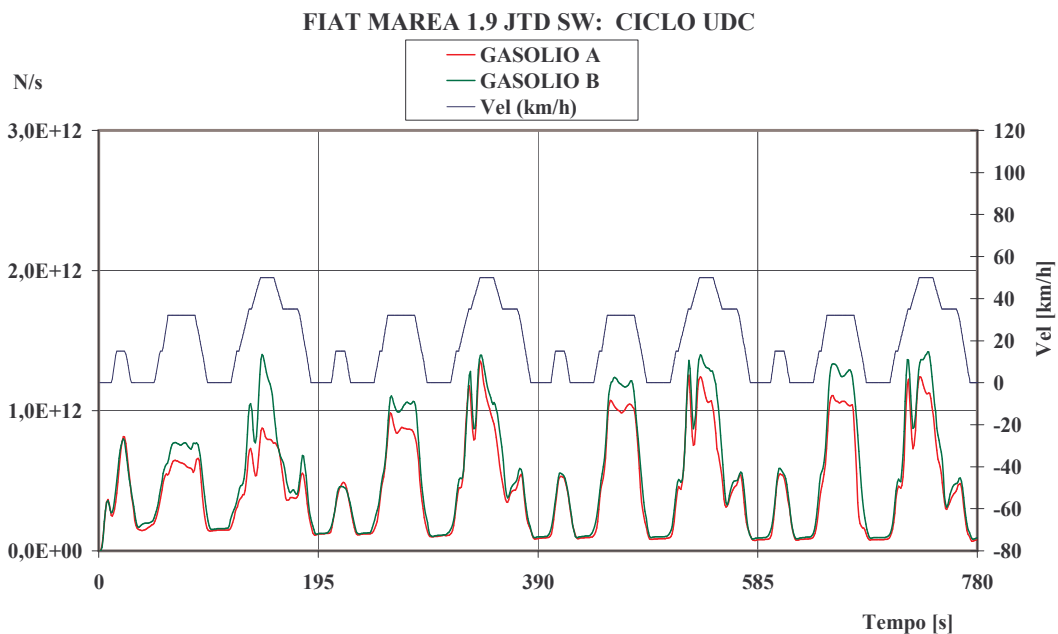


Fig. 5 – Profili di emissione istantanea media del  $PM_{10}$  nei gas di scarico della Fiat Marea alimentata con i due gasoli di prova rilevati nel ciclo di guida UDC

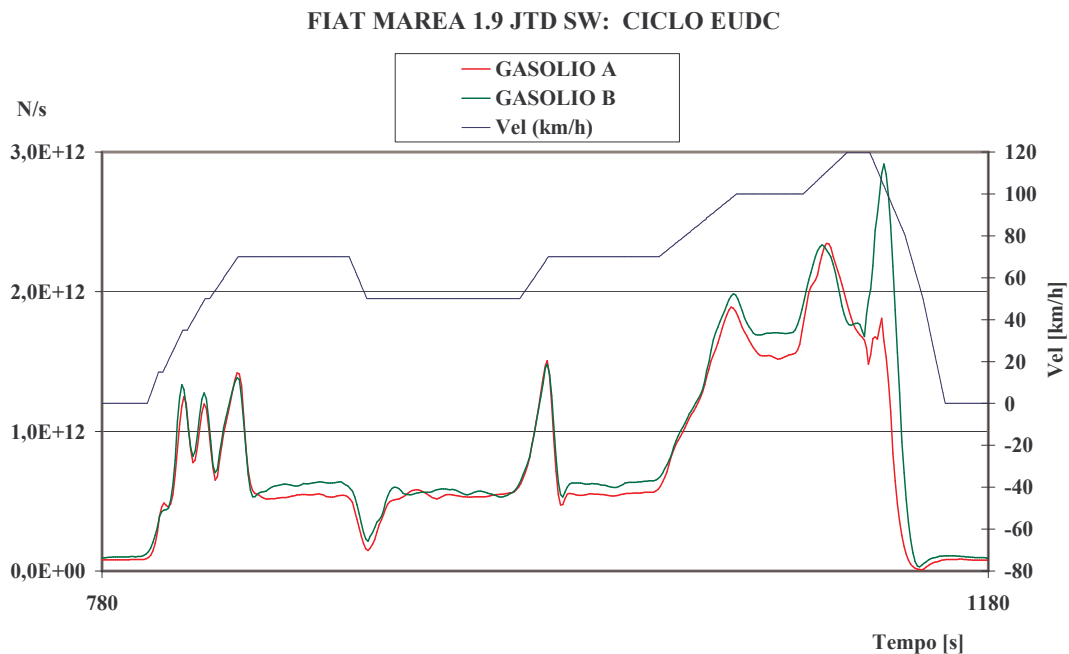


Fig. 6 – Profili di emissione istantanea media del  $PM_{10}$  nei gas di scarico della Fiat Marea alimentata con i due gasoli di prova rilevati nel ciclo di guida EUDC



Il livello di emissione del  $PM_{10}$  è risultato, comunque, più elevato dopo aver sostituito il gasolio A col gasolio B nelle fasi dei due sottocicli di guida corrispondenti a condizioni di guida a velocità costante e in accelerazione, mentre è risultata invariata nelle fasi di decelerazione e a regime minimo.

