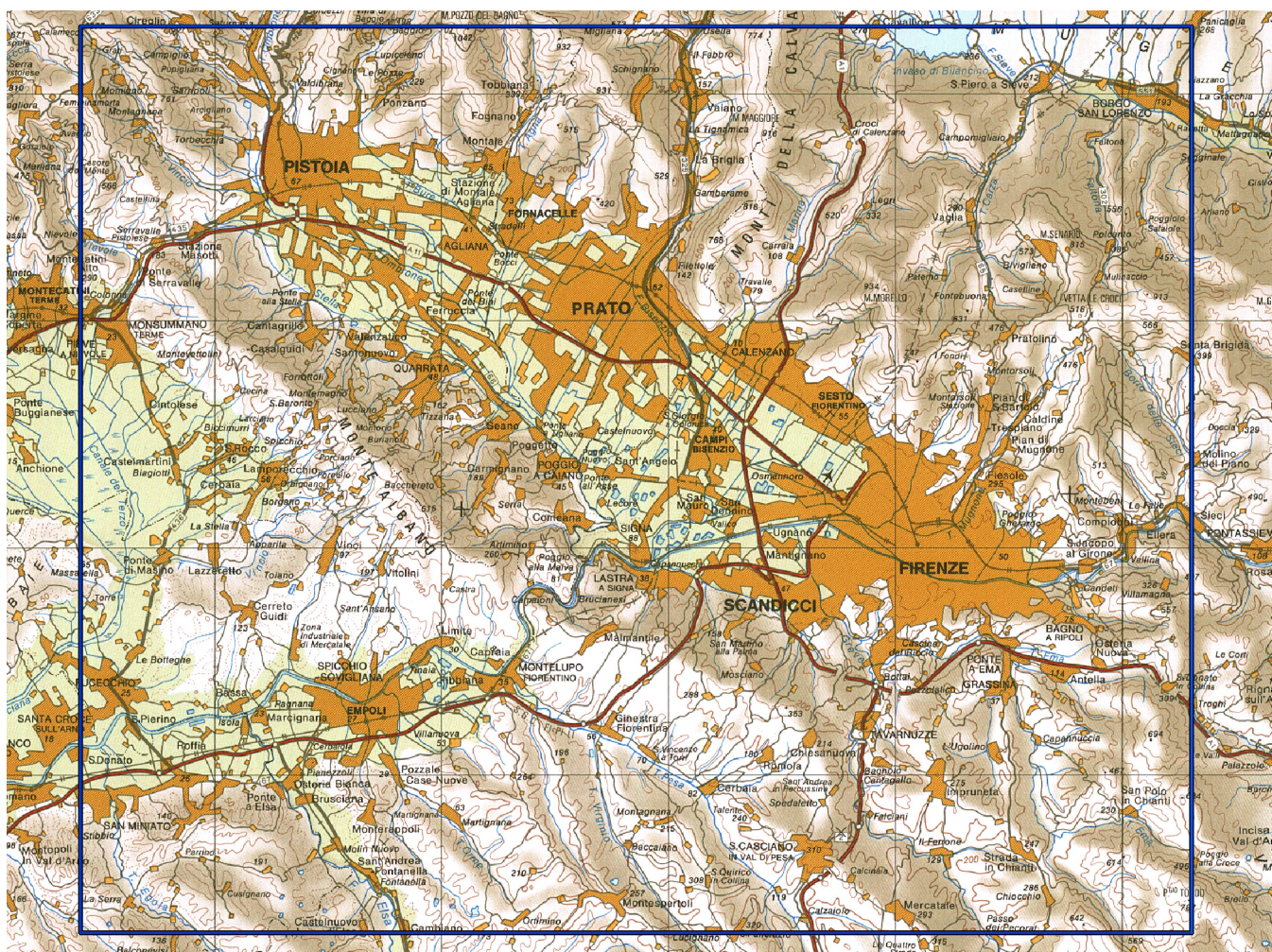


PROGETTO MODIVASET2
DEFINIZIONE DEGLI SCENARI EMISSIVI 0, 1, 2

REGIONE TOSCANA
ARPAT-DIP.FIRENZE
UNIV. FIRENZE DIP.DI ENERGETICA

PREMESSA

Il progetto MODIVASET-2 si presenta come ipotesi di approfondimento di studio sugli effetti sulla qualità dell'aria nell'ambito dell'area metropolitana Firenze, Prato Pistoia (vedi figura), all'interno di un bacino orografico, che per caratteristiche diffusionali e per presenza di livelli di antropizzazione attuali e futuri riveste notevole importanza nell'ambito della pianificazione regionale in materia di tutela e risanamento della qualità dell'aria.



OBBIETTIVI

Il progetto MODIVASET-2 si pone come obiettivi quello di metter a punto ed applicare idonei strumenti modellistici per valutare ex ante, su scala spaziale estesa (a livello dell'area metropolitana succitata), gli effetti sulle condizioni di qualità dell'aria di una serie di azioni ed interventi sulle sorgenti di emissione partendo dai livelli attuali e considerando le previsioni di scenari di sviluppo economico, territoriale, energetico e del sistema della mobilità dei prossimi anni.

Sulla base di questo obiettivo primario, l'applicazione di idonea modellistica diffusionale a scala estesa, dovrà proporre e confrontare scenari di modificazione della qualità dell'aria sulla base delle mutazioni di scenari emissivi, elaborati sulla base dati regionale costituita dall'archivio IRSE.

Gli scenari emissivi presi a riferimento saranno i seguenti:

- (a). Scenario 0 o scenario base (stato attuale), riferito allo stato delle emissioni IRSE consolidato all'anno 2003;
- (b). Scenario 1 o scenario futuro "business as usual" (BAU), riferito allo stato delle emissioni IRSE modificate per l'anno 2010-2012 sulla base di variazioni statistiche previsionali;
- (c). Scenario 2 o scenario futuro pianificato, riferito allo stato delle emissioni IRSE modificate per l'anno 2010-2012, e sulla base delle previsioni di ulteriori sviluppi del quadro emissivo previsti dalle azioni ed interventi oggi progettati o in corso di realizzazione e che è possibile ipotizzare realizzati nel periodo temporale indicato.

METODOLOGIA

La creazione degli scenari emissivi viene condotta tramite la proiezione di uno scenario emissivo di riferimento alle condizioni sociali, normative e tecnologiche previste all'anno a cui si riferisce lo scenario cercato. La relazione generale che determina l'emissione all'anno (k) di un determinato inquinante (j) dovuti ad una certa attività (i) sulla base della corrispondente emissione all'anno di riferimento (0) è la seguente:

$$E_{ijk} = E_{ij0} \cdot a_{ik} \cdot f_{ijk} \cdot (a_{ik} \cdot f_{ijk})^{zona}$$

dove:

- a_{ik} è un fattore di proiezione dell'indicatore di attività, dipendente da variabili socio-economiche (legate quindi alla crescita demografica e all'aumento della produttività);
- f_{ijk} è il fattore di proiezione del fattore di emissione, dipendente dall'evoluzione tecnologica;
- $(a_{ik} \cdot f_{ijk})^{zona}$ sono i medesimi fattori di proiezione appena descritti ma specifici locali, quindi dipendenti da eventuali interventi esplicitamente attivati per la zona considerata.

Nel caso che su di una attività insistano più driver economici e/o tecnologici, l'emissione proiettata viene calcolata come la produttoria tra tutti i coefficienti considerati.

Il collegamento tra i vari driver (socio-economici e tecnologici) e le attività sono riportati nelle tabelle in allegato.

Ai fini del progetto, si identificano sei tipologie di sorgenti emissive indicate nella tabella seguente:

Classe attività	Descrizione
IND	sorgenti industriali classificate come sorgenti diffuse con emissioni derivanti dai macrosettori 01 "Combustione nell'industria dell'energia e trasforma. fonti energetiche" e 03 "Impianti di combustione industriale e processi con combustione e 04 "Processi Produttivi"
MOB	sorgenti veicolari (traffico) classificate come sorgenti diffuse con emissioni derivanti dai macrosettori 07 "Trasporti Stradali" e 08 "Altre Sorgenti Mobili"
RIS	sorgenti domestiche (riscaldamento/climatizzazione) classificate come sorgenti diffuse con emissioni derivanti dai macrosettori 02 "Impianti di combustione non industriali"
PUNT	sorgenti industriali rilevanti classificate come sorgenti puntuali
LINEA	sorgenti veicolari (traffico) rilevanti classificate come sorgenti lineari (autostrada A1 ed A11, SGC FI-PI-LI, Aeroporto di Peretola)
ALT	altre sorgenti generiche classificate come sorgenti diffuse con emissioni derivanti dai macrosettori 05 "Estrazione,distribuzione combustibili fossili" e 06 "Uso di solventi e" 09 "Trattamento e Smaltimento Rifiuti" e 10 "Agricoltura" e 11 "Natura"

Gli inquinanti presi in considerazione sono PM10 primario ed NOx.

La modellistica diffusionale utilizzata sarà CALGRID e ADMS Urban. Per il momento non sono previste simulazioni delle reazioni chimiche in atmosfera responsabili della formazione di PM10 secondario e di NO2.

DEFINIZIONE DELLO SCENARIO 0

E' lo scenario reale delle emissioni al 2003 nell'area metropolitana FI-PO-PT elaborate dal data base IRSE 2003 indicate nella seguente

Emissioni (t) per classe di attività dei comuni dell'area del MODIVASET scenario 0 (anno 2003)

CLASSEATTIVITA	NOX	PM10
IND	859,91	263,09
MOB	13235,57	1147,14
RIS	1974,47	862,43
PUNT	1943,34	185,37
LIN	9232,37	628,03
ALT	12,53	326,27

DEFINIZIONE DELLO SCENARIO 1

Lo Scenario 1 rappresenta la situazione al 2010-2012 BAU nella macroarea. Ai fini del calcolo, si è convenuto di riferirsi all'anno 2011. Lo Scenario 1, è quindi definito come evoluzione al 2011

secondo criteri BAU a partire dal 2003, considerando, per le emissioni di NOx e PM10, solo i fattori non legati a specifiche zone, cioè:

$$E_{i,NOx,2011} = E_{i,NOx,2003} \cdot a_{i,2011} \cdot f_{i,NOx,2011}$$

$$E_{i,PM10,2011} = E_{i,PM10,2003} \cdot a_{i,2011} \cdot f_{i,PM10,2011}$$

Nei paragrafi a seguire si analizzano le stime di questi due fattori per macroclassi di attività. In APPENDICE 1 sono riportate le tabelle con i valori dei due fattori per tutte le attività.

