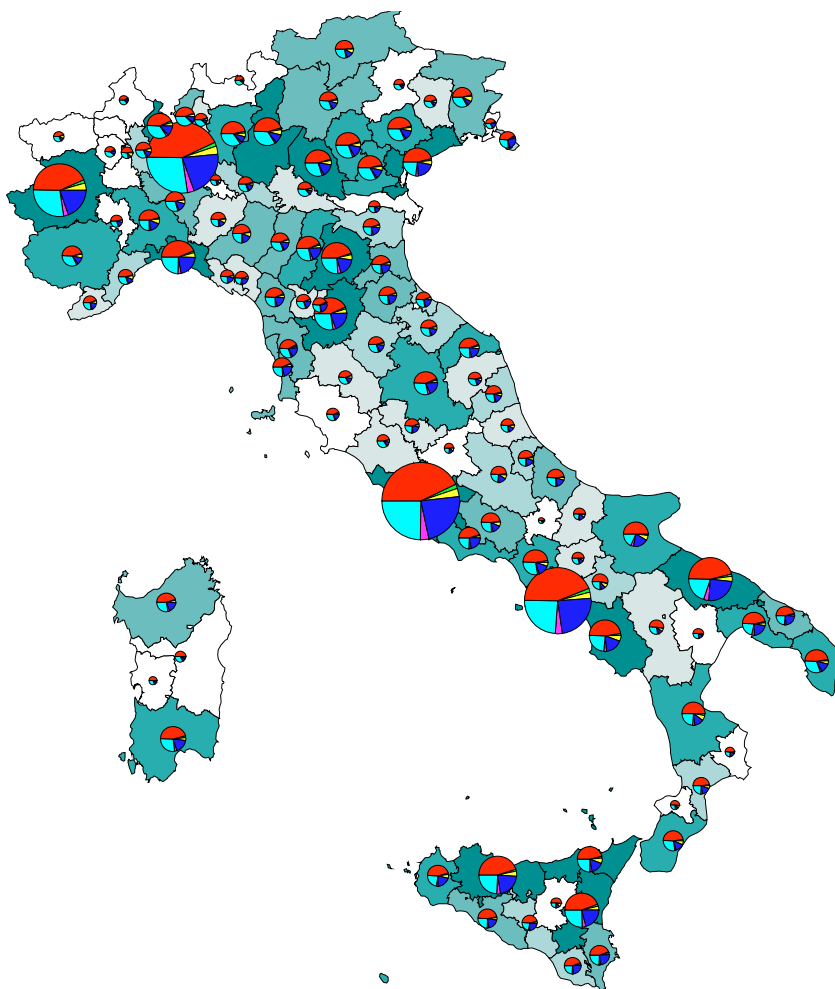




ANPA

AGENZIA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

**ANALISI E VALIDAZIONE METODOLOGIE PER IL
CALCOLO DELLE EMISSIONI INQUINANTI DEI
TRASPORTI**



Rapporto tecnico

Roma, Giugno 2000

Mario Contaldi*, Riccardo De Lauretis*, Paolo Picini#

* ANPA # ENEA





ANPA

AGENZIA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

**ANALISI E VALIDAZIONE METODOLOGIE PER IL
CALCOLO DELLE EMISSIONI INQUINANTI DEI
TRASPORTI**

CONSUMI ED EMISSIONI NEL SETTORE DEI TRASPORTI: CONFRONTO TRA
IL MODELLO COPERT II ED UN'APPLICAZIONE SVILUPPATA IN ENEA /
ANPA DELLA METODOLOGIA CORINAIR COERENTE ALLE SPECIFICITÀ
DEL PARCO NAZIONALE

Rapporto tecnico

Roma, Giugno 2000

Mario Contaldi*, Riccardo De Lauretis*, Paolo Picini#

* ANPA

ENEA

copertina:

distribuzione provinciale delle emissioni di idrocarburi non metanici dai trasporti, anno 1996

fonte:Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale in Italia, ANPA giugno 2000

INDICE

1	Ricognizione delle ricerche su trasporti e ambiente.	Pg 7
2	Descrizione sommaria della metodologia CORINAIR e del modello Copert II	Pg 7
3	Applicazione della metodologia CORINAIR in modo coerente alle specificità del parco automobilistico nazionale	Pg 10
4	Risultati dell'applicazione sviluppata in ENEA/ANPA di CORINAIR con diverse composizioni del parco circolante	Pg 12
5	Modifica del modello Copert II inserendo le diverse composizioni del parco circolante	Pg 15
6	Discussione dei risultati e conclusioni	Pg 16
	Riferimenti Bibliografici	Pg 22

Addendum tecnico su:

Confronto dei consumi e delle emissioni del parco automobilistico di cilindrata compresa tra 0 e 1400 cc secondo Copert II e quello nazionale suddiviso in due sottogruppi: 0–1100 cc e 1100–1400 cc	Pg 22
--	-------

Indice delle figure

Figura 1	Diagramma di flusso programma Copert	Pg 9
Figura 2	Consumi auto benzina immatricolate nel 1990 di cilindrata inferiore a 1100cc	Pg 28
Figura 3	Consumi auto benzina immatricolate nel 1990 di cilindrata compresa tra 1100 e 1400cc	Pg 28
Figura 4	Consumi auto benzina immatricolate nel 1995/97 di cilindrata inferiore a 1100cc	Pg 29
Figura 5	Consumi auto benzina immatricolate nel 1995/97 di cilindrata compresa tra 1100 e 1400cc	Pg 29
Figura 6	Emissioni di CO ₂ delle auto a benzina immatricolate nel 1995	Pg 30
Figura 7	Emissioni di CO ₂ delle auto a benzina immatricolate nel 1997	Pg 31

CONSUMI ED EMISSIONI NEL SETTORE DEI TRASPORTI: CONFRONTO TRA IL MODELLO COPERT II ED UN'APPLICAZIONE SVILUPPATA IN ENEA / ANPA DELLA METODOLOGIA CORINAIR COERENTE ALLE SPECIFICITÀ DEL PARCO NAZIONALE

1 - Ricognizione delle ricerche su trasporti e ambiente.

Nel settore della metodologia per il calcolo delle emissioni, le prime ricerche negli anni 70 sono di fonte americana; successivamente queste ricerche sono state sviluppate in Europa, in particolare nell'ambito dell'ONU-ECE (Economic Commission for Europe, Ginevra) ed in sede comunitaria. Questi lavori hanno prodotto una metodologia comune a livello europeo, denominata CORINAIR, per la stima delle emissioni in aria da tutti i settori economici, inclusi i trasporti.

La prima versione di questa metodologia è stata sviluppata da gruppi di lavoro con esperti di diversi paesi per essere utilizzati dalle parti della Convenzione ONU su "Long range transboundary air pollution" (CLRTAP). Questa Convenzione coinvolge, oltre la UE, anche tutti gli altri paesi europei, inclusa l'ex URSS, gli USA ed il Canada. Il lavoro era finalizzato allo sviluppo di inventari delle emissioni in aria per dei trattati specifici (Protocolli), che limitano le emissioni di composti acidificanti dell'atmosfera nell'emisfero settentrionale del pianeta.

Le emissioni in aria di composti che hanno una certa permanenza in atmosfera sono per definizione transfrontaliere, pertanto le emissioni in un paese influenzano la qualità dell'aria in un altro e sono pertanto oggetto di trattati internazionali. Specificatamente per il settore dei trasporti sono adottate anche delle normative di emissione per tutti veicoli fin dagli anni '70, con limiti di emissione via più stringenti.

La metodologia Corinair, inclusa una guida all'uso dei fattori di emissione, da una prima versione nel 1985 ed un aggiornamento nel 1990 si è arricchita e sviluppata nel 1996 ⁽¹⁾, completata da appositi programmi di calcolo per il settore dei trasporti su strada. Questa ultima versione è stata fatta propria dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, che la mantiene aggiornata ⁽²⁾, ed è attualmente la metodologia di riferimento in ambito comunitario (DG XI - Ambiente) per la preparazione degli inventari delle emissioni da parte dei singoli stati. Ovviamente in ambito comunitario sono state sviluppate anche altre metodologie, prendendo spunto da lavori dei vari paesi, per lo studio di emissioni in particolari settori o situazioni geografiche.

2 – Descrizione sommaria della metodologia CORINAIR

Questa metodologia si propone il calcolo delle emissioni in aria di tutti i settori dell'economia; per ognuno di essi sono disponibili diversi metodi di calcolo, dai più semplificati a quelli sempre più dettagliati e precisi. Il principio è di consentire

¹ Joint EMEP-CORINAIR "Atmospheric emission inventory guidebook" edito da European Environment Agency (EEA) nel febbraio 1996

² esiste una versione 2.0 del manuale, edita nel novembre 1999

comunque una prima stima agli esperti dei singoli paesi, anche se si disponesse di dati molto aggregati, e di consentire valutazioni molto raffinate (a livello di studio di settore o di comune) se a livello locale fossero disponibili le statistiche necessarie.