I valori elaborati delle distribuzioni dimensionali del particolato rilevate nelle singole prove sono riportati per esteso nella tabella IIB dell'allegato B.

Nella figura 7 viene presentata la distribuzione dimensionale media del  $PM_{10}$ , espres-

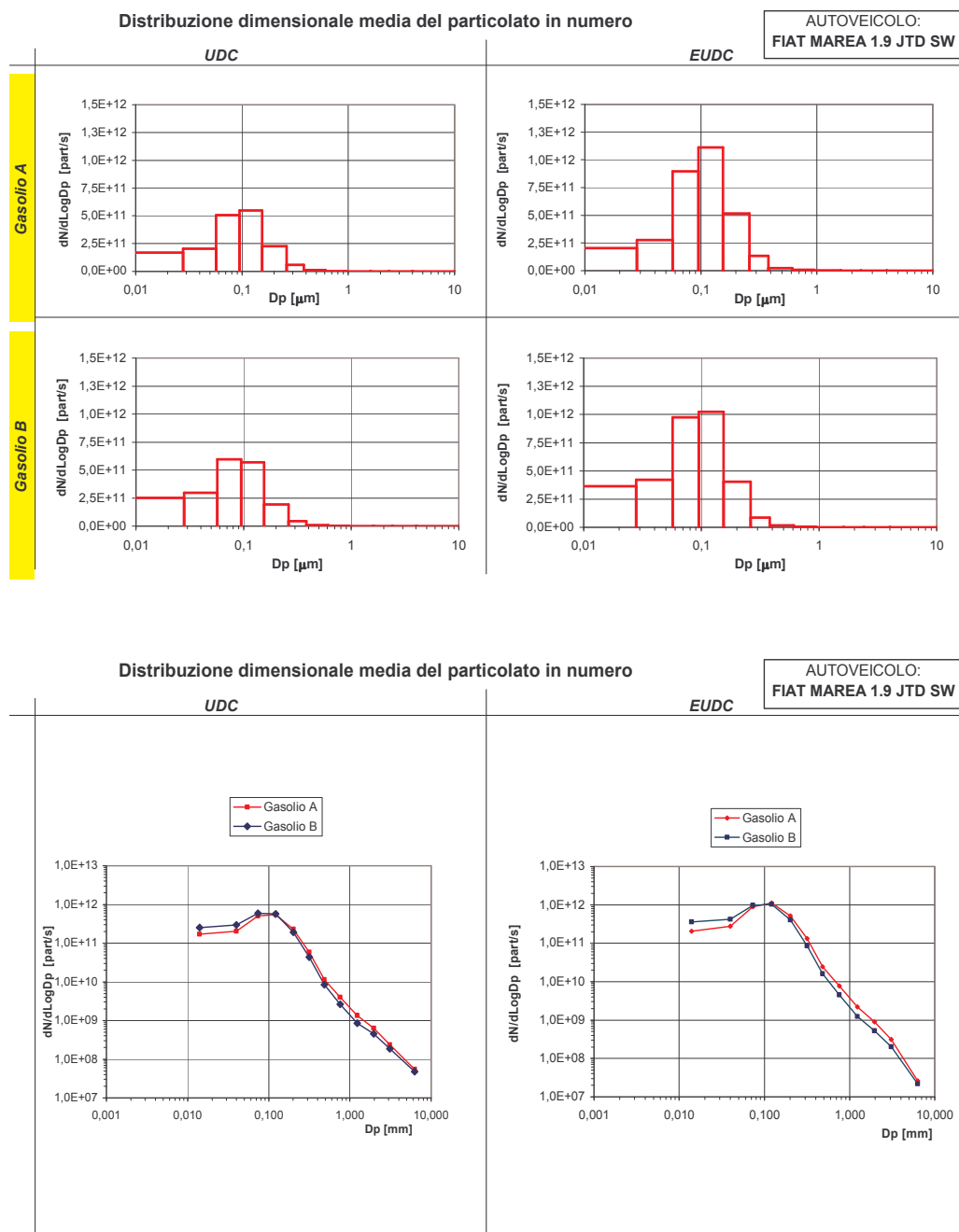


Fig. 7 – Distribuzione dimensionale media del particolato emesso dalla Fiat Marea alimentata con i gasoli A e B nel ciclo urbano UDC e nel ciclo extraurbano EUDC

sa in numero di particelle emesse nell'unità di tempo, in ognuna delle dodici classi dimensionali (diametri aerodinamici) rilevate con l'ELPI nei due cicli urbano (UDC) ed extraurbano (EUDC) in cui si divide il ciclo NEDC. I dati sono stati mostrati sia in forma di istogrammi su scala lineare (in alto) che come curve di distribuzione su scala logaritmica (in basso).