IND - Emissioni diffuse - caldaie industriali

L'indicatore di attività si stima evolversi, dipendentemente dal PIL regionale. L'incremento del PIL toscano al 2011 prendendo come base il 2003 stimato da IRPET (ultimo dato disponibile marzo 2007) è pari a 1.11.

Per l'evoluzione tecnologica è difficile determinarne una stima complessiva, dal momento che le tipologie delle suddette installazioni sono molto varie e non sono presenti studi che si siano interessati a confrontare processi di questo tipo. Inoltre le caldaie industriali dell'area di interesse appartengono a piccole aziende, non sottoposte ad AIA (per definizione di sorgenti diffuse) e non vocate all'aggiornamento tecnologico. Tuttavia si è ritenuto di imporre un fattore di proiezione del fattore di emissione pari ad 0.9, quindi un livello tecnologico abbastanza velocemente in evoluzione, tale da compensare, in termini di emissioni l'aumento delle attività definite dal PIL.

IND - Emissioni diffuse – attività piccole industrie

Non sono presenti nell'area di interesse del progetto emissioni di PM10 e NOX dovute ai processi produttivi di tipo industriale ad eccezione dell'attività di estrazione di materiali da cave che ha una piccola emissione di PM10 al 2003 (1,97 tonn.) che si mantiene costante al 2011.

MOB - Emissioni diffuse – traffico veicolare

Lo Scenario 1 si stima come proiezione dello Scenario 0 facendo evolvere il traffico (parco circolante e percorrenze medie annue) ed i fattori di emissione dall'anno 2003 all'anno 2011 (corrispondenti, rispettivamente, ai due scenari) per ciascun inquinante e per ciascuna attività utilizzata in IRSE.. Le valutazioni dettagliate dei termini di questa elaborazione sono riportate nell'allegato 1 *“Valutazione delle proiezioni al 2011 delle emissioni da traffico (sorgenti diffuse e lineari). Note metodologiche di ARPAT e risultati”*.

In conclusione nello Scenario 1, a fronte di un aumento complessivo del traffico del 19% rispetto allo Scenario 0, (5.6% urbano, 22% extraurbano e 26% autostradale) si riscontra **una riduzione delle emissioni di NOx del 42%, delle emissioni di PM10 exhaust del 41% e un aumento delle emissioni PM10 da usura del 18.2% (comparabile con l'aumento del traffico) per una complessiva riduzione delle emissioni di PM10 del 30%.**

Oltre al traffico veicolare appartengono a questa categoria anche le emissioni diffuse dal altre sorgenti mobili: Esse sono:

- Fuori strada – Militari: si mantiene costante
- Fuoristrada in industria: si fa evolvere come il PIL regionale (vedi emissioni diffuse caldaie industriali. ($a_{i2011} = 1.11$))
- Ferrovie: si mantiene invariato

- Fuoristrada in agricoltura: si evolvono concordemente con il PIL specifico del settore agricolo indicato da IRPET ($a_{i2011} = 1.09$)
- Fuoristrada in selvicoltura: idem come sopra ($a_{i2011} = 1.09$)

RIS - Emissioni diffuse - caldaie civili

Si individuano varie azioni che determinano il fattore di proiezione dell'indicatore di attività: variazione dei consumi complessivi di combustibili vegetali, gasolio, GPL e gas naturale dal 2003 al 2011. Tale variazione è stata stimata sulla base dei consumi (valori attività) registrati in IRSE 2005 negli anni 1995-2000-2003-2005, per i comuni inclusi nell'area del progetto. La stima della variazione al 2011 di tali consumi è calcolata ammettendo una evoluzione di tipo lineare. I dati con i grafici e le regressioni lineari sono riportati in allegato 2 " *Note metodologiche per la valutazione delle proiezioni al 2011 delle emissioni da riscaldamento domestico*"

- 1) Le variazioni stimate prevedono, rispetto al 2003, un amuleto del 36% dei Combustibili vegetali, una diminuzione del 54% del Gasolio, un aumento del 25% del G.P.L. ed una diminuzione del 14% del Gas Naturale.
- 2) la proibizione dell'olio combustibile nel civile con una riattribuzione al gas naturale dei 619545 Gj stimati per l'olio combustibile nel 2003 per i comuni dell'area del Modivaset.

Il fattore generico di risparmio energetico, non viene considerato in questo scenario e viene posto quindi uguale ad 1.

Per quanto riguarda l'evoluzione tecnologica delle caldaie si sa che con le tecnologie più recenti si raggiunge addirittura un fattore di emissione di NOx 0.2-0.25 volte quello delle caldaie tradizionali¹, e con , ma non è certo il rateo di sostituzione degli impianti. Si può ipotizzare che avvenga un ricambio dovuto alla vita media di un impianto, 14-16 anni, pari al 50% del numero complessivo, estendendo il ricambio a 8 anni. Se di questo 50% si suppone che una quota del 20% corrisponda alla sostituzione di vecchie caldaie con nuove ad emissioni minime (di NOx) mentre il restante 30% corrisponde alla sostituzione di caldaie mediamente nuove con caldaie ad emissioni minime, si stima che il fattore di proiezione del fattore di emissione di NOx sia 0.77. Per il fattore di proiezione del fattore di emissione di PM10 non si hanno stime della riduzione delle emissioni di PM10 per le nuove caldaie e dunque si mantiene unitario.

PUNT - Emissioni puntuali

Le emissioni puntuali riguardano un esiguo numero di aziende che sono:

- 1) G.I.D.A. SpA - Impianto di depurazione di Baciacavallo (PO)
- 2) Nuovo Pignone SpA – Stabilimento di Firenze (FI)
- 3) Rifinizione S. Stefano SpA (PO)
- 4) Radicofil SpA (PT)
- 5) Vetroarredo SpA (ex Fidenza Vetroarredo SpA) (FI)
- 6) Buzzi Unicem – Unità Produttiva Settimello (FI)
- 7) Sun Chemical SpA (FI)
- 8) Plasturopa Industrie SpA (PO)

¹ In letteratura si trova un confronto tra le emissioni di NOx per il riscaldamento di un appartamento di 100 m2 da caldaie ad uso domestico con diverse caratteristiche: con bruciatore a modulazione e bassa emissione di NOx 13000 mg/giorno, con regolazione on-off e bruciatore a bassa emissione di NOx 4000 mg/giorno, a condensazione, con fiamma premiscelata 5000 mg/giorno, con bruciatore tradizionale e con regolazione on-off 37000 mg/giorno.

9) C.I.S. SpA - Impianto Termodistruzione Rifiuti Montale (PT)

10) Ansaldo Breda (PT)

In uno scenario BAU si è imposto che entrambi i fattori di proiezione siano pari a 1. Infatti è logico supporre che le grosse aziende modificano tecnologie e cicli produttivi su tempi molto lunghi, dell'ordine della vita media dell'impianto stesso e che quindi non è giustificabile una variazione su un periodo relativamente breve come 8 anni, tra il 2003 ed il 2011.

LINEA - Emissioni lineari

Per quanto riguarda il traffico veicolare in autostrada si rimanda al paragrafo "Emissioni diffuse – traffico veicolare".

Le altre sorgenti lineari con emissioni nell'area di interesse sono:

- Traffico aereo nazionale (cicli LTO - < 1000 m) che evolve come il PIL regionale
- Traffico aereo internazionale (cicli LTO - < 1000 m) che evolve come il PIL regionale

ALT - Altre emissioni

Si definiscono "Altre emissioni" quelle che non rientrano nelle tipologie definite finora, in quanto si tratta di un insieme di attività appunto non riconducibile ad una super-categoria uniforme, quindi sono trattati a parte. Queste attività sono:

- Produzione di combustibile derivato dai rifiuti (CDR) e Torce nelle discariche: Si tratta dell'impianto di Case Passerini. Si fanno evolvere queste due attività come la popolazione ($a_{i2011} = 1.01$)
- Combustione di residui agricoli nelle coltivazioni di cereali: Si fa evolvere come il PIL specifico del settore agricolo indicato da IRPET ($a_{i2011} = 1.09$)
- Gestione letame (particolato): sono una serie di attività legate ai vari tipi di allevamento (bovini, maiali, galline, ecc.): Si fa evolvere come il PIL specifico del settore agricolo indicato da IRPET ($a_{i2011} = 1.09$)
- Incendi provocati dall'uomo: è necessario lasciare invariata questa sorgente, per poterla inabilitare, infatti il dato registrato per l'anno 2003 è sicuramente eccezionale e quindi non costituisce elemento di confronto con scenari possibili, ($a_{i2011} = 1.00$)

DEFINIZIONE DELLO SCENARIO 2

Lo Scenario 2 o scenario futuro pianificato, è la sovrapposizione sullo Scenario 1 delle previsioni di ulteriori sviluppi del quadro emissivo al 2010 – 2012, derivanti da azioni ed interventi progettati o in corso di realizzazione che si ipotizza vengano completati al periodo indicato e che quindi riguardano specificamente le realtà locali.

Concordemente a come è stato realizzato lo Scenario 1, si sono determinati per ciascuna macroclasse di attività e per i due inquinanti scelti i fattori di proiezione $(a_{i,2011} \cdot f_{ij,2011})^{zona}$ relativi alla specificità locale.

MOB - Emissioni diffuse – traffico veicolare

Emissioni diffuse – traffico veicolare

Gli interventi che possono avere influenza sulla mobilità urbana, classificata all'interno delle sorgenti emissive diffuse di traffico sono sintetizzabili in tre tipologie:

- 1) divieto di circolazione ai veicoli obsoleti: secondo l'Accordo saranno vietati tutti i veicoli EURO 0, i Ciclomotori 2t EURO 1, Automobili Diesel e Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel (anche se nell'Accordo al 2008 si parla di limitazione alla circolazione). Si ipotizza comunque che facciano eccezione tra i veicoli EURO 0, previa installazione del filtro anti particolato, i mezzi pesanti, gli Autobus Urbani e i Pullman. Questi interventi comportano dei fattori $(a_{i,2011} \cdot f_{ij,2011})^{zona}$ che sono stati calcolati seguendo la procedura descritta in "Note Metodologiche sulla Elaborazione dello Scenario di Traffico".
- 2) rinnovo del parco di veicoli pubblici: si ipotizza che gli Autobus Urbani e i Pullman EURO 1 vengano dotati di filtro anti particolato e così anche il 70% degli Autobus Urbani EURO 2 ed EURO 3.
- 3) tramvia²: realisticamente si prevede funzionante solo la Linea 1 che si considera cautelativamente non porti alcun sensibile effetto di riduzione sul traffico privato urbano $(a_{i,2011} = 1.00)^{zona}$.