I settori ed i sottosectori sono identificati con una apposita classificazione, "SNAP", consistente con la classificazione NACE dei settori economici ed altre classificazioni internazionali quale, ad esempio, quella dell'IPCC elaborata per la Convenzione sul Clima Globale.

Nel caso specifico dei trasporti le emissioni derivano in gran parte dal consumo di carburante e dipendono dal motore che trasforma l'energia chimica in energia meccanica. Una prima stima, di grossolana approssimazione, consente di valutare le emissioni del settore in modo proporzionale ai consumi totali; una migliore valutazione si ottiene suddividendo i consumi sulla base del tipo di veicolo ed un uso medio dello stesso. Un aumento di precisione notevole, dato che per uno stesso veicolo le emissioni dipendono dal regime del motore e differiscono in modo sensibile (di un fattore da due a quattro) nell'uso urbano od extraurbano dello stesso, si ottiene valutando i chilometri percorsi nelle diverse modalità d'uso da gruppi di veicoli omogenei in cui si suddivide il parco veicoli nazionale.

Questa ultima procedura è stata implementata anche in un programma di calcolo (modello matematico), noto sotto il nome Copert, il quale consente di valutare le emissioni in tre principali modalità di traffico, urbano, rurale ed autostradale e di stimare l'effetto dei fattori correttivi, tra cui il numero di partenze a freddo e la temperatura media dell'aria. La valutazione precisa delle emissioni richiederebbe misure sul campo dell'uso effettivo dei veicoli, delle loro velocità istantanea e così via; la corrispondenza tra le emissioni stimate con la metodologia Corinair e quelle derivanti dall'uso effettivo del veicolo è stata valutata in studi campione effettuati nell'Europa settentrionale.

I dati necessari ed il flusso dei calcoli da eseguire è rappresentato nel diagramma di figura 1. Con riferimento a questo diagramma analizziamo nel dettaglio i dati necessari:

- consumo e caratteristiche dei carburanti;
- dati accurati sulla consistenza del parco, suddiviso secondo le principali tipologie di veicoli, il combustibile utilizzato, la cilindrata, l'anzianità e, per ognuna di queste classi, ulteriormente suddiviso in base alle normative di emissione.
- dati sull'uso dei veicoli, ad esempio le percorrenze medie annue, le velocità medie, il percorso medio :
 - o per le automobili e gli altri mezzi di trasporto delle persone, si suddivide la mobilità in tre sottogruppi, quella a velocità media urbana (intorno ai 20 km/h), extraurbana (intorno ai 60 km/h) ed autostradale (oltre i 100 km/h), successivamente si determinano i km percorsi (consumi totali diviso consumi specifici per modalità d'uso) ;
 - o per i veicoli per il trasporto delle merci, la stessa distinzione viene utilizzata anche se con maggiori approssimazioni nella stima a causa di una base statistica carente;
 - o per gli altri mezzi a motore (motociclette, mezzi movimento terra, macchine da cantiere, trattori, pescherecci, locomotive) le fonti

statistiche disponibili, ISTAT, CNT ed UP ⁽³⁾, consentono di valutare la consistenza del parco e, per alcuni di essi, forniscono una stima dei consumi; sulla base della consistenza del parco ed ipotizzando un uso tipico del veicolo sulla base di medie europee è possibile ricostruire una stima dei consumi;

- altre informazioni accessorie sulla climatologia di una determinata area e su quale parte del percorso medio è fatto con il motore ancora freddo.

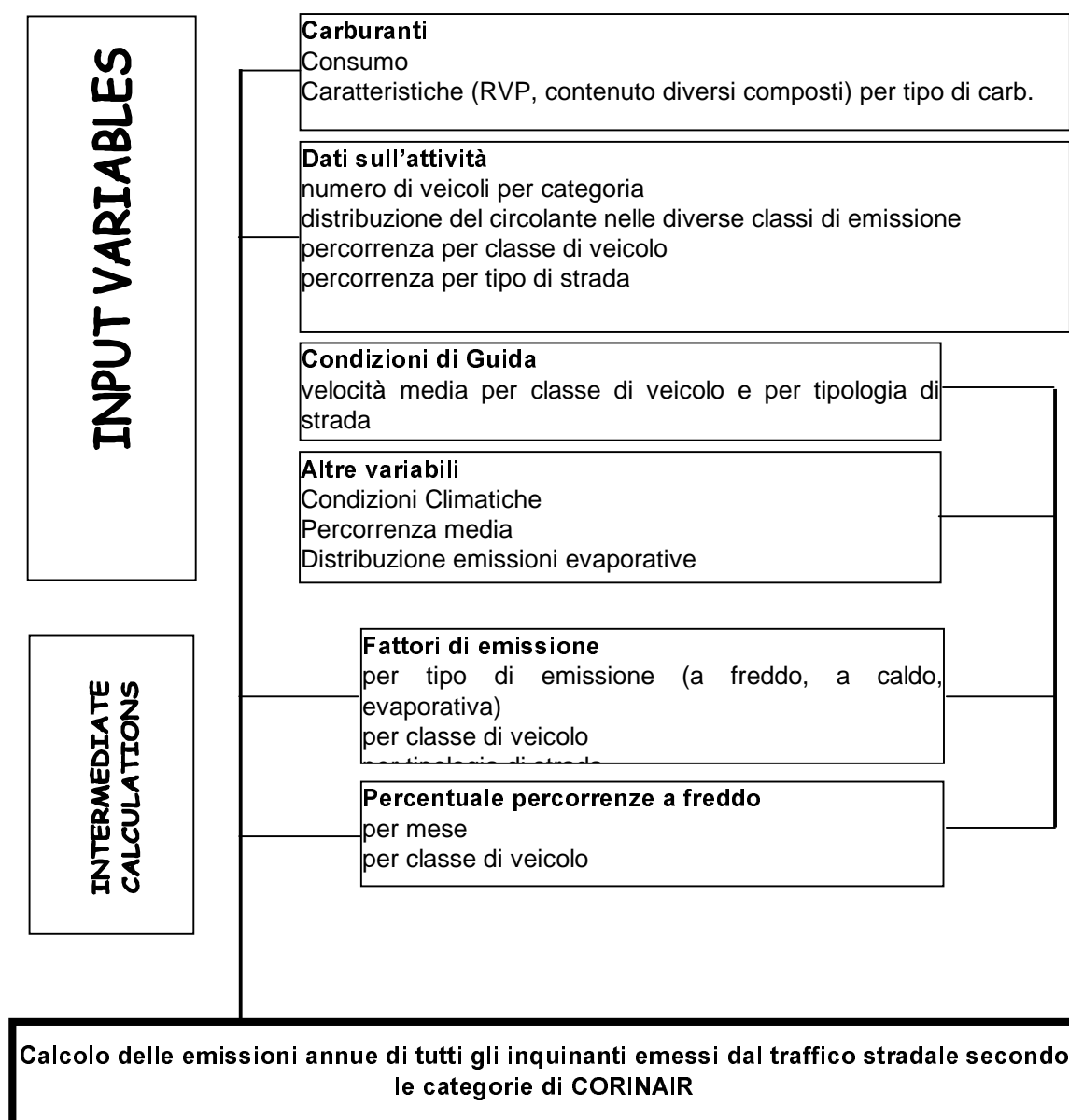


Figura 1: Diagramma di flusso programma Copert

³ Annuario Statistico, Conto Nazionale dei Trasporti edito dal Ministero dei Trasporti e le Statistiche Annuali dell'Unione Petrolifera

Il programma, sulla base delle informazioni sopra elencate, calcola le emissioni previste utilizzando fattori di emissione specifici per ogni categoria di veicoli.

Si sottolinea infine che i consumi specifici ed i fattori di emissione medi utilizzati dal modello sono stimati sulla base di prove che integrano fattori di emissione a velocità costante con un certo numero di situazioni di traffico “stop and go”. La stima approssima una situazione media a livello nazionale e pertanto la metodologia stessa non è utilizzabile, senza fattori correttivi, per stime su singoli archi di traffico, all’interno di città o aree urbane.