I risultati presentati sono la media dei rilievi delle distribuzioni medie di emissione calcolate dai valori istantanei effettuati in ogni ciclo di guida delle prove ripetute nelle medesime condizioni sperimentali.

L'esame dei diagrammi di distribuzione del diametro aerodinamico delle particelle emesse dagli autoveicoli provati ha mostrato che la sostituzione del gasolio A con il gasolio B ha determinato un aumento dell'emissione della frazione più fine del particolato, inferiore a 100 nm circa (particelle in modo nucleazione), e una diminuzione della frazione superiore a 0,2  $\mu\text{m}$ , più marcata nell'intervallo di diametri aerodinamici compreso tra 0,5 e 2  $\mu\text{m}$ . L'effetto è stato osservato in entrambi i sottocicli UDC ed EUDC.

### 5.1.3 Emissione di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e consumo di combustibile

Il quadro riassuntivo delle misure di emissione media della  $\text{CO}_2$  riferite ai cicli di guida UDC ed EUDC e al ciclo combinato NEDC è riportato nella tabella VII.

Nella tabella VIII sono confrontati i valori medi di consumo di combustibile sia misurato col metodo gravimetrico che calcolato col metodo del bilancio di carbonio.

Tabella VII

Emissione di  $\text{CO}_2$  misurata nei cicli di guida UDC, EUDC e nel ciclo combinato NEDC

<i>Emissione di <math>\text{CO}_2</math> (g/km)</i>			
<i>Ciclo di guida</i>	<i>UDC</i>	<i>EUDC</i>	<i>NEDC</i>
GASOLIO A	200	115	146
GASOLIO B	195	112	143
$\Delta$ % A $\rightarrow$ B	-2,4	-2,3	-2,4
t-test 5%	NO	NO	NO

Tabella VIII

Consumo di combustibile medio misurato e calcolato nei cicli di guida UDC, EUDC e NEDC

<i>Consumo di combustibile (l/100 km)</i>						
<i>Ciclo di guida</i>	<i>UDC</i>		<i>EUDC</i>		<i>NEDC</i>	
<i>Consumo</i>	calcolato	misurato	calcolato	misurato	calcolato	misurato
GASOLIO A	7,7	7,8	4,4	4,4	5,6	5,7
GASOLIO B	7,5	7,9	4,3	4,4	5,5	5,7
$\Delta$ % A $\rightarrow$ B	-2,4	1,0	-2,3	-0,2	-2,4	0,4
t-test 5%	NO	NO	NO	NO	NO	NO

L'esame dei risultati ottenuti non ha messo in evidenza alcuna variazione statisticamente significativa dell'emissione dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), né del consumo di combustibile dopo aver sostituito il gasolio A col gasolio B.

IL RESPONSABILE  
DEL LABORATORIO MOTORI

Ing. Francesco Avella

IL DIRETTORE SCIENTIFICO

Dott. Paolo Cardillo

## **ALLEGATO A**

## 1A. PROCEDURA DI PROVA

La prova ECE 15 (ciclo NEDC) consiste nel guidare il veicolo in marcia simulata su banco dinamometrico a rulli, opportunamente tarato per tenere conto dell'inerzia e delle resistenze passive, secondo il ciclo di guida urbano UDC ripetuto quattro volte consecutive, seguito dal ciclo di guida extra urbano EUDC (Fig. 1A).