La quantificazione di questi interventi è stata elaborata in modo del tutto analogo alle stime di emissione da traffico dello Scenario 1, pertanto si rimanda per il dettaglio al solito allegato 1 "Valutazione delle proiezioni al 2011 delle emissioni da traffico (sorgenti diffuse e lineari). Note metodologiche di ARPAT e risultati".

In conclusione nello Scenario 2 rispetto allo Scenario 1, a fronte di un leggero aumento del traffico (+1%) dovuto alla sostituzione dei veicoli più obsoleti (e quindi meno usati), si realizza una **ulteriore riduzione delle emissioni di NOx del 5.5%, di PM10 exhaust del 25% ma un lieve aumento delle emissioni PM10 da usura del 1% (dello stesso ordine dell'aumento del traffico) per una complessiva riduzione delle emissioni di PM10 del 18%. Si vuole notare che, anche operando con ulteriori modifiche del parco circolante, a favore dell'immissione di veicoli con emissioni sempre decrescenti di PM10 in sostituzione dei veicoli più obsoleti, non saranno possibili ulteriori diminuzioni "risolutive" delle emissioni di PM10 poiché il contributo dell'usura è comparabile con quello dei gas di scarico (si tenga conto che non è stato considerato il contributo del risollevarimento).**

² Attualmente il progetto Tramvia prevede la realizzazione delle seguenti linee già finanziate:

- Linea 1 – Firenze-Scandicci
- Linea 2 – Firenze SMN-Aeroporto
- Linea 3.1 Firenze SMN-Careggi-P.zza Libertà

Esistono poi ulteriori proposte di ampliamento consistenti in:

- Linea 3.2 P.zza Libertà-Campo Marte-Rovezzano e P.zza Libertà-Viale Europa-Bagno a Ripoli
- Tratto Peretola-Polo Scientifico

Rispetto alle linee finanziate è ipotizzabile che solo la Linea 1 sia effettivamente realizzata e funzionante entro il 2010-2012. La realizzazione delle Linee 2 e 3.1 – sulla carta previste anche esse al 2010 – avrà un posticipo che verrà definito nelle prossime settimane al tavolo tecnico di Comune Firenze/RT

Realisticamente al 2010-2012 si prevede funzionante solo la Linea 1 che, secondo i tecnici (comune FI, RT, ATAF) non porterà alcun sensibile effetto di riduzione sul traffico privato urbano. La realizzazione e messa in funzione del sistema completo (Linee 1, 2 e 3.1), al contrario, può effettivamente offrire una significativa riduzione del traffico privato urbano all'interno del comune di Firenze. Le stime della riduzione, però, sono estremamente variabili andando da circa il 4% proposto da ATAF fino al 20% proposto dal Piano Strutturale di Firenze. Per la definizione delle sorgenti traffico-diffuse scenario 2 è dunque necessario effettuare le seguenti scelte: 1) considerare nello scenario 2 l'intera rete Tramvia (Linee 1, 2 e 3.1), indipendentemente dall'orizzonte temporale identificato come 2010-2012, ma piuttosto come interventi certi anche se non definiti, e quindi decidere quale valore di riduzione del traffico adottare (4-20%), 2) volendo riferirsi ad uno scenario realistico al 2010-2012 considerare il funzionamento solo della Linea 1, con nessun effettori riduzione sul traffico privato urbano;

IND - Emissioni diffuse – attività piccole industrie

Nessun intervento locale

IND - Emissioni diffuse - caldaie industriali

Nessun intervento locale

RIS - Emissioni diffuse - caldaie civili

Assumendo gli accordi nel PAC, si prevedono delle azioni che comporteranno una variazione nei consumi di alcuni combustibili: per i combustibili vegetali $(a_{i2011})^{zona} = 0.0$ a Firenze, $(a_{i2011})^{zona} = 0.5$ negli altri Comuni; per il gasolio $(a_{i2011})^{zona} = 0.1$ sul Comune di Firenze. La variazione nei consumi di questi combustibili è assorbita dall'equivalente (come energia prodotta) aumento gas naturale, analogamente a quanto realizzato nello scenario 1 per l'olio combustibile.

PUNT - Emissioni puntuali

Le principali sorgenti emissive presenti già nello Scenario 1 sono rielaborate con ipotesi e previsioni del loro futuro stato al 2010-2012 in base ad eventuali procedure autorizzative in corso di valutazione o recentemente approvate. In molti casi non si verificano queste condizioni, per cui vengono lasciati inalterati i fattori di proiezione così come nello Scenario 1.

Le sorgenti che presentano delle possibili variazioni della produttività sono: Buzzi Unicem (FI) che riduce la propria produttività del 20% sottostando al protocollo IPCC, Ansaldo Breda (PT) che presumibilmente riduce la propria produttività per problemi interni all'azienda e quindi difficilmente quantificabili, per i quali si propone una decrescita del 10% ed infine C.I.S. SpA che sta realizzando un ampliamento già autorizzato ed ha sottoposto la proposta di un ulteriore ampliamento, forse realizzabile entro il 2010-2012.

Nelle suddette aziende si verificherà un'evoluzione della tecnologia impiegata solo nel caso di C.I.S. SpA, per la quale le emissioni garantite passano dagli attuali 30 mg/Nm³ di polveri (Autorizzazione Ord. 723 del 28/04/1997) ai 10 mg/Nm³ di PM10, passando da un'emissione di 0,26 g/s ad una emissione di 0,23 g/s (da circa 7,49 t/anno a circa 6,62 t/a).

Oltre alle sorgenti puntuali già considerate per lo Scenario 1 è presumibile che inizierà ad essere operativo al 2010-2012 il nuovo impianto Termovalorizzatore RU Case Passerini (FI). Questo impianto avrà una capacità di trattamento di 113.760 t/a di RU più 13.500 t/a di fanghi essiccati termicamente. Le emissioni di interesse sono pari a 2,27 mg/Nm³ di PM10 e 150 mg/Nm³ di NOx, pari a rispettivamente 2,38 g/s di NOx (68,54 t/a) e 0,036 g/s di PM10 (1,04 t/a)³.

LINEA - Emissioni lineari

Le emissioni delle sorgenti lineari che incidono in uno scenario specifico dell'area metropolitana comprendono le variazioni dovute essenzialmente a due eventi:

³ Valutazione di Impatto Sanitario del Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti Urbani e Assimilati, ATO N.6 – Fase II. Firenze, 25 Novembre 2003

- 1) la messa in funzione della III corsia dell'Autostrada A1 e
- 2) la completa realizzazione del *Memorario*.

Relativamente alla realizzazione della terza corsia, un precedente studio⁴ ha analizzato l'evoluzione dei flussi di traffico e dei livelli di servizio derivanti dal progetto Autostrade, da cui si ricava che le emissioni sul tratto A1 Firenze Nord – Firenze Sud potranno subire una riduzione, rispetto ai valori dell'anno 2000, per gli NOx compresa fra il 27% (anno 2010) ed il 40% (anno 2015), per cui si può assumere un valore di riduzione del 25% al 2011; per il particolato compresa fra il 32% (anno 2010) ed il 48% (anno 2015), per cui si può assumere un valore di riduzione del 36% al 2011. Tali fattori di riduzione derivano dal sovrapporsi dei seguenti effetti: incremento dei flussi di traffico sul tratto di interesse; aggiornamento del parco macchine; incremento della velocità media di percorrenza del tratto di interesse.

In conseguenza della realizzazione completa del *Memorario* è possibile attendersi una riduzione (o meglio minore incremento) sulle direttrici in ingresso FI-PI-LI e A11 tratto Firenze-Prato-Pistoia. Infatti il *Memorario* ha mostrato a partire dalla sua attuazione (dicembre 2004) un incremento di passeggeri pari ad un complessivo 10% sulle tratte su cui è stato realizzato, principalmente su Firenze-Prato-Pistoia-Lucca; Firenze-Empoli-Pisa; Firenze-Empoli-Siena. Questo incremento di passeggeri su rotaia non corrisponde ad un decremento di utilizzo di mezzi privati su gomma (né in riferimento alle emissioni lineari, né tanto meno in riferimento alle emissioni diffuse da traffico), a causa dell'impossibilità di scindere il contributo al 10% derivante da effettivo trasferimento da mezzo privato a pubblico su rotaia o piuttosto derivante da richiesta di nuova mobilità o ancora da spostamento da trasporto pubblico su ruota a trasporto pubblico su rotaia. L'unica possibilità per stimare l'effetto del *Memorario*, sarebbe valutare la riduzione dei flussi (o meglio il minore incremento di flussi rispetto al normale tasso annuale di crescita della mobilità) sulle direttrici che tale intervento potenzialmente intercetta effettuando un confronto fra i dati di flusso pre-*Memorario* (2002-2004) e post-*Memorario* (dopo il 2005). Tale operazione non è stata svolta per non disponibilità dei dati necessari – in termini di flussi di traffico - sulle direttrici di interesse nei periodi di riferimento temporale dell'attuazione del *Memorario*. In ottica cautelativa si ritiene opportuno quindi considerare nulli, ai fini delle emissioni lineari, le azioni relative al *Memorario*.

⁴ Antonucci A., Fiorini M., "Applicazione del modello LCA (Life Cycle Assessment) ad una grande opera infrastrutturale: Ampliamento a terza corsia dell'autostrada A1 nel tratto Firenze Nord – Firenze Sud". Tesi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – Università degli Studi di Firenze, a.a. 1998/1999

ALLEGATO 1

VALUTAZIONE DELLE PROIEZIONI AL 2011 DELLE EMISSIONI DA TRAFFICO (SORGENTI DIFFUSE E LINEARI): NOTE METODOLOGICHE di ARPAT E RISULTATI

1 PREMESSA

La stima delle emissioni da traffico in un'area urbanizzata e contenente alcune metropoli importanti si costruisce generalmente a partire da dati sul parco circolante relativi al territorio analizzato, cioè ad esempio dei Comuni o delle Province presenti su tale territorio, e si ripartisce sulla rete viaria solitamente suddivisa in tre tipologie: strade urbane, extra-urbane (o rurali) e autostrade. Nella ripartizione su queste tre tipologie si può introdurre un elemento di extra territorialità, nel senso che di solito si attua una ripartizione della percorrenza media annua dei veicoli sulle tre tipologie stradali su base nazionale, metodo che da una parte prescinde dalla specificità locali del traffico e quindi apparentemente introduce una approssimazione, dall'altra rispetta in qualche modo il fatto che al traffico locale contribuiscono anche veicoli provenienti da aree esterne al territorio analizzato.