3 - Applicazione della metodologia Corinair in modo coerente alle specificità del parco automobilistico nazionale

A fini di ricerca e di previsione a medio-lungo termine delle emissioni era stata sviluppata in ENEA/ANPA un’applicazione originale della metodologia Corinair sotto forma di un modello implementato excel. Questo modello fin dall’inizio è stato concepito per collegarsi con i dati di mobilità, p-km e t-km, utilizzati da modelli macroeconomici per la previsione a medio-lungo termine dei consumi energetici, e pertanto può avvalersi delle stime fatte per queste grandezze nel contesto del CNT ed integrarle alle stime sulla mobilità. Con questo strumento è possibile riconciliare una mobilità complessiva calcolata, utilizzando criteri coerenti ricavati da Corinair e fonti statistiche indipendenti, con quella riportata dal CNT. In questo modo si riesce a trasformare in un formato utile per il modello Copert le stime di mobilità effettuate dal Ministero dei Trasporti, soprattutto per il trasporto su strada

Nel caso del trasporto su strada diversi sono i motivi che hanno motivato una suddivisione del traffico nei tre ambienti urbano, autostradale e extraurbano, con una quantificazione precisa dei consumi/percorrenze per ogni modalità d’uso dei veicoli. I principali motivi sono:

- le modalità collettive di trasporto sono specializzate e concorrono con il trasporto automobilistico solo in determinati ambienti, ad esempio metropolitane o treni ad alta velocità sono alternativi a due usi diversi dello stesso veicolo;
- disponendo di una stima disaggregata della mobilità si è cercato di valutare i consumi stradali per ognuna delle tre modalità d’uso;
- nel caso delle automobili ci sono significative differenze tra la flotta circolante utilizzata per le autostradale e quella prevalente nelle città;
- esiste un particolare interesse nel calcolare le emissioni in ambito urbano, dove il trasporto su strada risulta la principale fonte di inquinamento .

La metodologia Corinair descritta nel capitolo 2 è stata integrata con altri dati, sulla base dei seguenti criteri:

mobilità passeggeri:

- aumento da 3 a 4 delle classi attuali di disaggregazione previste in Copert II dei veicoli sulla base della cilindrata (inferiori a 1400cc, da 1400 a 2000cc e maggiori

di 2000cc), spezzando in due la prima classe per meglio cogliere la notevole variabilità del parco nazionale, come si può osservare in tabella 1, e calcolo dei consumi medi della nuova classe, riportati nelle figure 2- 5 in fondo al testo;

- nella classe dei veicoli di grossa cilindrata, spostamento della soglia: “maggiori di 2000cc” a: “maggiori di 1950cc”; per tenere conto della particolarità del parco nazionale indotta dalle misure fiscali in vigore fino al 1996;
- riconciliazione della mobilità complessiva su automobili calcolata, utilizzando criteri coerenti e fonti statistiche indipendenti, con quella riportata dal CNT.

mobilità merci:

- essendo insufficiente la suddivisione del trasporto su strada reperibile dalle statistiche si è ricostruita una valutazione dei chilometri effettivamente percorsi dai mezzi, valutando i viaggi a vuoto e la distribuzione sul territorio nazionale delle merci trasportate sulla base della matrice input-output regionale;

4 - Risultati dell'applicazione sviluppata in ANPA di Corinair con diverse composizioni del parco circolante

Sono state esaminati separatamente le influenze dei due diversi modi di disaggregare il parco:

- suddivisione del parco sotto i 1400 cc in due classi separate: < 1100 cc e >1100;
- spostamento della soglia: "maggiori di 2000cc" a: "maggiori di 1950cc".

A tal fine sono state ottenute dall'ACI ⁽⁴⁾delle elaborazioni della suddivisione del parco per cilindrata tali da consentire questi confronti con dati omogenei per più anni (1994, '95 e '96) e sono stati confrontati i risultati ottenuti. Questi dati del parco sono basati su di una versione aggiornata della banca dati ACI e pertanto leggermente diversi da quelli precedenti. Il confronto, sia pure utilizzando dati parziali per la suddivisione del parco per cilindrata, è stato esteso anche all'anno 1990, , in quanto si tratta di un anno di riferimento per la stima delle emissioni.

4.1 Suddivisione in due sotto classi delle auto inferiori a 1400 cc

Nel loro complesso le auto a benzina di cilindrata inferiore a 1400 cc rappresentano il 75% del parco nel 1990 e variano tra il 78% ed il 77% tra il 1994 ed il 1996. In tabella 1 è riportata la consistenza del parco inferiore a 1400cc nel 1996, suddivisa per classe di emissione (fonte ACI).

Tabella 1

Autovetture a benzina	Parco <1400cc	parco <1100 cc	% sul tot<1400
PRE ECE		1,115,716	79.6
ECE 15/00-01		1,145,254	77.4
ECE 15/02		1,110,201	69.3
ECE 15/03		1,326,202	61.3
ECE 15/04		4,791,465	49.6
91/441/EEC		1,047,358	27.1
Totale		10,536,195	52.2
		parco tra 1100 cc e 1400 cc	
PRE ECE	1,400,977	285,261	20.4
ECE 15/00-01	1,479,365	334,111	22.6
ECE 15/02	1,602,031	491,830	30.7
ECE 15/03	2,163,563	837,361	38.7
ECE 15/04	9,659,061	4,867,596	50.4
91/441/EEC	3,867,225	2,819,867	72.9
Totale	20,172,222	9,636,027	47.8

⁴ G. Tosi, ACI, comunicazione del febbraio 1999

Con la suddivisione proposta si evidenzia la sottoclasse delle auto di cilindrata inferiore a 1100 cc, la quale rappresenta il 46% del parco nel '90 e varia tra il 45% ed il 40% tra il 1994 ed il 1996.

Queste auto, in media, presentano consumi specifici sensibilmente inferiori a quelle con cilindrata compresa tra i 1100 ed i 1400 cc, come si può rilevare dai consumi di omologazione (direttamente proporzionali alle emissioni di anidride carbonica) per i modelli immatricolati nel 1995 e nel 1997 e riportati nelle figure 6 e 7.

I modelli con motori inferiori ai 1100 cc sono, fino ad anni recenti, un'anomalia italiana nel quadro europeo, dovuta probabilmente alla ridotta ricchezza disponibile per le famiglie ed incoraggiata da politiche fiscali e normative che premiano queste auto piccole e con consumi contenuti.

La riduzione dei consumi specifici medi fa sì che queste auto presentino una percorrenza più elevata e/o una velocità media superiore a parità di consumi complessivi. Sia la percorrenza che la velocità media influenzano sensibilmente le emissioni complessive. Calcolando le emissioni nelle due ipotesi di lavoro che prevedono ENEA/ANPA (con la suddivisione in due classi) e Copert (senza effettuare la suddivisione) si può calcolare quantitativamente l'effetto sui consumi ed emissioni complessive del parco circolante dovuto alla inclusione di una sottoclasse di auto di cilindrata tra 0 e 1100cc. In sintesi ciò comporta:

- una variazione dei consumi, aumentati di circa l'8,5% nel 1990 e del 5% nel 1996;
- la riduzione delle emissioni di NOX (a consumi costanti) tra il 5% nel 1990 ed il 4% nel 1996, risultante dal confronto tra le tabelle 4 e 5;
- la riduzione delle emissioni di VOC (a consumi costanti) tra il 5,1% nel 1990 ed il 3,3% nel 1996, risultante dal confronto tra le tabelle 6 e 7

La riduzione della variazione dei consumi è dovuta alla decrescente incidenza delle auto con cilindrata inferiore a 1100 che passano dal 45 al 40% del parco complessivo e probabilmente ad un significativo aumento della cilindrata media, con una quasi scomparsa delle auto di cilindrata inferiore ai 900cc. La variazione delle emissioni complessive del parco, è calcolata a parità dei consumi totali e quindi con opportune riduzioni delle velocità medie urbane ed aumenti di quelle autostradali.

4.2 Spostamento della soglia: "maggiori di 2000cc" a: "maggiori di 1950cc"

Questa modifica della suddivisione del parco, apparentemente di poco conto se si riferisce alla sola cilindrata, in realtà serve a considerare l'effetto delle ben note restrizioni fiscali (sensibile aumento dell'IVA dopo la soglia di 2000cc) che erano in essere fino agli anni in esame e che influenzavano sensibilmente la cilindrata media. E' ben noto che esistevano motorizzazioni speciali di cilindrata contenuta entro i 2000 cc per automobili che in altri paesi erano in commercio con motori di cilindrata superiore. Ovviamente questi motori erano "spinti" per consentire prestazioni analoghe alle altre motorizzazioni ed i consumi specifici risultano analoghi o addirittura più alti di quelli degli stessi modelli in commercio con motori di cilindrata di poco superiore. Il fatto è evidenziabile dalle citate figure 6 e 7 che riportano i consumi per ciclo prova, per le diverse classi di cilindrata.

Quantitativamente l'incidenza sul parco è vistosa, visto che nel 1994 il parco a benzina circolante di cilindrata superiore a 2000 cc è pari a circa 248 mila vetture mentre quello con cilindrata compresa tra i 1950 ed i 2000 cc è pari a 1592 mila vetture. Nel 1996 le proporzioni sono analoghe: 241 mila vetture superiori a 2000 cc ed 1715 mila di cilindrata compresa tra 1950 e 2000 cc.