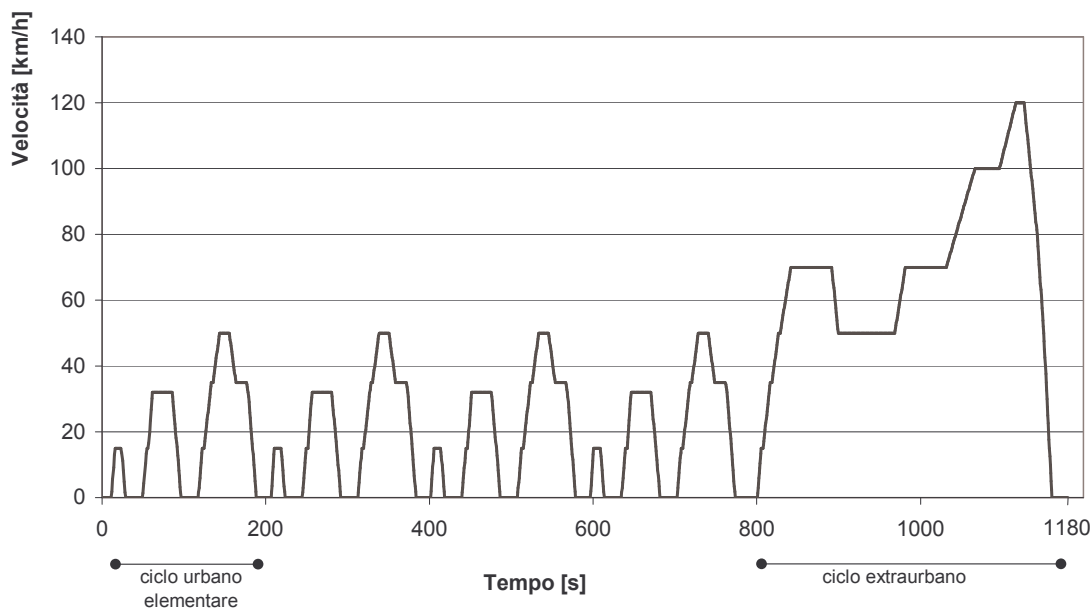


Fig. 1A – Ciclo di guida NEDC (UDC + EUDC)

Durante la marcia i gas di scarico del veicolo sono diluiti con aria ambiente filtrata e un'aliquota campionata in coppie di sacchi di *tedlar* (un sacco per l'aria di diluizione e l'altro per i gas diluiti), tramite un campionario a flusso costante (sistema CVS-CFV).

La determinazione gravimetrica del particolato totale (PM) è stata effettuata prelevando in condizioni isocinetiche, tramite un campionario a controllo elettronico della portata, un'aliquota dei gas di scarico diluiti a valle di un tunnel di diluizione e filtrata attraverso una coppia di filtri posti in serie tra loro. I filtri impiegati erano del tipo PalIFlex T60A20 in fibra di vetro in borosilicato rivestita con TFE ( $\varnothing = 47$  mm).

Essi sono stati previamente condizionati per circa 24 ore in laboratorio e pesati.

Una seconda aliquota di gas di scarico è stata prelevata in corrispondenza del punto di prelievo del particolato totale con una sonda e relativo filtro riscaldati a 190 °C e analizzata in continuo durante la prova per determinare la concentrazione media (integrata lungo tutto il ciclo) degli idrocarburi incombusti.

La determinazione delle specie regolamentate gassose e del particolato totale è stata effettuata campionando separatamente i gas di scarico diluiti emessi in ciascuna fase in cui si divide il ciclo di guida. Al termine del ciclo di guida i gas raccolti nei sacchi sono stati analizzati per determinare le concentrazioni di ossido di carbonio, ossidi di azoto, idrocarburi incombusti e anidride carbonica, mentre i filtri sono stati condizionati per altrettante 24 ore in laboratorio e pesati di nuovo per determinare la quantità di particolato emesso. I dati ottenuti sono stati elaborati successivamente per esprimere il

livello delle emissioni inquinanti in g/km, tenendo conto della concentrazione delle specie gassose nell'aria di diluizione.

Per determinare la distribuzione dimensionale del particolato è stato impiegato un Impattore Elettrostatico a Bassa Pressione (ELPI) prelevando un'ulteriore aliquota dai gas di scarico diluiti dal tunnel di diluizione.

Lo strumento misura in tempo reale la distribuzione delle dimensioni e la concentrazione del particolato nell'intervallo di diametri aerodinamici 0,007 - 10  $\mu\text{m}$ . Le particelle vengono prima caricate elettricamente attraverso una scarica a corona, e in seguito classificate (in dimensioni) nell'impattore a bassa pressione. L'impattore è costituito da dodici stadi connessi ciascuno a un elettrometro che registra la corrente lasciata dalle particelle cariche nell'impatto. Ogni stadio è definito da un diametro di taglio, che corrisponde alla dimensione delle particelle raccolte con un'efficienza del 50%, il cui valore è decrescente nella direzione del flusso delle particelle (tabella IA).