Nel presente studio si eseguiranno le stime di uno scenario reale, quindi basato su dati oggettivi, e di due scenari futuri. Per la costruzione dello scenario reale, al 2003, si seguirà proprio l'approccio testé particolarizzando il parco circolante al territorio in analisi ed esprimendo il contributo al traffico dato da veicoli di altre località tramite l'attribuzione delle percorrenze medie nazionali. Per la costruzione di scenari futuri si assume che il parco si modifichi seguendo variazioni "medie" nazionali e insieme specifiche tendenze legate al comportamento o all'applicazione di norme locali, mentre le percorrenze seguono semplicemente

Si assume di suddividere il parco circolante in macroclassi di veicoli, per gruppi di cilindrata, carburante e tipologia di percorso, concordemente a quanto impostato in IRSE:

- 1- Automobili Diesel – Autostrade
- 2- Automobili a Benzina – Autostrade
- 3- Automobili Diesel – Strade Extraurbane
- 4- Automobili a Benzina – Strade Extraurbane
- 5- Automobili Diesel – Strade Urbane
- 6- Automobili a Benzina – Strade Urbane
- 7- Motocicli cc < 50 cm³ (classificate da ACI come "ciclomotori")
- 8- Motocicli cc > 50 cm³ Strade Urbane
- 9- Motocicli cc > 50 cm³ Strade Extraurbane
- 10- Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Autostrade
- 11- Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Autostrade
- 12- Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Strade Extraurbane
- 13- Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Strade Extraurbane
- 14- Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Strade Urbane
- 15- Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Strade Urbane
- 16- Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Autostrade
- 17- Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Autostrade
- 18- Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Strade Extraurbane
- 19- Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Strade Extraurbane
- 20- Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Strade Urbane
- 21- Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Strade Urbane

Per generare uno scenario di emissioni la metodologia PREM si basa su un anno di riferimento a partire dal quale in ciascuna maglia del dominio identificato per lo studio si calcolano le emissioni per inquinante emesso e combustibile utilizzato relativo alle macroclassi di attività tramite semplici algoritmi algebrici. Nel caso del

traffico le macroclassi di attività sono quelle sopra elencate e l'algoritmo di calcolo è riportato e discusso nel dettaglio nei paragrafi precedenti.

Dalla descrizione si evince che il metodo per generare uno scenario specifico consiste nel differenziare i termini dell'algoritmo stesso: lo Scenario 1 del progetto MODIVASET 2, scelto come scenario del tipo BAU, si costruisce tramite fattori di proiezione generali, che non descrivono le specificità locali, . Nel caso del traffico, e dunque delle emissioni di ciascuna macroclasse, si esprime l'emissione prevista al 2010 di un inquinante (ad esempio PM10) a partire dalla corrispondente emissione al 2003:

$$(E)_{macroclasse,2010} = \alpha_{macroclasse} \cdot f_{macroclasse} \cdot (E)_{macroclasse,2003}$$

essendo $\alpha_{macroclasse}$ il fattore di proiezione dell'indicatore di attività, derivante da variabili socio-economiche, e $f_{macroclasse}$ il fattore di proiezione del fattore di emissione, derivante da variabili tecnologiche.

Trattandosi di traffico (rete viaria urbana, extraurbana, autostrade) abbiamo interpretato $\alpha_{macroclasse}$ proporzionale all'evoluzione dei volumi di traffico, cioè al numero e alla percorrenza media annua degli autoveicoli di tutte categorie che compongono la macroclasse e $f_{macroclasse}$ di conseguenza come un fattore di emissione complessivo medio, pesato cioè sul numero e percorrenza media annua di ciascuna categoria.

Siamo quindi d'accordo che in linea di principio $\alpha_{macroclasse}$ sia dipendente da variabili socio-economiche e $f_{macroclasse}$ tecnologiche, anche se quest'ultimo chiaramente dipende anche dalla evoluzione della composizione del parco circolante (ad esempio è noto che le categorie di veicoli più recenti hanno fattori di emissione progressivamente decrescenti a parità di cilindrata).

2 VALUTAZIONE DEI FATTORI DI PROIEZIONE NELLO SCENARIO 1

2.1 Metodologia

La stima dei fattori di proiezione per l'area metropolitana oggetto di studio del MODIVASETII è stata condotta sulla base del parco circolante della Provincia di Firenze fino al 2005, cioè sulla stima al 2003 e dell'evoluzione delle emissioni da traffico dal 2005 al 2011 (scelto per semplicità e per rispettare le indicazioni di creare uno scenario 2010-2012). Si ipotizza quindi che i risultati validi per la Provincia di Firenze siano validi per i 17 Comuni, vista l'omogeneità delle condizioni di traffico (non se ne è fatta una valutazione quantitativa, ma solo indicativa). Le percorrenze medie annue nei vari percorsi sono fonte APAT al 2004, da cui si ricavano i valori per il 2003 e per il 2011. Infine i fattori di emissione sono reperiti sul <http://www.inventaria.sinanet.apat.it> e integrati coerentemente con le omologazioni dei veicoli più recenti. I valori delle emissioni derivate dal parco circolante, dalle percorrenze e dai fattori di emissione sono stati poi trattati rispettando l'aggregazione in macroclassi presente in IRSE e precedentemente discussa. Di seguito si descrive la metodologia di base utilizzata per il calcolo dei fattori di proiezione, che segue una modalità operativa standard.

Si procede con uno schema "a ritroso": per ciascuna macroclasse si calcolano le emissioni, ad esempio di PM10, con la seguente relazione

$$(E)_{macroclasse,2010} = \left(\sum_{i=classi} fe_i * n_i * km_i \right)_{2010}$$

fe_i è il fattore di emissione di PM10 della i-esima classe che compone la macroclasse, espresso in g/(km autoveicolo)

n_i è il numero di veicoli circolanti della i-esima classe

km_i è la percorrenza media annua della i-esima classe, espressa in km, relativa ad un percorso (le macroclassi IRSE sono diversificate a seconda del percorso)

definisco un fattore di emissione medio della macroclasse $\langle fe \rangle_{macroclasse, 2010} = \frac{\left(\sum_{i=classi} fe_i * n_i * km_i \right)}{\left(\sum_{i=classi} n_i * km_i \right)}$ ed

una variabile di traffico della macroclasse $\langle a \rangle_{macroclasse, 2010} = \sum_{i=classi} n_i * km_i$ cosicché posso scrivere:

$$(E)_{macroclasse, 2010} = \langle a \rangle_{macroclasse, 2010} * \langle fe \rangle_{macroclasse, 2010}$$

Allo stesso modo esprimo $(E)_{macroclasse, 2003} = \langle a \rangle_{macroclasse, 2003} * \langle fe \rangle_{macroclasse, 2003}$ e quindi:

$$(E)_{macroclasse, 2010} = (E)_{macroclasse, 2003} \frac{\langle a \rangle_{macroclasse, 2010} * \langle fe \rangle_{macroclasse, 2010}}{\langle a \rangle_{macroclasse, 2003} * \langle fe \rangle_{macroclasse, 2003}}$$

proiezione dal 2003 al 2010:

$$\alpha_{macroclasse} = \frac{\langle a \rangle_{macroclasse, 2010}}{\langle a \rangle_{macroclasse, 2003}} = \frac{\left(\sum_{i=classi} n_i * km_i \right)_{2010}}{\left(\sum_{i=classi} n_i * km_i \right)_{2003}},$$

$$f_{macroclasse} = \frac{\langle fe \rangle_{macroclasse, 2010}}{\langle fe \rangle_{macroclasse, 2003}} = \frac{\left(\sum_{i=classi} fe_i * n_i * km_i \right)_{2010}}{\left(\sum_{i=classi} n_i * km_i \right)_{2010}} \bigg/ \frac{\left(\sum_{i=classi} fe_i * n_i * km_i \right)_{2003}}{\left(\sum_{i=classi} n_i * km_i \right)_{2003}}$$

Quindi si arriva ad una espressione analoga a quella riportata nella relazione “relazione scenario 1.doc”:

$$(E)_{macroclasse, 2010} = \alpha_{macroclasse} \cdot f_{macroclasse} \cdot (E)_{macroclasse, 2003}$$

L'elaborazione è stata fatta su dati organizzati secondo il metodo COPERT ma che, per semplicità, sono stati ridotti per quanto riguarda le automobili tramite un'aggregazione delle classi a cilindrata variabile e per i motocicli un'aggregazione delle classi a cilindrata >126 cm³ sia per il parco circolante sia per le percorrenze sia, infine, per i fattori di emissione. Il risultato è che le classi COPERT delle automobili sono: Automobili a Benzina EURO 0, EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV ed EURO V; Automobili Diesel EURO 0, EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV ed EURO V; le classi COPERT di motocicli > 126 cm³ sono: Motocicli >126 cm³ EURO 0, EURO 1 2, EURO 3⁵. Le altre classi sono state elaborate direttamente nella forma COPERT.

2.2 Dati ed ipotesi per lo scenario del parco circolante

Abbiamo impostato le valutazioni sulla base dei dati e delle ipotesi in parte già pubblicate in precedenti documenti di ARPAT⁶ ed in parte desunti dall'aggiornamento delle conoscenze condivise⁷. Per quanto riguarda il parco circolante, come già menzionato nel § 1.2.1, il dato di base è il parco circolante nella Provincia di Firenze dell'archivio ACI, aggiornato al 2005 e integrato con “LA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA: DATI, PROBLEMI, PROSPETTIVE”, Edizione 2006, edito da APAT, il capitolo 1.2 “L'Evoluzione del Traffico” di G. Cattani (APAT) e L. Di Matteo (ACI) per il parco di ciclomotori sempre al 2005.