Questa anomalia rispetto al parco europeo è destinata ad attenuarsi nel tempo in seguito all'armonizzazione delle aliquote IVA, ma il suo effetto sul parco resterà comunque sensibile per i prossimi anni. In tabella 2 sono riportate le variazioni della consistenza del parco nel 1996 suddivise per classe di emissione (fonte ACI). In Tabella 3, pg 17, è riportato il parco complessivo.

Tabella 2, autovetture

Categorie	vetture a benzina > 2000 cc	percentuale sul totale del parco	vetture a benzina > 1950 cc	percentuale sul totale del parco
PRE ECE	32,843	0.12	58,386	0.22
ECE 15/00-01	23,092	0.09	75,427	0.28
ECE 15/02	22,543	0.08	96,497	0.36
ECE 15/03	18,926	0.07	119,061	0.44
ECE 15/04	96,748	0.36	1,024,246	3.80
91/441/EEC	50,921	0.19	617,838	2.29
Totale	245,073	0.91	1,991,455	7.38

L'effetto sulla valutazione dei consumi e delle emissioni complessive di questa diversa suddivisione del parco è analogo ma di segno opposto a quello considerato nel paragrafo precedente:

- un numero elevato di automobili erano valutate nel modello Copert utilizzato tal quale, con consumi specifici medi sensibilmente inferiori; quindi le percorrenze e velocità medie risultavano superiori a parità di consumi complessivi;
- le emissioni, di conseguenza, erano superiori pur a parità di fattore di emissione.

Quantitativamente gli effetti sui consumi ed emissioni complessive del parco circolante del fatto di ignorare la presenza di auto dai consumi elevati nell'intervallo 1950 – 2000 cc, sono valutati in una:

- riduzione dei consumi di circa il 5,5% nel 1990 e del 3,7% nel 1996;
- aumento delle emissioni (a consumi costanti) di NOX del 8,5% nel 1990 e dell'1% nel 1996;
- aumento delle emissioni (a consumi costanti) di VOC del 3,8% nel 1990 e dell'4,3% nel 1996

5 - Modifica del modello Copert II inserendo le diverse composizioni del parco circolante

In relazione alla stima delle emissioni per il 1996 il modello Copert II è stato opportunamente modificato per valutare l'effetto di una rappresentazione più realistica del parco italiano. Non è stato possibile in questo caso semplicemente inserire la nuova curva dei consumi specifici nazionali ma è stato necessario sviluppare versioni "ad hoc" del modello, modificando le velocità medie e le percorrenze in modo opportuno. L'intera operazione è descritta in dettaglio nell'addendum tecnico, nel quale è ipotizzata una metodologia semplificata che consenta di ridurre i consumi specifici della classe 0 – 1400 cc presente in Copert II in modo da approssimare il risultato che si avrebbe suddividendo in due questa classe, come sarebbe richiesto dal parco nazionale.

Sono state esaminati separatamente le influenze dei due diversi modi di simulare il parco:

- dividendo il parco sotto i 1400 cc in due classi separate: < 1100 cc e >1100;
- spostamento della soglia: "maggiori di 2000cc" a: "maggiori di 1950cc".

Si sottolinea che in entrambi i casi i consumi complessivi di benzina sono stati mantenuti costanti. In questo caso, non essendo possibile variare i consumi specifici delle auto sono state eseguite prove in cui i consumi totali di carburante sono stati utilizzati come variabile di controllo e mantenuti costanti. I risultati si riferiscono pertanto alle sole emissioni.

5.1 Separazione in due sotto gruppi delle auto inferiori a 1400 cc

Nel caso in cui questo parco è stato simulato con una diminuzione delle velocità medie urbane ed un aumento di quelle autostradali si sono registrati aumenti delle emissioni totali di NOx del 4,1% e di VOC dello 0,8% rispetto alla versione base non modificata. Il solo settore modificato è quello delle auto a benzina, in questo sotto settore le emissioni di NOx sono aumentate del 6,9% e quelle di VOC del 1,1%.

Nel caso in cui questo parco è stato simulato con un aumento delle percorrenze si sono avuti aumenti delle emissioni totali di NOx del 2,6% e di VOC del 3,9%. Il solo settore modificato è quello delle auto a benzina, in questo sotto settore le emissioni di NOx sono aumentate del 4,3% e quelle di VOC del 5,5%.

5.2 Spostamento della soglia: "maggiori di 2000cc" a: "maggiori di 1950cc"

In questo caso si sono registrati diminuzioni delle emissioni totali di NOx del 1,7% e di VOC dello 3,6% rispetto alla versione base non modificata. Il solo settore modificato è quello delle auto a benzina, in questo sotto settore le emissioni di NOx sono diminuite del 2,8% e quelle di VOC del 5,1%.

6- Discussione dei risultati e conclusioni

Sono state effettuate due diverse verifiche dell'influenza sulle emissioni di due peculiarità del parco automobilistico italiano rispetto a quello medio europeo:

- la presenza di un gran numero di auto di cilindrata inferiore a 1100 cc, circa il 41% nel 1996, con consumi specifici sensibilmente inferiori, -8 / 18% a seconda della velocità, a quelli delle auto tra 1100 e 1400 cc che rappresentano la quasi totalità delle auto "piccole" negli altri paesi;
- la presenza di un gran numero di auto con cilindrata compresa tra 1950 e 2000cc, essenzialmente per motivi fiscali, con consumi paragonabili a quelle di auto di maggiore cilindrata.

Entrambe le verifiche utilizzano la metodologia CORINIAR per la stima delle emissioni ma differiscono nel senso che in un caso è stata sviluppata un'applicazione specifica su fogli elettronici e nel secondo caso è stato utilizzato il modello Copert II.

Le verifiche sono state effettuate sulle emissioni di due composti inquinanti: NOx e VOC e per due anni, 1990 e 1996 nel caso dell'applicazione sviluppata su fogli elettronici e per il solo 1996 nel caso del modello Copert.

Nel primo caso si è visto che inserendo questa classe di vetture di cilindrata inferiore a 1100cc, le emissioni complessive di NOx aumentano del 5% nel '90 e del 4% nel 1996 secondo l'applicazione su fogli elettronici e del 3-4% nel 1996 secondo Copert II. Le emissioni complessive di VOC aumentano del 5% nel '90 e del 3% nel 1996 secondo l'applicazione su fogli elettronici e del 1-4% nel 1996 secondo Copert II rispetto alle versioni non modificate.

Nel secondo caso si è visto che spostando le vetture di cilindrata compresa tra 1950 e 2000cc alla classe >2000cc, le emissioni complessive di NOx diminuiscono del 8% nel '90 e del 1% nel 1996 secondo l'applicazione su fogli elettronici e del 1,7% nel 1996 secondo Copert II. Le emissioni complessive di VOC si riducono del 3,8% nel '90 e del 4,3% nel 1996 secondo l'applicazione su fogli elettronici e del 3,6% nel 1996 secondo Copert II.

Come si vede i risultati sono in buon accordo con entrambi i modelli utilizzati e mostrano due variazioni di segno opposto che in parte si compensano. In sostanza pur in presenza di una differenza nelle stime, nel '90, del 13% per gli NOx e del 9% per i VOC, l'effettiva variazione delle emissioni totali era pari rispettivamente al 3% ed all'1%. La differenza nelle stime si riduce passando dal 1990 al 1996 per effetto della sempre maggiore omogeneità del parco nazionale con quello europeo, con sensibile aumento della cilindrata media.

Si segnala inoltre che nei paragrafi precedenti si parla del totale delle emissioni nazionali, nel caso si andassero a valutare le sole autovetture a benzina (le uniche che sono influenzate da queste peculiarità del parco nazionale) le differenze percentuali all'incirca raddoppiano, visto che queste vetture sono responsabili di circa la metà delle emissioni dirette (allo scarico), vedi tabelle 5-8. Ancora più significativo è la differenza, che può in questo caso superare il 25% per gli anni precedenti il 1996, nel

caso di stime per zone particolari di traffico, ad esempio nelle aree urbane, e se si tiene conto delle emissioni evaporative.

In conclusione si ritiene opportuno valutare in modo preciso la composizione del parco nazionale e di modificare, ove possibile, i modelli di calcolo delle emissioni al fine di correggere una differenza nella stima variabile tra l'5 ed il 13% a seconda degli anni e dell'inquinante. La variazione complessiva delle emissioni annuali associata alle due modifiche considerate è piccola (1-3%) in quanto si tratta di due effetti di segno opposto che riguardano le sole vetture a benzina. Nel caso però di valutazioni specifiche, ad esempio aree urbane, la differenza tra le due stime può aumentare sensibilmente e la sua mancata correzione porta a significative variazioni.