Tabella IA

## Caratteristiche degli stadi dell'impattore elettrostatico ELPI

Stadio	Intervallo dimensionale particelle ( $\mu\text{m}$ ) $D_{50i} - D_{50i+1}$	Diametro aerodinamico medio ( $\mu\text{m}$ )
N. 1	0,007 - 0,028	0,014
N. 2	0,028 - 0,057	0,0399
N. 3	0,057 - 0,095	0,0736
N. 4	0,095 - 0,155	0,1213
N. 5	0,155 - 0,262	0,2015
N. 6	0,262 - 0,381	0,3159
N. 7	0,381 - 0,612	0,4829
N. 8	0,612 - 0,946	0,7609
N. 9	0,946 - 1,6	1,2303
N. 10	1,6 - 2,39	1,9555
N. 11	2,39 - 3,99	3,0881
N. 12	3,99 - 9,89	6,2818

Il valore di corrente di ciascun canale è proporzionale al numero di particelle raccolte e, quindi, alla concentrazione di particelle nel particolare *range* di dimensioni. La somma dei valori di emissione delle frazioni di particolato registrati in ogni stadio dell'ELPI può essere considerata corrispondente alla frazione  $< 10 \mu\text{m}$ , nota comunemente come  $\text{PM}_{10}$ . Il flusso di gas attraverso gli stadi dell'ELPI era assicurato sul valore di 10 l/min da una pompa di aspirazione dedicata, direttamente connessa con l'impattore.

La preparazione del veicolo per le prove su banco a rulli prevedeva, oltre alla predisposizione della sonda di campionamento dei gas di scarico e delle sonde di misura delle temperature degli stessi e dell'olio lubrificante nella coppa del motore, anche il "lavaggio" della linea di alimentazione col combustibile di prova.

Per permettere la misura gravimetrica del consumo di combustibile, l'autovettura è stata alimentata prelevando il gasolio da un serbatoio esterno.

Il lavaggio del sistema di alimentazione della vettura di prova è consistito nel far circolare 5-6 litri del combustibile con il motore a regime minimo, scaricando la frazione di ritorno dalla pompa di alimentazione in un recipiente di *slop*. Successivamente, un ulteriore litro di combustibile è stato fatto circolare per circa 30 minuti allo scopo di completare il lavaggio delle tubazioni, del filtro e della pompa e poi eliminato.

Al termine della fase di "lavaggio" della linea di alimentazione e dopo ogni prova il veicolo è stato pre-condizionato eseguendo tre cicli EUDC a vuoto, ossia senza campionare i gas di scarico.

Durante tutte le prove è stata controllata in continuo (tramite *datalogger*) la temperatura dell'olio lubrificante, in modo da riprodurre quanto più fedelmente possibile le condizioni termiche del motore all'inizio del campionamento dei gas di scarico. Inoltre, è stata controllata anche la temperatura dei gas di scarico con una termocoppia inserita appena dopo il terminale del condotto di scappamento dell'autovettura.

Nel corso della prova il raffreddamento del radiatore dell'autovettura è stato assicurato con l'ausilio di un ventilatore esterno.

La calibrazione del banco dinamometrico a rulli (impostazione della frenatura e dell'inerzia equivalente) è stata effettuata attraverso l'impostazione sul sistema di controllo del banco a rulli dei coefficienti  $F_0$  e  $F_2$  della forza resistente  $F$  di avanzamento dell'autoveicolo:

$$F = F_0 + F_2 \cdot v^2 \quad [\text{N}]$$

e della massa equivalente, i cui valori tipici dell'autovettura provata sono presentati nella tabella IIA.

Tabella IIA

Parametri di calibrazione del banco a rulli

Autovettura	$F_0$ [N]	$F_2$ [N/(km/h) <sup>2</sup> ]	$M_{\text{equiv}}$ [kg]
FIAT MAREA JTD	141,5	0,035	1160

Il consumo di combustibile ( $C_o$ ), oltre ad essere stato misurato per via gravimetrica, è stato anche calcolato col metodo del bilancio del carbonio, applicando la relazione riportata nella Dir. 93/116/CE:

$$C_o = \frac{0,1155}{d_G} \cdot [(0,866 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)] \quad [\text{l}/100\text{km}]$$

dove HC, CO e  $CO_2$  indicano rispettivamente l'emissione in g/km degli idrocarburi incombusti, dell'ossido di carbonio e dell'anidride carbonica, mentre  $d_G$  indica la densità del combustibile di prova.

La figura 2A riporta lo schema generale del sistema di campionamento e di analisi delle emissioni inquinanti nello scarico impiegati per l'esecuzione delle prove.