Il dettaglio dell'archivio ACI è, come detto, quello COPERT, e da questo si deducono gli elaborati del parco suddiviso in macroclassi come da impostazione IRSE ed anche il parco in classi utilizzato per il calcolo delle emissioni secondo la metodologia definita precedentemente. Ovviamente nell'analisi del parco circolante non ha significato la tipologia di percorso che verrà considerata invece sia per la percorrenza che per il fattore di emissione. Da qui alla fine di questo paragrafo quindi si parlerà di “macroclassi” IRSE che sono leggermente

⁵ Per rendere più significativa la nomenclatura si indica con il numero arabo la classe di omologazione dei veicoli a 2 o 3 ruote e con il numero romano quella dei veicoli a 4 ruote

⁶ “Stime di emissione di Inquinanti dalle varie categorie di veicoli circolanti (Anno base 2004, Scenari 2006 e 2007)”, F. Giovannini, D. Grechi (ARPAT-Dipartimento di Firenze), Comunicazione interna, dicembre 2006.

⁷ “IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI DEGLI AUTOVEICOLI”, F. Avella, A. Rolla, comunicazione nel Workshop “Immissioni da Traffico nelle Aree metropolitane”, Milano, Dicembre 2006.

diverse da quelle definite nel § 1 sperando che questo non ingeneri confusione, e le classi parzialmente aggregate saranno identificate come definito nel § 2.1.

Le macroclassi sono determinate in numerosità semplicemente come sommatoria su tutte le classi COPERT e quindi su tutte le classi ACI che le compongono. Quindi il parco al 2003 è determinabile direttamente con un passaggio algebrico.

Per lo scenario al 2011 si ipotizza di evolvere il numero complessivo di veicoli di ciascuna macroclasse a partire dal dato al 2005 e dall'andamento degli ultimi due anni, 2004-2005. Questo procedimento viene applicato in modalità lineare⁸ per le macroclassi Automobili a Benzina e Automobili Diesel. Per la macroclasse Motocicli cc > 50 cm³ è usato il procedimento lineare con fattore di smorzamento per le categorie <126 cm³ e le altre categorie vengono fatte evolvere a partire dall'andamento degli ultimi due anni considerando costante l'incremento annuale⁹ (+7000). La macroclasse Motocicli cc < 50 cm³ è stata fatta evolvere a partire dall'andamento degli ultimi due anni considerando costante il decremento annuale (-4000) come qualitativamente descritto ne "L'Evoluzione del Traffico" in cui si cita per i ciclomotori una perdita di quote di mercato del -77% tra il 2005 ed il 1999. Il procedimento lineare è applicato anche a Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina ed è corretto con un fattore di smorzamento¹⁰ per la macroclasse Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel e Veicoli pesanti > 3.5 t Benzina. La macroclasse Veicoli pesanti > 3.5 t Diesel e autobus è stata trattata a livello complessivo ma distinguendo i Veicoli pesanti per tonnellaggio e, a parte, gli Autobus Urbani e i Pulman: si ipotizza che per ciascun intervallo di tonnellaggio il numero complessivo di veicoli rimanga costante tra il 2005 ed il 2006 in quanto, essendo questo numero molto esiguo, l'aumento o la diminuzione di poche unità nella serie storica comportano dei fattori di crescita o decrescita non basati su un campione statistico sufficiente e così anche per il numero complessivo degli Autobus Urbani e Pulman. Senonché il parco realmente circolante nella Provincia di Firenze e anche nella macroarea individuata come dominio di studio comprende Autobus Urbani non solo Diesel ma anche a Metano (non GPL) ed elettrici: verranno tutti considerati nella macroclasse Veicoli pesanti > 3.5 t Diesel, mancando le altre due possibilità di combustibile (metano e nessuno). Ovviamente in questo modo si perde l'incidenza di queste classi ma non è per ora possibile fare altrimenti. Infine la macroclasse Veicoli pesanti > 3.5 t Benzina viene diminuita linearmente a partire dal 2005 in quanto composta da soli veicoli EURO 0. Nella Tabella xxx sono riportati sinteticamente i risultati per le macroclassi IRSE al 2003 e proiettati al 2011. Nelle figure Figura 1 e Figura 2 sono riassunti le analisi della serie storica e ogni anno di proiezione (ricordiamo che i dati fino al 2005 sono oggettivi) divisi in due sottogruppi che comprendono le macroclassi simili per numerosità.

L'evoluzione del parco con il dettaglio definito nella metodologia di calcolo delle emissioni viene eseguito in maniera analoga a quello delle macroclassi, ma con qualche ipotesi che differenzia le varie classi poiché ovviamente si ipotizza che i veicoli più datati si esauriscano a favore di quelli più nuovi, oppure che la classe più recente uscita sul mercato abbia una crescita positiva fino all'immissione di quella successiva, fenomeno che si riscontra più volte nel periodo 2003-2011 con l'entrata in commercio delle EURO IV al 2005 ed EURO V a fine 2009 per Automobili a Benzina e Diesel, per i Veicoli leggeri < 3.5 t a Benzina e Diesel, e per i Veicoli pesanti a Benzina o Diesel e dei EURO III al 2005 per i Motocicli cc > 50 cm³. In questo quadro evolutivo del parco circolante si dovrà introdurre l'evoluzione delle emissioni di ciascuna macroclasse, come già presentato nel §2.1, derivata dalla somma dei contributi delle microclassi che compongono la macroclasse e che hanno fattori di emissione distinti, secondo il dettaglio COPERT eccetto che per quelle classi che sono state aggregate in categorie più estese e sufficientemente uniformi per fattori di emissione. Con questa suddivisione ciascuna classe e categoria viene "proiettata" al 2011 a partire dai dati 2005 e tenendo conto dell'influenza dovuta all'arrivo sul mercato dei nuovi modelli (dal punto di vista delle emissioni). Riferendosi per semplicità alle categorie i punti chiave delle proiezioni sono:

⁸ Per procedimento "lineare" si intende che, dati y_1 ed y_2 , $y_3 \equiv y_2 \left[1 + \frac{y_2 - y_1}{y_1} \right]$; $y_i \equiv y_{i-1} \left[1 + \frac{y_{i-1} - y_{i-2}}{y_{i-2}} \right]$

⁹ dati y_1 ed y_2 $\forall i > 2$ $y_{i+1} \equiv y_i + (y_2 - y_1)$

¹⁰ $y_i \equiv y_{i-1} \left[1 + \alpha_{\text{smorzamento}} \cdot \frac{y_{i-1} - y_{i-2}}{y_{i-2}} \right]$

- ciascuna categoria preesistente al 2005 viene fatta evolvere a partire dall'andamento degli anni 2004-2005, di anno in anno, fino al 2010 in modo lineare;
- la categoria EURO IV per i veicoli a quattro ruote e la categoria EURO III per i Motocicli che compaiono proprio nel 2005 viene calcolata in base alla differenza tra il numero complessivo di veicoli della macroclasse e la sommatoria dei veicoli di ciascuna categoria "evoluta". In alcuni casi però, quali la categoria EURO III della macroclasse Veicoli leggeri < 3.5 t, nonostante il numero dei veicoli aumenti tra il 2004 ed il 2005, lo stesso si è supposto che decresca nel 2006 con un rateo dedotto da quello di decrescita dei veicoli EURO II, ipotizzando così, per analogia alle macroclassi Automobili a Benzina e Automobili Diesel, che l'anno 2004 costituisca il punto di massimo per i veicoli EURO III
- per i ciclomotori si parte dalle suddivisioni tra le categorie riportate ne "L'Evoluzione del Traffico" per la città di Firenze riferite al 2005: 78% EURO 0, 17% stage I, 6% Stage II e si considera che si sperimenti una leggera flessione nel numero di ciclomotori Stage I, un incremento costante degli Stage II (+1000/anno) e complessivamente una diminuzione del numero totale (-4000/anno) da cui si deriva il computo dei ciclomotori EURO 0 che vengono dismessi. Rispetto all'apparente arbitrarietà di queste assunzioni si vuole sottolineare che la flessione del mercato dei ciclomotori citata precedentemente è concentrata maggiormente entro il 2003, presumibilmente attorno all'anno 2000 in cui è stato introdotto obbligatorio il casco per i conducenti maggiorenni, quindi è plausibile pensare ad un mercato pressoché costante da quel punto in poi (+1000/anno) ed inoltre la complessiva diminuzione dei ciclomotori viene così intesa come dismissione dei ciclomotori EURO 0 e Stage I a favore eventualmente dell'acquisto di motocicli (-4000/anno è "incluso" nell'aumento di motocicli +7000/anno)
- quando al 2010 compaiono i veicoli EURO V, nelle macroclassi corrispondenti il numero di veicoli EURO IV è calcolato come evoluzione lineare dal numero al 2009 con il medesimo tasso di decrescita verificatosi per l'EURO III alla comparsa nel 2005 dell'EURO IV. Ovviamente a questo punto il numero dei veicoli EURO V è calcolato come differenza tra il numero complessivo di veicoli della macroclasse e la sommatoria dei veicoli di ciascuna categoria "evoluta".

Nelle figure Figg. 3-9 sono riassunti i risultati di queste proiezioni (ricordiamo che i dati fino al 2005 sono oggettivi) per le macroclassi Automobili Diesel, Automobili a Benzina, Motocicli cc < 50 cm³, Motocicli cc > 50 cm³ suddivisi in due classi di cilindrata, Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel e Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina suddivise nelle classi (o categorie) COPERT.

2.3 Dati ed ipotesi per la valutazione delle percorrenze medie annue

Si parte dal quadro di valori di percorrenze annue al 2004 secondo la classificazione COPERT, quindi divise anche per tipologia di percorso (urbano, rurale, autostradale), di APAT.

Nell'analisi delle percorrenze è chiaro che non abbia alcun senso estrarre i valori relativi alle macroclassi IRSE e quindi si presenteranno i valori di tutte le classi COPERT, con l'eccezione, come per trattazione del parco circolante, di quelle classi raggruppate in categorie più estese e sufficientemente uniformi per fattori di emissione (EURO 0, I, II, III, IV e V per tutte le macroclassi Automobili, EURO 0, I-II per la frazione >126 cm³ della macroclasse Motocicli cc > 50 cm³ (indipendentemente dalla classi di cilindrata), vedi § precedente). In questi casi l'elaborazione consiste nella semplice media aritmetica delle percorrenza delle classi che fanno parte di una categoria. I ciclomotori, la frazione <126 cm³ della macroclasse Motocicli cc > 50 cm³, i Veicoli leggeri < 3.5 t, i Veicoli pesanti > 3.5 t distinti per tonnellaggio e, a parte, Autobus Urbani e Pulman, sono appunto presentati suddivisi in tutte le classi COPERT.