Tabella 3, Parco circolante, milioni di autovetture

		1990	1994	1995	1996	1997
PARCO CIRCOLANTE						
Auto, circolante ACI, stock	10 ⁶	27.42	30.00	30.44	28.31	29.34
Auto, real "on road" cars	10 ⁶	24.53	27.21	27.92	26.23	26.48
Benzina		19.87	22.91	23.66	22.04	22.36
Seg. A e B, < 1400 cc	< 1150	45.6%	45.7%	43.5%	40.5%	39.7%
	> 1150	31.8%	33.7%	34.8%	36.8%	37.7%
Seg. C e D, > 1400 cc	< 1600	9.9%	7.4%	8.2%	9.0%	8.9%
	> 1600	5.5%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%
Seg. E - H, > 1950 cc		7.2%	6.9%	7.2%	7.5%	7.5%
Diesel		3.44	3.19	3.19	2.91	2.87
		14.0%	11.7%	11.4%	11.1%	10.8%
LPG		0.99	0.88	0.82	1.02	0.99
		4.0%	3.2%	3.0%	3.9%	3.7%
CNG		0.23	0.23	0.25	0.26	0.26
		0.9%	0.8%	0.9%	1.0%	1.0%

Tabella 4, Emissioni di NOx con suddivisione parco con metodologia Enea/Anpa

		1990	1994	1995	1996	1997
Totale generale emissioni NOx						
totale benzina	Gg	559.1	583.3	579.1	537.7	492.3
totale diesel	Gg	461.9	475.2	478.6	458.9	457.8
totale GPL	Gg	65.6	60.7	58.8	57.6	50.4
totale CH4 (metano)	Gg	10.2	9.3	9.2	9.2	8.9
totale da comb. in ferrovia						
tot. da elettricità	Gg	13.4	13.8	14.9	13.1	13.0
totale carboturbo	Gg	15.8	19.7	21.3	22.4	23.1
totale emissioni		1113	1148	1147	1086	1032

Tabella 5, Emissioni di NOx con suddivisione parco come Copert

		1990	1994	1995	1996	1997
Totale generale emissioni NOx						
totale benzina	Gg	623.5	642.5	635.5	587.0	536.9
totale diesel	Gg	457.7	472.6	476.4	457.2	456.2
totale GPL	Gg	62.5	58.9	57.4	56.7	49.8
totale CH4 (metano)	Gg	9.7	9.0	9.0	9.0	8.7
totale da comb. in ferrovia						
tot. da elettricità	Gg	13.4	13.8	14.9	13.1	13.0
totale carboturbo	Gg	15.8	19.7	21.3	22.4	23.1
totale emissioni		1169	1203	1199	1132	1075

Tabella 6, Emissioni di VOC con suddivisione parco con metodologia Enea/Anpa

		1990	1994	1995	1996	1997
Totale generale emissioni VOC						
totale benzina	Gg	572.6	685.9	704.6	686.9	669.6
totale diesel	Gg	71.1	78.5	77.5	73.4	74.1
totale GPL	Gg	22.7	22.6	22.9	23.1	21.0
totale CH4 (metano)	Gg	3.5	3.5	3.6	3.7	3.7
totale da comb. in ferrovia						
tot. da elettricità	Gg	0.1	0.8	0.8	0.7	0.8
totale carboturbo	Gg	15.5	20.2	21.5	22.2	22.9
Totale emissioni		685	811	830	809	791

Tabella 7, Emissioni di VOC con suddivisione parco come Copert

		1990	1994	1995	1996	1997
Totale generale emissioni VOC						
totale benzina	Gg	608.3	721.0	738.2	716.1	696.1
totale diesel	Gg	70.7	78.2	77.3	73.3	74.1
totale GPL	Gg	21.8	21.7	22.0	22.4	20.4
totale CH4 (metano)	Gg	3.4	3.3	3.4	3.6	3.6
totale da comb. in ferrovia						
tot. da elettricità	Gg	0.1	0.8	0.8	0.7	0.8
totale carboturbo	Gg	15.5	20.2	21.5	22.2	22.9
Totale emissioni		720	844	863	838	817

Riferimenti Bibliografici

ACI (Automobile Club d'Italia): *"Analisi dell'anzianità dei veicoli"*, 1997.

AA.VV.: *"Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria in Italia"*, ANPA, Serie stato dell'ambiente n.6 / 1999.

Avella F., *"Origine e contenimento dell'inquinamento da autoveicoli in relazione alla qualità dei carburanti"*, presentato al Convegno nazionale "Traffico e Ambiente", Trento, 21-25 Febbraio 2000.

Cirillo M., De Lauretis R., Del Ciello R.: *"Review study on European urban emission inventories"*, European Topic Centre on Air Emission (ETC\AE), 1997, EEA.

Commission of European Communities (DG XI): *"CORINAIR, Atmospheric Pollutant Emission Database"*, CORINE PROGRAMME.

CONFETRA (Confederazione generale italiana del Traffico e dei Trasporti): *"Trasporto di media e lunga percorrenza di merci"*, contributo presentato alla Conferenza nazionale energia e ambiente organizzata dall'ENEA, Roma, Ottobre 1998.

De Lauretis R.: *"Stima delle emissioni in aria dovute al settore dei trasporti su strada nel 1997"*, RT/ANPA, Maggio 1999.

Eggleston S., Gaudioso D., Gorißen N., Joumard R., Rijkeboer R.C., Samaras Z. and Zierock K.-H.: *"CORINAIR Working Group on Emissions Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic. Volume 1: Methodology and Emission Factors"*. Final Report, Document of the European Commission ISBN 92-826-5571-X, 1993.

EMEP Task Force & CORINAIR Coordinator: *"Atmospheric Emission Inventory Guidebook"*, second draft. Edito da Gordon McInnes, giugno 1995.

EPA (United States Environmental Protection Agency): *"Regulation of fuel and fuel additives: standards for reformulated gasoline"*, (AMS-FRL-3965-9), USA 1991.

Ministero dell'industria del commercio e dell'artigianato: *"Bilancio Energetico Nazionale - 1997"*, Direzione Generale delle Fonti di Energia e delle Risorse Minerarie, 1998, Istituto Zecca dello Stato.

Ministero dei trasporti e della navigazione: *"Conto Nazionale dei Trasporti - 1997"*, Direzione Generale programmazione, organizzazione e coordinamento, 1998, Istituto Zecca dello Stato.

Ntziachristos L., Samaras Z.: *"COPERT II, Computer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic - Methodology and Emission Factors"*, Final Draft, European Topic Centre on Air Emissions, Thessaloniki, 1998.

Saija S.: “*Stima delle emissioni di inquinanti atmosferici da trasporti stradali ed analisi statistica multivariata dei dati*”, Tesi di Laurea in Analisi Statistica Multivariata, Facoltà di Scienze Statistiche ed Economiche, Università di Roma “La Sapienza”, 1999.

Santostefano S., “*Traffico e mobilità urbana: strategie ottimali per l’abbattimento delle emissioni di inquinanti dell’aria. Il caso di Roma*”, Tesi di laurea in metodi della ricerca operativa, Facoltà di Scienze Statistiche ed Economiche, Università di Roma “La Sapienza”, 1994.

Unione Petrolifera: “*Statistiche Economiche Energetiche e Petrolifere*” , ottobre 1998.

Addendum tecnico

CONFRONTO DEI CONSUMI E DELLE EMISSIONI DEL PARCO AUTOMOBILISTICO DI CILINDRATA COMPRESA TRA 0 E 1400 cc SECONDO COPERT II E QUELLO NAZIONALE SUDDIVISO IN DUE SOTTOGRUPPI: 0–1100 cc E 1100–1400 cc.

Premessa

Come accennato nel capitolo 5 scopo del presente lavoro è individuare una metodologia semplificata che consenta di ridurre i consumi specifici della classe 0 – 1400 cc presente in Copert II in modo da approssimare il risultato che si avrebbe suddividendo in due questa classe, come sarebbe richiesto dal parco nazionale.

Per prima cosa si confronteranno i consumi specifici medi pesati delle auto nuove immatricolate in Italia negli anni 1990, 1995 e 1997 con quelli previsti in Copert II. Successivamente si proporranno dei fattori correttivi.

1) Consumi delle automobili immatricolate tra il 1985 ed il 1992, classe ECE 15-04

Il confronto è effettuato con la media pesata dei consumi del parco immatricolato nel 1990. I consumi specifici di questo parco sono disponibili dai dati di omologazione; consumi in ciclo urbano più i consumi a velocità costante a 90 e 120 km/h. Il primo dato è correlabile con Copert. I secondi due dati vanno modificati mediante opportune correlazioni, che devono risultare valide per tutto il parco, per poterli confrontare con i dati di un ciclo extraurbano contenuti in Copert.

Nelle tabelle 8 e 9 è illustrato il confronto, per alcune velocità medie, tra i valori ricavati dalle equazioni di Copert II e quelli medi pesati del parco italiano, rispettivamente per le cilindrata di 0-1100 e 1100-1400 cc. I medesimi valori sono anche riportati nelle figure 2 e 3 per un confronto ed una comprensione più immediati.