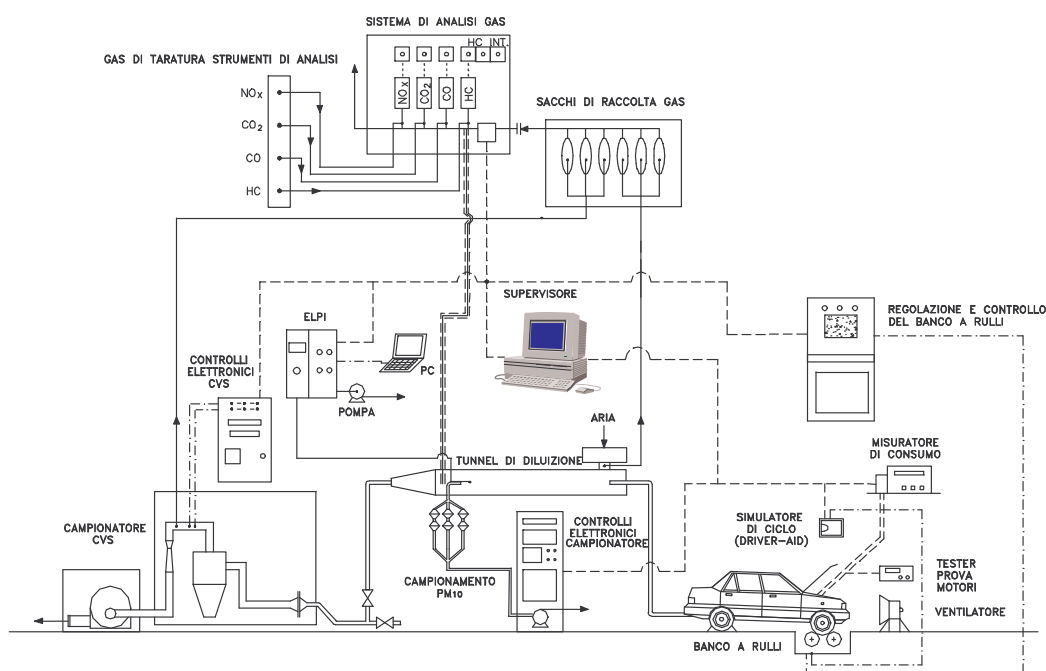


Fig. 2A - Schema generale del sistema di campionamento e di analisi delle emissioni

## 2A. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Le apparecchiature impiegate per lo svolgimento del programma di prove sperimentali erano le seguenti:

- Banco dinamometrico a rulli BOSCH con sistema API di simulazione elettronica computerizzata della frenatura e dell'inerzia
- Driver-aid Elettroprogetti
- Sistema di campionamento CVS Contec
- Sistema di analisi SIGNAL mod. MaxSys 961 GD costituito da unità di prelievo e di condizionamento del campione di gas, e da analizzatori NDIR Signal mod. 7200 M e 7100 M rispettivamente per l'anidride carbonica e l'ossido di carbonio, da un analizzatore HFID Signal mod. 3000 HM per gli idrocarburi incombusti e da un analizzatore a chemiluminescenza Signal mod. 4000 VM per gli ossidi di azoto
- Campionatore API COM per la misura gravimetrica del particolato, costituito da un tunnel di diluizione, da un gruppo di filtri e da un campionatore a flusso controllato tramite microprocessore.
- Bilancia elettronica Mettler mod. MC5 per la misura del particolato (risoluzione 1  $\mu\text{g}$ )
- Bilancia elettronica Sartorius mod. QA per la misura del consumo di combustibile
- Impattore elettrostatico ELPI (Dekati)
- Data Logger Grant tipo 1253 per la registrazione delle temperature dell'olio motore e dei gas di scarico
- Sistema computerizzato di supervisione dell'esecuzione della prova e acquisizione dati LabCon Elettroprogetti.

Tutti gli strumenti di analisi delle emissioni gassose sono stati tarati (verifica dello zero e dello span) prima di ogni prova con bombolette di gas campione certificate.



**ALLEGATO B**  
**(TABELLE)**

Tabella IB

Risultati delle prove di emissione e di consumo di combustibile svolte sulla Fiat Marea JTD 1.9  
alimentata con il gasolio A e con il gasolio B nel ciclo NEDC