I valori delle percorrenze al 2004 sono riferiti all'anno 2003 senza alcuna modifica.

Sulla base dei dati al 2004 ciascuna categoria viene "proiettata" al 2011 secondo i principi generali per cui i veicoli più obsoleti sono utilizzati più parsimoniosamente dei più recenti e la percorrenza comunque decresce nel tempo. I punti chiave degli algoritmi che determinano le proiezioni sono:

- la percorrenza di ciascuna categoria più obsoleta dell'ultima viene fatta evolvere a partire dal valore della percorrenza all'anno 2004, di anno in anno, fino al 2011 con un rateo di decrescita che aumenta di un punto percentuale all'aumentare dell'obsolescenza del veicolo, partendo da un minimo del 5%;
- nelle macroclassi di Veicoli pesanti > 3.5 t, in tutte le classi COPERT, gli Autobus Urbani e Pulman la percorrenza di ciascuna categoria più obsoleta dell'ultima decresce di un rateo che aumenta di un punto percentuale all'aumentare dell'obsolescenza del veicolo, arrivando ad un massimo del 5%; (a fronte di un maggiore investimento un veicolo è usato il più possibile)
- la percorrenza della categoria più recente rimane invariata nel tempo fino alla comparsa di una nuova categoria, dopodiché rientra nel meccanismo descritto sopra

Il risultato di questa analisi e metodo di proiezione è riassunto nelle Tabella X1-xxx dove si riportano le percorrenze totali su tutti i percorsi delle classi e delle categorie relative agli anni 2003 e 2011, nonché le ripartizioni percentuali sui tre differenti percorsi. In Figura XX2 è riportata l'intera serie storica 2000-2011 delle categorie che formano la macroclasse Automobili a Benzina di cui è rappresentata la percorrenza totale sommata sui percorsi urbano, extra urbano e autostradale.

2.4 Dati ed ipotesi per la valutazione dei fattori di emissioni

I fattori di emissione di NOx e PM10 sono ripresi dall'archivio ANPA valido fino all'anno 2000 (quindi non comprendente i fattori di emissione dei veicoli soggetti alla direttiva 98/69/CEE né alla 2002/51/CE che, modificando la 97/24/CE sull'omologazione dei veicoli a 2 e 3 ruote, introduce il corrispondente degli EURO 3 ed EURO 4 per i Motocicli cc > 50 cm³) integrati con stime basate sui limiti di omologazione imposti dalla suddetta direttiva o con altri dati desunti da letteratura specifica.

I dati ANPA sono dettagliati secondo la classificazione COPERT e quindi l'integrazione dei fattori di emissione mancanti, perché non aggiornati, è stata fatta mantenendo questa classificazione. Per le categorie che raggruppano alcune classi COPERT il fattore di emissione medio è stato calcolato come media pesata dei fattori delle singole classi. Data la specificità della metodologia adottata per calcolare i fattori di emissione delle classi più recenti ed anche per raggruppare le classi nelle categorie individuate, conviene trattare esplicitamente e singolarmente i casi affrontati suddivisi nella presentazione per macroclassi IRSE:

Macroclassi Automobili a Benzina e Diesel:

- per la categoria EURO 0 per tutte le macroclassi Automobili si considera un fattore di emissione al 2003 medio pesato (sul numero di veicoli di ogni microclasse) che risulta molto vicino al fattore di emissione della classe relativamente più recente (ECE 15/04) nella cilindrata inferiore e quindi sembra plausibile che anche al 2011 questa sia la classe più numerosa,
- per le categorie EURO I e II per tutte le macroclassi Automobili (e quindi anche tutte le tipologie di percorso) si considera un fattore di emissione di NOx medio, semplicemente aritmetico nei casi i cui i fattori sono abbastanza simili tra loro (differenze sempre <10%), pesato nei casi in cui i fattori sono dissimili e si intuisce una ragione plausibile per la "pesatura": ad esempio la microclasse EURO II > 2 t a benzina ci sembra possa esaurirsi più velocemente delle cilindrato inferiori e dunque il suo fattore di emissione peserà meno dell'unità. I fattori di emissione di PM10 sono costanti al variare delle cilindrato per EURO I e II.
- per le categorie EURO III si considera che il fattore di emissione in ciascuna cilindrata sia il prodotto del fattore di emissione della categoria EURO II nella cilindrata corrispondente per il rapporto tra i limiti di omologazione corrispondenti (EURO III/EURO II). Il fattore di emissione medio della categoria è calcolato come semplice media aritmetica (visto che sono valori molto simili tra loro)
- per le categorie EURO IV si considera che il fattore di emissione sia il prodotto del fattore di emissione della categoria EURO II per il rapporto tra i limiti di omologazione corrispondenti (EURO IV/EURO II). Il fattore di emissione medio della categoria è

calcolato come media pesata per la macroclasse Automobili Diesel (peso maggiore alla cilindrata superiore), come semplice media aritmetica per la macroclasse Automobili a Benzina.

- per le categorie EURO V si assume che nella macroclasse Autovetture Diesel il fattore di emissione in ciascuna cilindrata è il prodotto del fattore di emissione della categoria EURO IV nella cilindrata corrispondente per il rapporto tra i limiti di omologazione corrispondenti (EURO V / EURO IV), per la macroclasse Autovetture a Benzina, dalle considerazioni trovate anche su relazioni o articoli non scientifici di informazione pubblica¹¹, si calcola che le emissioni di NOx siano abbattute del 25%. Il fattore di emissione medio della categoria è calcolato come media pesata per la macroclasse Automobili Diesel (peso maggiore alla cilindrata superiore), come semplice media aritmetica per la macroclasse Automobili a Benzina.

Macroclassi Motocicli < 50 cm3 e Motocicli > 50 cm3:

- per la macroclasse Motocicli < 50 cm3 mancano nell'archivio ANPA i fattori di emissione della microclasse Stage II, per la quale si è ipotizzato un fattore di emissione di NOx costante rispetto alla microclasse Stage I e di PM10 pari a 1/5 rispetto alla microclasse Stage I
- per la frazione della macroclasse Motocicli cc > 50 cm3 relativa ai soli cc < 126 cm3 nelle classi EURO 0 ed EURO 1 2 2T ed EURO 0 4 T i fattori di emissione, mancanti nell'archivio ANPA, sono proporzionali, sia di NOx sia di PM10, a quelli della macroclasse Motocicli cc < 50 cm3 secondo la cilindrata (cioè moltiplicati per 125/50), corrispondenti alle EURO 0 e Stage II.
- per la macroclasse Motocicli cc > 50 cm3 EURO 3 ed EURO 4 (indipendentemente dalla cilindrata, cioè sia cc < 126 cm3 sia cc > 126 cm3) si conoscono i limiti di omologazione e quindi si procede calcolando il nuovo fattore di emissione proporzionale alla categoria per il rapporto tra i limiti di omologazione con la categoria EURO 1 2 che per il fattore di emissione di NOx è EURO 3/EURO 1 2 = 1 e EURO 4/EURO 1 2 = 0.5 mentre per PM10 rimane unitario.

Veicoli leggeri < 3.5 t a Benzina e Diesel. Veicoli pesanti > 3.5 t Diesel:

- per le categorie EURO III si considera che il fattore di emissione sia proporzionale al fattore di emissione della categoria EURO II per il rapporto tra i limiti di omologazione corrispondenti (EURO III/EURO II)
- per le categorie EURO IV si considera che il fattore di emissione sia proporzionale al fattore di emissione della categoria EURO II per il rapporto tra i limiti di omologazione corrispondenti (EURO IV/EURO II)
- per la categoria EURO V nella macroclasse Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel si assumono gli stessi rapporti sui limiti di omologazione delle Automobili, nella macroclasse Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina si assume il medesimo abbattimento delle Automobili (25%) e per la macroclasse Veicoli pesanti > 3.5 t Diesel (qualsiasi tonnellaggio), compresi i Pullman e gli Autobus Urbani, si conoscono i limiti di omologazione e quindi si procede calcolando il nuovo fattore di emissione proporzionale alla categoria EURO IV per il rapporto tra i limiti di omologazione corrispondenti (EURO V / EURO IV).

I risultati sono raccolti in Tabella XXX3 il più semplicemente possibile organizzata.

3 RISULTATI E CONCLUSIONI

I risultati, cioè i fattori di proiezione α ed f di ciascuna macroclasse sono riportati in Tabella XXc e Tabella XX

¹¹ Su "Repubblica" del 15 Gennaio 2007

	Fattori di proiezione per NOx	
Macroclassi	a	f
Automobili Diesel – Autostrade	1.90	0.48
Automobili a Benzina – Autostrade	0.78	0.30
Automobili Diesel – Strade Extraurbane	1.91	0.47
Automobili a Benzina – Strade Extraurbane	0.70	0.25
Automobili Diesel – Strade Urbane	1.91	0.47
Automobili a Benzina – Strade Urbane	0.66	0.36
Motocicli cc < 50 cm3 Strade Urbane	0.73	1.00
Motocicli cc < 50 cm3 Strade Extraurbane	0.73	1.00
Motocicli cc > 50 cm3 Strade Urbane	1.41	1.20
Motocicli cc > 50 cm3 Strade Extraurbane	1.59	1.08
Motocicli cc > 50 cm3 - Autostrade	1.63	1.05
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Autostrade	1.97	0.50
Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Autostrade	0.50	0.34
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Strade Extraurbane	1.97	0.53
Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Strade Extraurbane	0.50	0.34
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Strade Urbane	1.97	0.38
Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Strade Urbane	0.50	0.46
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Autostrade	0.99	0.63
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Autostrade	0.36	1.00
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Strade Extraurbane	0.96	0.64
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Strade Extraurbane	0.36	1.00
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Strade Urbane	0.95	0.55
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Strade Urbane	0.36	1.00

Tabella 1 Fattori di proiezione del fattore di emissione di NOx e dell'indice di attività per le macroclassi di attività relative al traffico.