Tabella 8, auto da 0 a 1100 cc, ECE 15-04, consumi in g/km

V media, km/h		15	26	40	60	105	130
km/h	parco italiano	67.3	47.3	40.3	35.5	46.4	65.6
	copert II	79.5	59.3	51.4	44.7	49.6	64.2

Tabella 9, auto da 1100 a 1400 cc, ECE 15-04, consumi in g/km

V media, km/h		15	26	40	60	105	130
	parco italiano	78.7	53.8	46.3	40.4	48.0	64.6
	Copert II	79.5	59.3	51.4	44.7	49.6	64.2

L'andamento è abbastanza caratteristico, i consumi risultano uguali o superiori all'estremo superiore della gamma di velocità per entrambe le sottoclassi. per la classe di vetture piccole sono sensibilmente inferiori per tutte le altre velocità, per la classe di vetture più grandi sono invece di poco più contenuti in ambito extraurbano (>40 km/h) ed invece addirittura superiori in ambito urbano (0 – 25 km/h).

In particolare per le vetture piccole i consumi risultano in media inferiori dell'14-16% in ambito urbano, del 24% a velocità rurale e del 10% a velocità autostradale.

Per le vetture di cilindrata superiore i consumi sono inferiori del 2% in ambito urbano, del 25% a velocità rurale ed inferiori del 8% a velocità autostradale. Il fatto che anche la sottoclasse di cilindrata tra i 1100 ed i 1400 cc presenti consumi inferiori a Copert non stupisce se si considera che la cilindrata media pesata è di 1247 cc, piuttosto bassa per la media europea.

2) Consumi delle automobili immatricolate tra il 1993 ed il 1997, Diret. 91-442 e 94-12

Il confronto è effettuato utilizzando i dati relativi ai consumi del parco immatricolato nel 1995 e nel 1997. I consumi specifici del parco 1995 sono disponibili dai dati di omologazione: consumi in ciclo urbano più i valori a velocità costante a 90 e 120 km/h, per il confronto con COPERT II valgono le stesse osservazioni di cui al precedente paragrafo. I consumi specifici del parco 1997 sono invece disponibili i dati dei nuovi cicli di prova, confrontabili con Copert II mediante opportuni coefficienti reperibili in letteratura. Nelle allegate figure 6 e 7 sono riportati i valori delle emissioni specifiche di anidride carbonica delle auto immatricolate in Italia nel 1995 e nel 1997. Le emissioni di anidride carbonica sono direttamente proporzionali ai consumi.

Nelle tabelle 10 e 11 è illustrato il confronto, per alcune velocità medie, tra i valori ricavati dalle equazioni di Copert II e quelli medi pesati del parco italiano, rispettivamente per le cilindrato di 0-1100 e 1100-1400 cc. I medesimi valori sono anche riportati nelle figure 4 e 5 per un confronto ed una comprensione più immediati.

Tabella 10, auto da 0 a 1100 cc, Dir. 91-442 e 94-12, consumi in g/km

<i>V media, km/h</i>	15	25	40	60	70	105	130
modelli '93-'96	62.0	52.3	41.8	35.3	35.2	51.5	79.1
modelli '97	64.9	54.7	43.5	36.0	35.5	50.7	77.6
copert II	73.5	62.7	50.7	42.3	41.4	55.3	81.6

Tabella 11, auto da 1100 a 1400 cc, Dir. 91-442 e 94-12, consumi in g/km

V media, km/h	15	25	40	60	85	105	130
modelli '93-'96	72.6	61.4	49.0	40.4	42.5	54.4	82.1
modelli '97	72.3	60.4	47.1	37.7	39.4	51.6	80.4
copert II	73.5	62.7	50.7	42.3	44.1	55.3	81.6

Con riferimento ai consumi previsti in Copert II si nota che:

- per le vetture piccole immatricolate tra il 1993 ed il 1996 i consumi risultano in media inferiori del 18% in ambito urbano, del 15% a velocità rurale e del 8% a velocità autostradale. Per quelle immatricolate nel 1997 i consumi risultano in media inferiori del 12% in ambito urbano, del 14% a velocità rurale e del 10% a velocità autostradale;
- per le vetture di cilindrata superiore i consumi presentano andamento diversificato:
 - quelle immatricolate tra 1993 e 1996 presentano consumi leggermente inferiori, tra il 1 ed il 2% in ambito urbano, inferiori del 5% a velocità rurale e autostradale;
 - quelle immatricolate nel 1997 presentano consumi inferiori tra il 2 ed il 3% in ambito urbano, sensibilmente inferiori a velocità rurale, -12%, ed inferiori del 7% a velocità autostradale

La cilindrata media delle auto immatricolate è quasi costante tra il 1995 ed il 1997, pertanto si ritiene che questo andamento diversificato tra i modelli 1995 e quelli 1997 sia dovuto all'evoluzione tecnologica, solo in parte recepita dalle equazioni di Copert II (vedi riduzione consumi a velocità rurale ed autostradale, mentre l'aumento dei consumi a livello urbano dovrebbe essere dovuto all'introduzione del nuovo ciclo prova con partenza a freddo).

3) Fattori correttivi dei consumi

Ai fini di una prova con il modello Copert per verificare gli scostamenti delle emissioni in funzione della diversa cilindrata media italiana sono possibili tre opzioni:

- correggere i consumi specifici di Copert II in base alle percentuali indicate nel paragrafo precedente per ogni classe di veicoli e per le tre velocità tipiche;
- modificare le velocità medie in modo che i consumi specifici coincidano; la correzione dovrebbe inoltre essere pesata con la consistenza del parco inferiore e superiore a 1100 cc;
- aumentare le percorrenze delle auto di cilindrata inferiore ai 1100cc fino ad ottenere un aumento dei consumi totali per ogni classe di vetture pari alla riduzione di consumi specifici;

La prima opzione è ovviamente da preferire ma purtroppo non è al momento possibile modificare i valori di consumi specifici, questa opzione dovrebbe essere presente nella prossima versione del modello Copert. Pertanto si sono effettuate prove con le altre due opzioni elencate. Nella seconda opzione si presume che si riscontrino velocità medie superiori con a disposizione più combustibile. Nella terza opzione si presume che le velocità medie non cambino ed aumentino le sole percorrenze. Sia la seconda che la terza opzione presentano elementi di contatto con la realtà, l'ultima descritta ci sembra però la più adatta alla prova in questione.

Opzione 3, aumento delle percorrenze con incremento dei consumi proporzionale alla riduzione nei consumi specifici

Questa opzione prevede in sostanza di incrementare le percorrenze delle auto di cilindrata inferiore a 1100 cc tanto quanto necessario a bilanciare i minori consumi specifici. In altre parole se ad esempio si ritiene che una certa classe di automobili (ECE 15.04) consumi il 18% in meno, in modalità urbana, di quanto riportato nel modello Copert, si aumentano le percorrenze urbane fino a che quelle determinate automobili consumino il 18% in più rispetto alla base di riferimento. Il vantaggio di procedere in questo modo rispetto alla seconda opzione è quello di conservare la struttura delle velocità relative delle varie classi di veicoli, cosa che corrisponde alla realtà del traffico.

La concreta applicazione di questa opzione porta ad aumentare le percorrenze totali di ogni classe di veicoli di cilindrata inferiore a 1400cc ed alimentati a benzina in modo proporzionale alla percentuale di veicoli inferiori a 1100 cc presenti nel parco, vedi tab. 12. Per ogni classe di veicoli l'aumento di percorrenze è differenziato sulla base del tipo di uso che si fa del veicolo (urbano, rurale o autostradale).

Tabella 12

Totale Passenger Cars			vecchie	nuove	incrementi dei consumi	
Autovetture a benzina		% sul tot	perc.	perc.	per classe e pesati	
Gasoline<1100		<1400	totali	totali	con percorrenze	
PRE ECE	1,115,716	79.6	3,000	3409		1.1712
ECE 15/00-01	1,145,254	77.4	5,000	5663		1.1712
ECE 15/02	1,110,201	69.3	6,500	7252		1.167
ECE 15/03	1,326,202	61.3	9,200	10114		1.162
ECE 15/04	4,791,465	49.6	10,000	10779		1.157
91/441/EEC	1,047,358	27.1	10,000	10393		1.145
Totale	10,536,195	52.2				
Gasoline1100<cc<1400						
PRE ECE	285,261	20.4				
ECE 15/00-01	334,111	22.6				
ECE 15/02	491,830	30.7				
ECE 15/03	837,361	38.7				
ECE 15/04	4,867,596	50.4				
91/441/EEC	2,819,867	72.9				
Totale	9,636,027	47.8				
	20,172,222					

Totale <1400

4) Fattori di emissione

Finora si sono esaminati i consumi, che cosa si propone per le emissioni? In letteratura non sono disponibili valutazioni quantitative delle emissioni effettive, su strada, per il parco italiano di auto di piccola cilindrata. Non sono neanche disponibili dati sufficientemente numerosi per le emissioni all'atto dell'omologazione, a volte questo dato non è neanche registrato, ci si limita ad annotare che sono "inferiori a quanto stabilito dalla normativa".