**Autoveicolo:** Fiat Marea JTD 1.9 SW

**Committente:** FleetConsult


<b>GASOLIO A</b>																
prova N.		UDC					EUDC					NEDC				
		3	4	5	Media	CV, %	3	4	5	Media	CV, %	3	4	5	Media	CV, %
CO	g/km	1,77	1,72	1,74	<b>1,74</b>	<b>1,6</b>	0,12	0,12	0,12	<b>0,12</b>	<b>2,9</b>	0,73	0,71	0,72	<b>0,72</b>	<b>1,6</b>
THC	g/km	0,23	0,22	0,24	<b>0,23</b>	<b>5,6</b>	0,048	0,044	0,048	<b>0,046</b>	<b>4,3</b>	0,11	0,11	0,12	<b>0,11</b>	<b>5,1</b>
NOx	g/km	0,65	0,63	0,65	<b>0,64</b>	<b>1,3</b>	0,41	0,40	0,41	<b>0,41</b>	<b>0,2</b>	0,49	0,49	0,50	<b>0,49</b>	<b>0,7</b>
CO <sub>2</sub>	g/km	204	198	198	<b>200</b>	<b>1,8</b>	119	113	113	<b>115</b>	<b>2,9</b>	150	144	144	<b>146</b>	<b>2,4</b>
PM	mg/km	36	30	30	<b>32</b>	<b>11,0</b>	28	26	23	<b>26</b>	<b>9,6</b>	31	28	26	<b>28</b>	<b>9,7</b>
THC+NOx	g/km	0,87	0,85	0,89	<b>0,87</b>	<b>2,4</b>	0,45	0,45	0,45	<b>0,45</b>	-	0,61	0,60	0,61	<b>0,61</b>	<b>1,6</b>
consumo calc.	l/100km	7,9	7,6	7,6	<b>7,7</b>	<b>1,8</b>	4,5	4,3	4,3	<b>4,4</b>	<b>2,9</b>	5,7	5,5	5,5	<b>5,6</b>	<b>2,4</b>
consumo mis.	l/100km	7,9	7,8	7,8	<b>7,8</b>	<b>0,7</b>	4,5	4,4	4,4	<b>4,4</b>	<b>0,8</b>	5,7	5,6	5,6	<b>5,7</b>	<b>0,8</b>
<b>GASOLIO B</b>																
prova N.		UDC					EUDC					NEDC				
		6	7	8	Media	CV, %	6	7	8	Media	CV, %	6	7	8	Media	CV, %
CO	g/km	1,73	1,65	1,61	<b>1,66</b>	<b>3,7</b>	0,11	0,11	0,12	<b>0,11</b>	<b>5,3</b>	0,71	0,68	0,66	<b>0,68</b>	<b>3,4</b>
THC	g/km	0,23	0,22	0,22	<b>0,22</b>	<b>1,7</b>	0,045	0,043	0,044	<b>0,044</b>	<b>2,3</b>	0,11	0,11	0,11	<b>0,11</b>	<b>1,9</b>
NOx	g/km	0,64	0,65	0,62	<b>0,64</b>	<b>3,0</b>	0,44	0,50	0,45	<b>0,46</b>	<b>6,7</b>	0,51	0,56	0,51	<b>0,53</b>	<b>4,8</b>
CO <sub>2</sub>	g/km	196	198	192	<b>195</b>	<b>1,4</b>	111	115	111	<b>112</b>	<b>2,0</b>	143	145	141	<b>143</b>	<b>1,6</b>
PM	mg/km	34	43	31	<b>36</b>	<b>17,5</b>	22	24	21	<b>22</b>	<b>7,3</b>	27	31	25	<b>27</b>	<b>12,2</b>
THC+NOx	g/km	0,87	0,88	0,84	<b>0,86</b>	<b>2,4</b>	0,49	0,54	0,49	<b>0,51</b>	-	0,63	0,66	0,62	<b>0,64</b>	<b>3,8</b>
consumo calc.	l/100km	7,5	7,6	7,4	<b>7,5</b>	<b>1,4</b>	4,2	4,4	4,2	<b>4,3</b>	<b>2,0</b>	5,4	5,5	5,4	<b>5,5</b>	<b>1,6</b>
consumo mis.	l/100km	7,9	7,8	7,9	<b>7,9</b>	<b>0,6</b>	4,4	4,5	4,3	<b>4,4</b>	<b>1,5</b>	5,7	5,7	5,7	<b>5,7</b>	<b>0,5</b>
<b>VARIAZIONE, %</b>	<b>UDC</b>		<b>Δ %</b>		<b>EUDC</b>		<b>Δ %</b>		<b>NEDC</b>		<b>Δ %</b>					
	CO		-4,6		CO		-5,9		CO		-4,8					
	THC		-2,6		THC		-5,5		THC		-3,3					
	NOx		-0,8		NOx		14,1		NOx		6,9					
	CO <sub>2</sub>		-2,4		CO <sub>2</sub>		-2,3		CO <sub>2</sub>		-2,4					
	PM		12,7		PM		-13,3		PM		-2,4					
	consumo calc.		-2,4		consumo calc.		-2,3		consumo calc.		-2,4					
	consumo mis.		1,0		consumo mis.		-0,2		consumo mis.		0,4					
 = t-test positivo																

Tabella IIB

Distribuzione dimensionale del particolato emesso dall'autovettura Fiat Marea 1.9 JTD SW alimentata con il gasolio A e il gasolio B nei cicli di guida UDC ed EUDC