	Fattori di proiezione per PM10 exhaust	
Macroclassi	a	f
Automobili Diesel – Autostrade	1.90	0.38
Automobili a Benzina – Autostrade	0.78	0.78
Automobili Diesel – Strade Extraurbane	1.91	0.36
Automobili a Benzina – Strade Extraurbane	0.70	0.69
Automobili Diesel – Strade Urbane	1.91	0.36
Automobili a Benzina – Strade Urbane	0.66	0.68
Motocicli cc < 50 cm3– Strade Urbane	0.73	0.86
Motocicli cc < 50 cm3– Strade Extra Urbane	0.77	0.90
Motocicli cc > 50 cm3 Strade Urbane	1.41	0.27
Motocicli cc > 50 cm3 Strade Extraurbane	1.59	0.47
Motocicli cc > 50 cm3– Autostrade	1.63	0.50
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Autostrade	1.97	0.26
Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Autostrade	0.50	0.70
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Strade Extraurbane	1.97	0.26
Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Strade Extraurbane	0.50	0.70
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel – Strade Urbane	1.97	0.30
Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina – Strade Urbane	0.50	0.74

Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Autostrade	0.99	0.51
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Autostrade	0.36	1.00
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Strade Extraurbane	0.96	0.52
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Strade Extraurbane	0.36	1.00
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel – Strade Urbane	0.95	0.47
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina – Strade Urbane	0.36	1.00

Tabella 2 Fattori di proiezione del fattore di emissione di PM10 exhaust e dell'indice di attività per le macroclassi di attività relative al traffico

Macroclassi	Fattori di proiezione per PM10 da usura freni&gomme	
	a	f
Automobili Diesel&Benzina – Autostrade	1.24	1.00
Automobili Diesel&Benzina – Strade Extraurbane	1.17	1.00
Automobili Diesel&Benzina – Strade Urbane	0.96	1.00
Motocicli cc < 50 cm3 Strade Urbane	0.73	1.00
Motocicli cc < 50 cm3 Strade Extraurbane	0.73	1.00
Motocicli cc > 50 cm3 Strade Urbane	1.41	1.00
Motocicli cc > 50 cm3 Strade Extraurbane	1.59	1.00
Motocicli cc > 50 cm3 – Autostrade	1.63	1.00
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel&Benzina – Autostrade	1.71	1.00
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel&Benzina – Strade Extraurbane	1.71	1.00
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel&Benzina – Strade Urbane	1.71	1.00
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel &Benzina – Autostrade	0.99	1.00
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel&Benzina – Strade Extraurbane	0.96	1.00
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel&Benzina – Strade Urbane	0.96	1.00

Tabella 3 Fattori di proiezione del fattore di emissione di PM10 da usura freni&gomme e dell'indice di attività per le macroclassi di attività relative al traffico: la distinzione per combustibile non sussiste

4 APPENDICE: PARCO CIRCOLANTE

Macroclassi (indistinte per percorso)	Numero veicoli	
	2003	2011
Automobili Diesel	134275	288835
Automobili a Benzina	464095	335358
Motocicli cc < 50 cm3	134000	102000
Motocicli cc > 50 cm3	106670	166712
Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel	58752	72885
Veicoli leggeri < 3.5 t Benzina	10800	6628
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Diesel	6765+536+1130 (HDV+Autobus Urbani+Pulman)	6561+536+1374 (HDV+Autobus Urbani+Pulman)
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus Benzina	88	28

Tabella 4 Macroclassi IRSE: parco circolante totale nella Provincia di Firenze

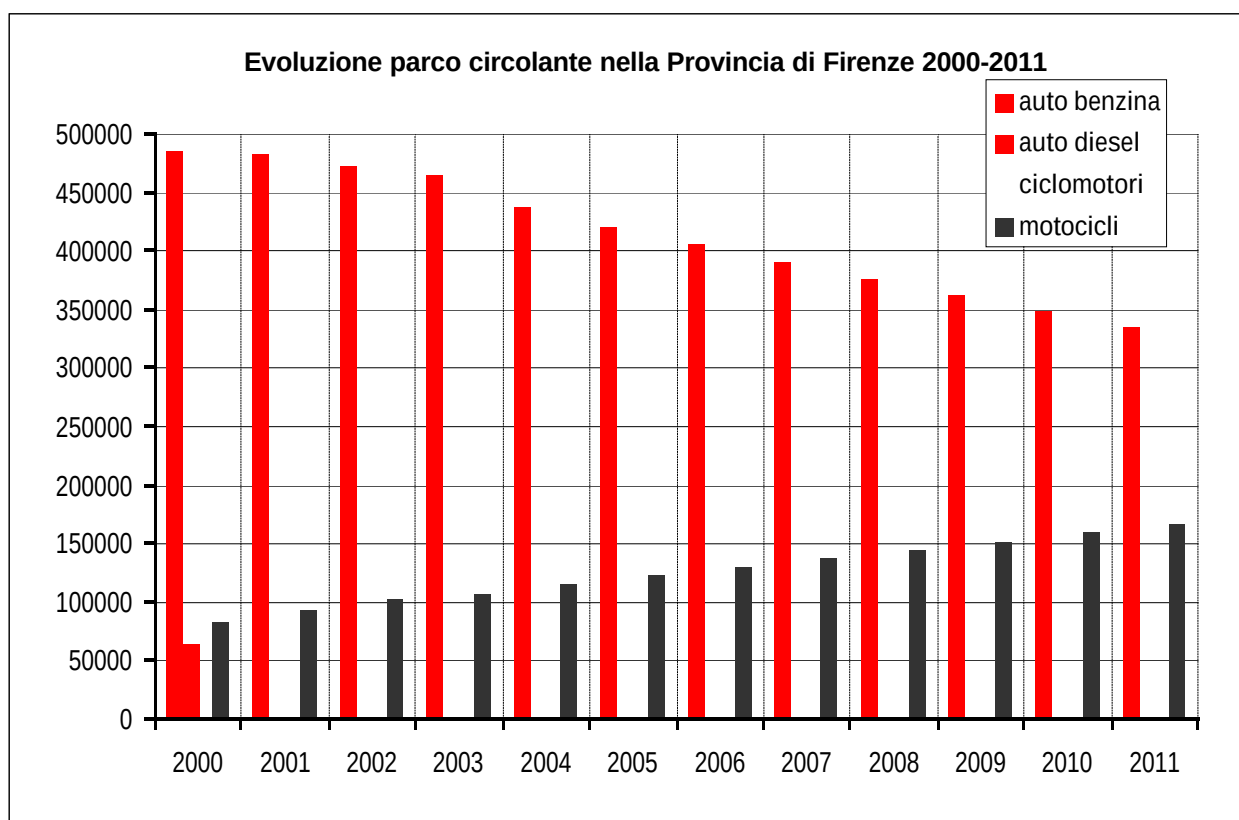


Figura 1 Macroclassi IRSE : serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 delle macroclassi più numerose (> 100000) nella Provincia di Firenze

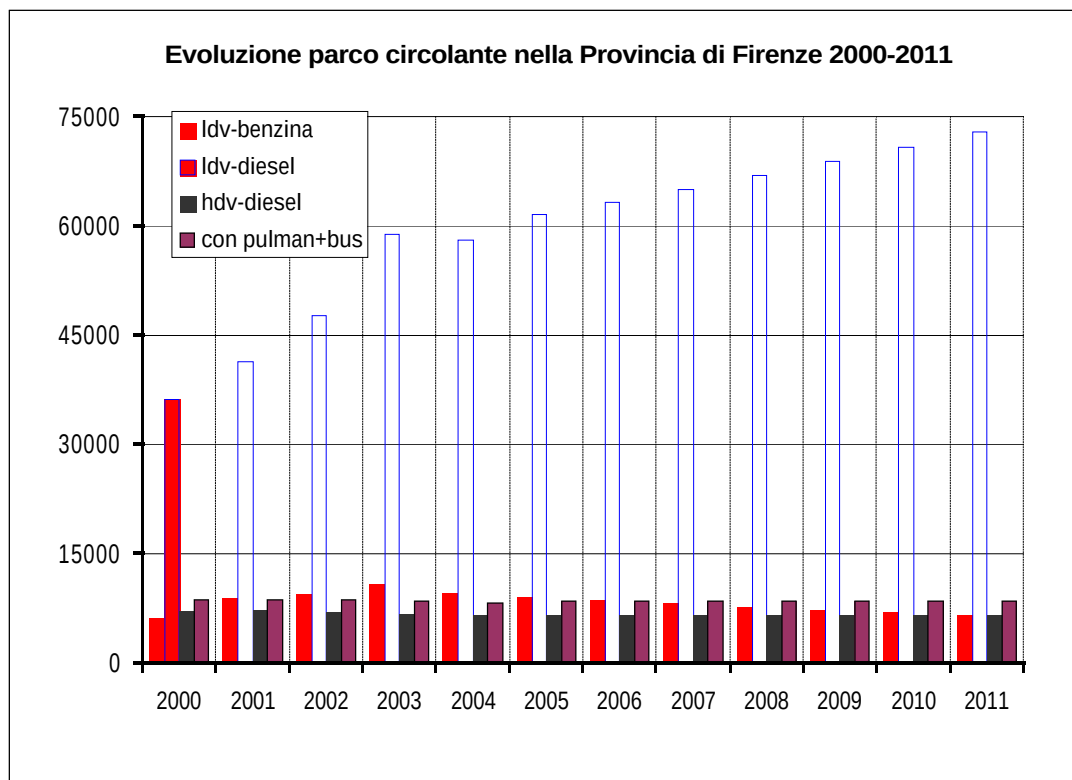


Figura 2 Macroclassi IRSE : serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 delle macroclassi mediamente numerose nella Provincia di Firenze