Sulla base delle seguenti valutazioni, di tipo qualitativo, si propone di non modificare le equazioni riportate in Copert II.

Emissioni di NOx

Innanzitutto la presenza del dispositivo catalitico mantiene abbastanza costanti le emissioni per le auto post -1992. In questo caso pertanto la costanza delle emissioni è più che un'ipotesi, si tratta dell'effettivo comportamento del veicolo che presenta emissioni inferiori ad un certo valore espresso in g/ km.

Le auto immatricolate dal 1985 al 1992 e di cilindrata inferiore a 1100 cc dovrebbero presentare emissioni di NOx inferiori, in g/ km, vista la minore potenza del motore. Inoltre la presenza di miscele di alimentazione "più ricche", come si verifica nei motori di piccola cilindrata privi di marmitte catalitiche per ottenere potenze elevate, riduce gli ossidi di azoto. Per lo stesso motivo le emissioni di COV dovrebbero essere superiori. Per contro questi stessi motori risultano in media piuttosto efficienti, sono quindi, per la maggior parte del campo di funzionamento, alimentati da miscele "magre", con elevata produzione specifica di NOx.

Il veicolo di cilindrata inferiore ai 1100 cc, pertanto, dovrebbe presentare emissioni superiori quando usato con bassa potenza del motore rispetto a veicoli con motorizzazione compresa tra i 1100 ed i 1400 cc. Se utilizzato a potenze elevate del motore dovrebbe presentare emissioni inferiori. L'ipotesi di un bilancio in pareggio è realistica.

Emissioni di COV

In questo caso le emissioni dovrebbero essere addirittura superiori, sia nel funzionamento a piena potenza, come già detto, che nel funzionamento normale. In quest'ultimo caso le emissioni inferiori allo scarico dovrebbero essere bilanciate da quelle superiori per evaporazione e perdite, vista la nota, scarsa precisione della meccanica delle auto nazionali, i frequenti trafiletti di benzina e la bassa manutenzione media di queste auto.

L'ipotesi di invarianza delle emissioni è pertanto, in questo caso, fortemente conservativa.