**Veicolo:** FIAT MAREA 1.9 JTD SW

**Committente:** FleetConsult

**Gasolio A**

Stadio	Dpi μm	UDC						EUDC					
		Marea_01	Marea_02	Marea_03	MEDIA	CV,%	-	Marea_01	Marea_02	Marea_03	MEDIA	CV,%	-
		N/s	N/s	N/s	N/s			N/s	N/s	N/s	N/s		
1	0,014	1,67E+11	1,67E+11	1,75E+11	1,70E+11	2,7	-	1,65E+11	2,13E+11	2,34E+11	2,04E+11	17,4	-
2	0,040	1,61E+11	2,06E+11	2,40E+11	2,02E+11	19,4	-	2,14E+11	2,90E+11	3,32E+11	2,79E+11	21,5	-
3	0,074	4,22E+11	5,63E+11	5,38E+11	5,08E+11	14,8	-	8,03E+11	9,79E+11	9,08E+11	8,97E+11	9,9	-
4	0,121	5,67E+11	5,64E+11	5,10E+11	5,47E+11	5,9	-	1,14E+12	1,14E+12	1,05E+12	1,11E+12	4,5	-
5	0,202	2,34E+11	2,11E+11	2,38E+11	2,28E+11	6,4	-	5,15E+11	4,93E+11	5,41E+11	5,16E+11	4,6	-
6	0,316	6,55E+10	5,83E+10	5,34E+10	5,91E+10	10,2	-	1,47E+11	1,31E+11	1,25E+11	1,34E+11	8,5	-
7	0,483	1,23E+10	1,10E+10	1,08E+10	1,14E+10	7,0	-	2,68E+10	2,34E+10	2,30E+10	2,44E+10	8,5	-
8	0,761	3,86E+09	3,80E+09	4,28E+09	3,98E+09	6,6	-	7,23E+09	7,44E+09	8,30E+09	7,65E+09	7,4	-
9	1,230	1,36E+09	1,27E+09	1,39E+09	1,34E+09	4,7	-	2,14E+09	2,11E+09	2,37E+09	2,21E+09	6,5	-
10	1,956	6,43E+08	6,04E+08	6,66E+08	6,38E+08	4,9	-	8,54E+08	8,42E+08	9,88E+08	8,95E+08	9,1	-
11	3,088	2,30E+08	2,29E+08	2,45E+08	2,35E+08	4,0	-	3,00E+08	2,96E+08	3,34E+08	3,10E+08	6,8	-
12	6,282	5,43E+07	5,37E+07	5,51E+07	5,43E+07	1,3	-	2,56E+07	2,65E+07	2,59E+07	2,60E+07	1,7	-

**Gasolio B**

Stadio	Dpi μm	UDC						EUDC					
		Marea_06	Marea_07	Marea_08	MEDIA	CV,%	Δ%	Marea_06	Marea_07	Marea_08	MEDIA	CV,%	Δ%
		N/s	N/s	N/s	N/s			N/s	N/s	N/s	N/s		
1	0,014	2,38E+11	2,54E+11	2,64E+11	2,52E+11	5,2	48,2	3,31E+11	3,84E+11	3,74E+11	3,63E+11	7,7	77,8
2	0,040	2,48E+11	3,10E+11	3,34E+11	2,98E+11	14,9	47,0	3,60E+11	4,51E+11	4,53E+11	4,22E+11	12,6	51,3
3	0,074	5,44E+11	6,24E+11	6,22E+11	5,97E+11	7,6	17,5	9,45E+11	1,03E+12	9,49E+11	9,74E+11	4,8	8,6
4	0,121	6,36E+11	5,75E+11	4,96E+11	5,69E+11	12,3	4,0	1,12E+12	1,06E+12	8,96E+11	1,02E+12	11,2	-7,9
5	0,202	2,06E+11	1,92E+11	1,80E+11	1,92E+11	6,8	-15,4	4,16E+11	4,12E+11	3,89E+11	4,06E+11	3,5	-21,5
6	0,316	4,71E+10	4,31E+10	3,94E+10	4,32E+10	8,9	-26,8	9,02E+10	8,78E+10	8,02E+10	8,61E+10	6,0	-35,8
7	0,483	8,58E+09	8,70E+09	7,97E+09	8,42E+09	4,6	-26,1	1,62E+10	1,70E+10	1,48E+10	1,60E+10	6,8	-34,4
8	0,761	2,62E+09	2,67E+09	2,57E+09	2,62E+09	1,9	-34,2	4,43E+09	4,66E+09	4,46E+09	4,52E+09	2,7	-41,0
9	1,230	8,77E+08	8,58E+08	8,40E+08	8,58E+08	2,2	-35,9	1,22E+09	1,26E+09	1,25E+09	1,24E+09	1,8	-43,7
10	1,956	4,79E+08	4,43E+08	4,31E+08	4,51E+08	5,6	-29,3	5,18E+08	5,27E+08	5,41E+08	5,29E+08	2,2	-40,9
11	3,088	1,95E+08	1,89E+08	1,80E+08	1,88E+08	3,8	-20,0	2,03E+08	2,01E+08	2,04E+08	2,03E+08	0,8	-34,6
12	6,282	4,93E+07	4,72E+07	4,55E+07	4,73E+07	4,0	-12,9	2,27E+07	2,16E+07	2,08E+07	2,17E+07	4,3	-16,6