Figura 2

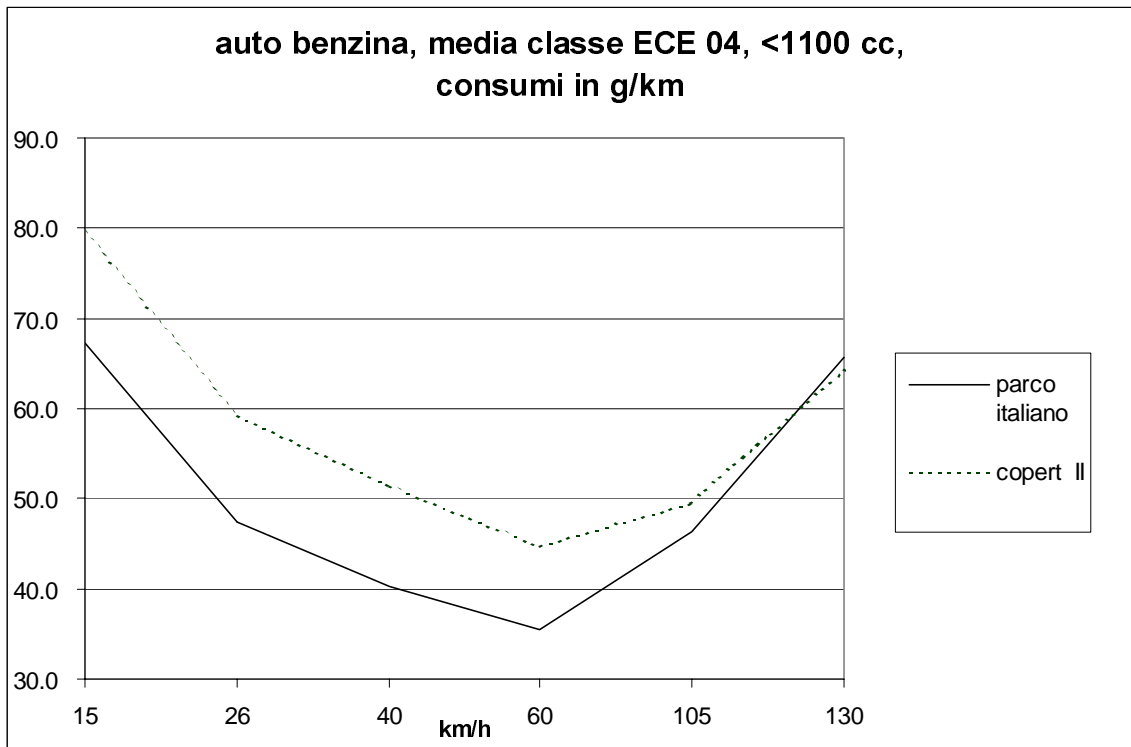


Figura 3

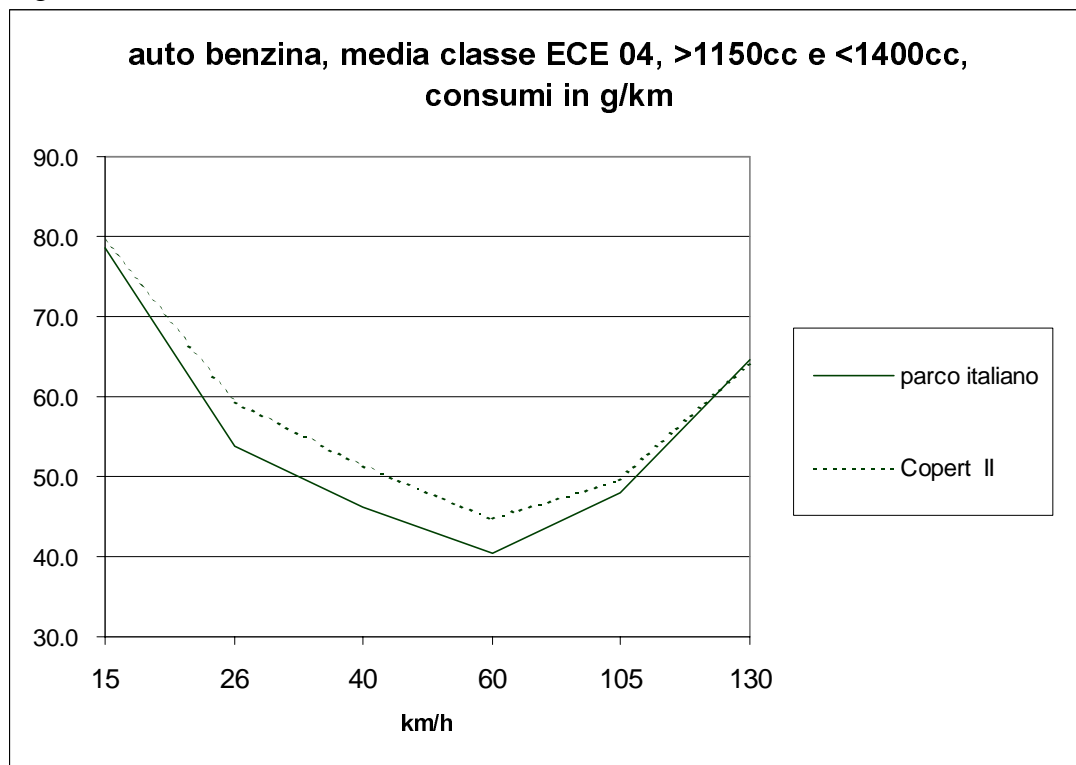


Figura 4

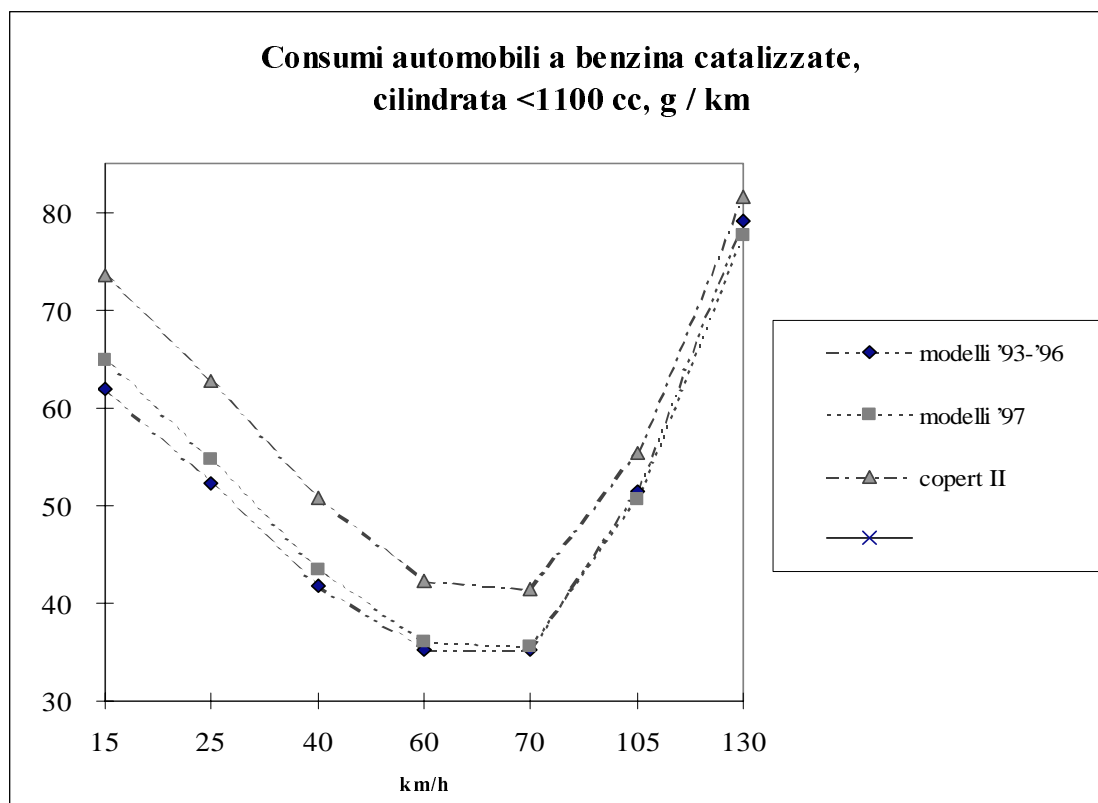


Figura 5

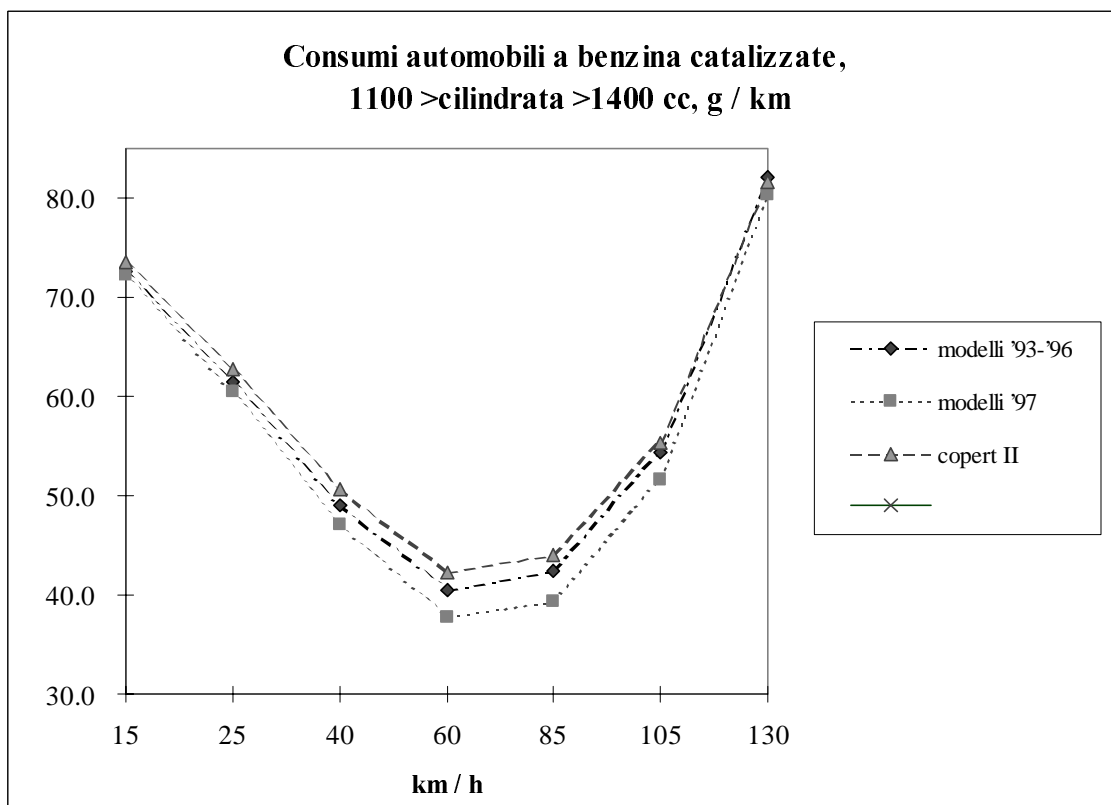


Figura 6

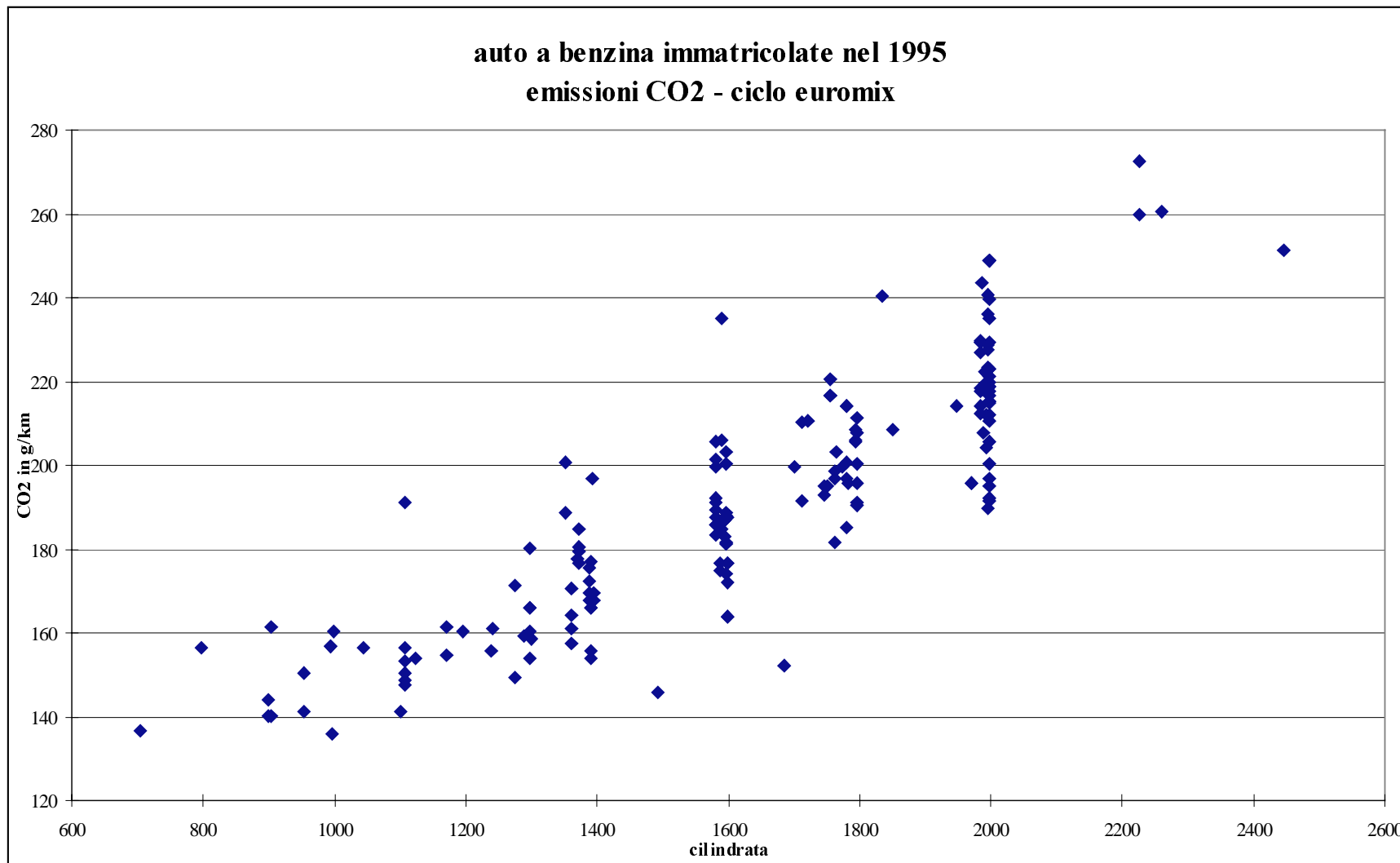


Figura 7