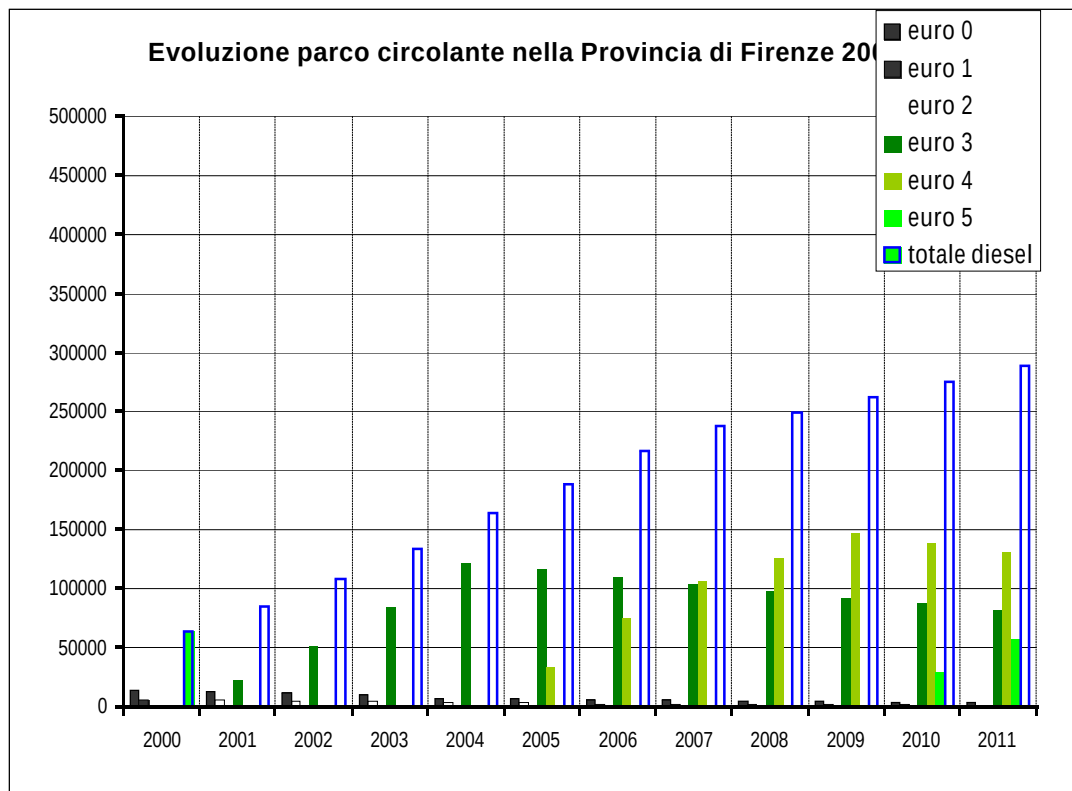


Figura 3 Classi COPERT: serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 della macroclasse Automobili Diesel nella Provincia di Firenze

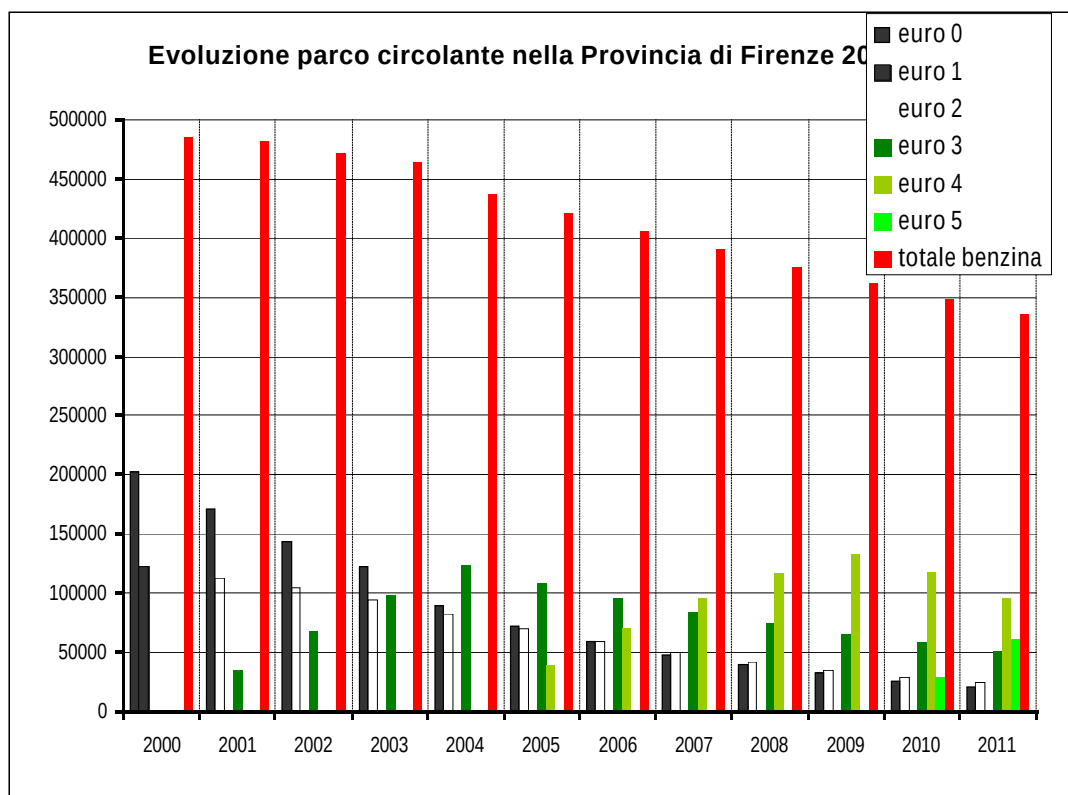


Figura 4 Classi COPERT: serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 della macroclasse Automobili a Benzina nella Provincia di Firenze

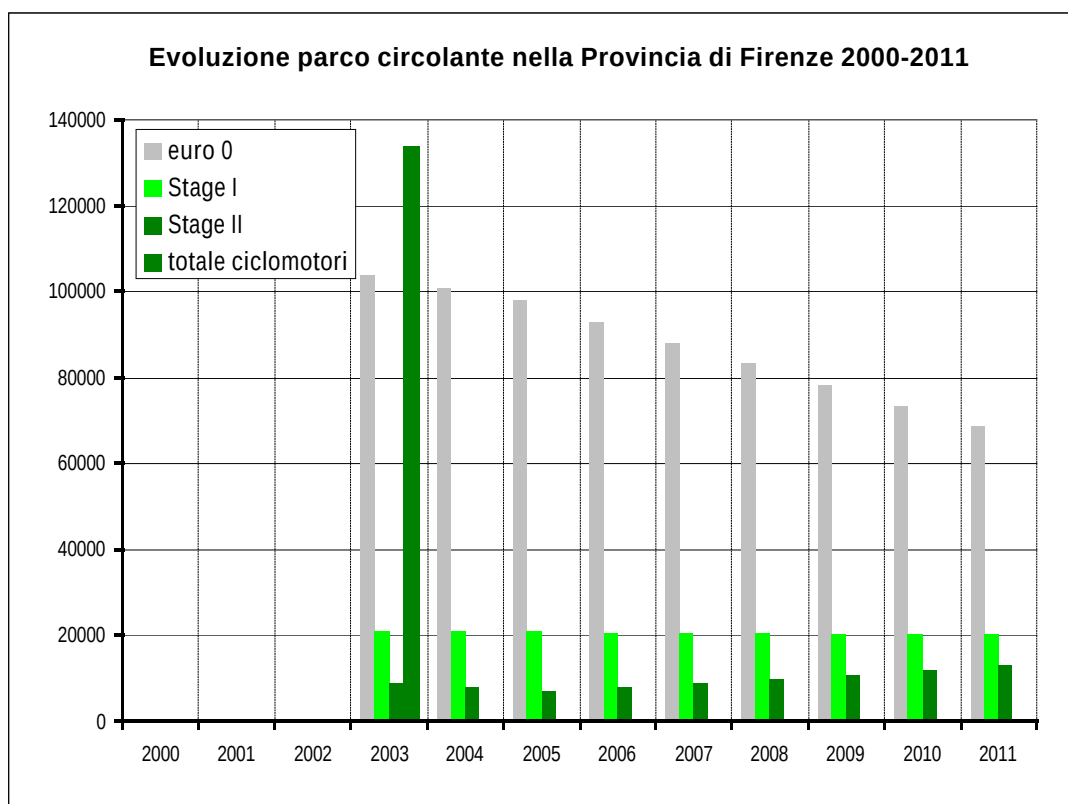


Figura 5 Classi COPERT: serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 della macroclasse ciclomotori cc < 50 cm3 nella Provincia di Firenze

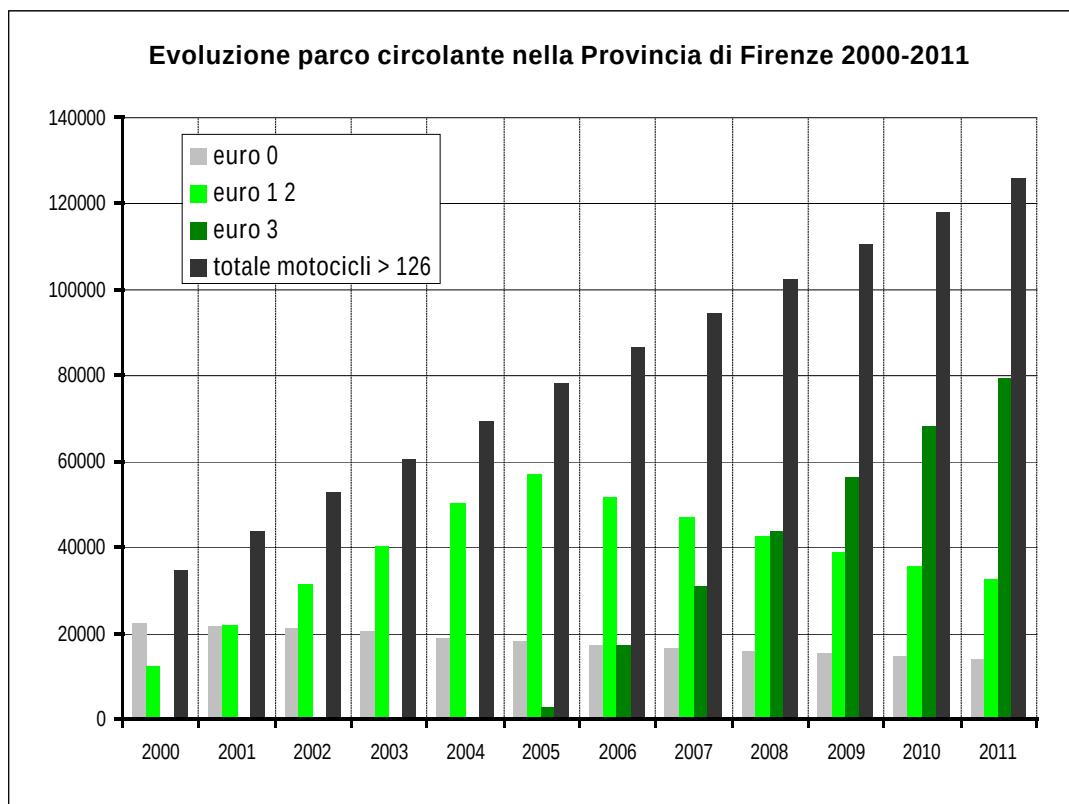


Figura 6 Classi COPERT: serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 della frazione della macroclasse Motocicli cc >50 cm³ limitata ai motocicli cc >126 cm³ nella Provincia di Firenze

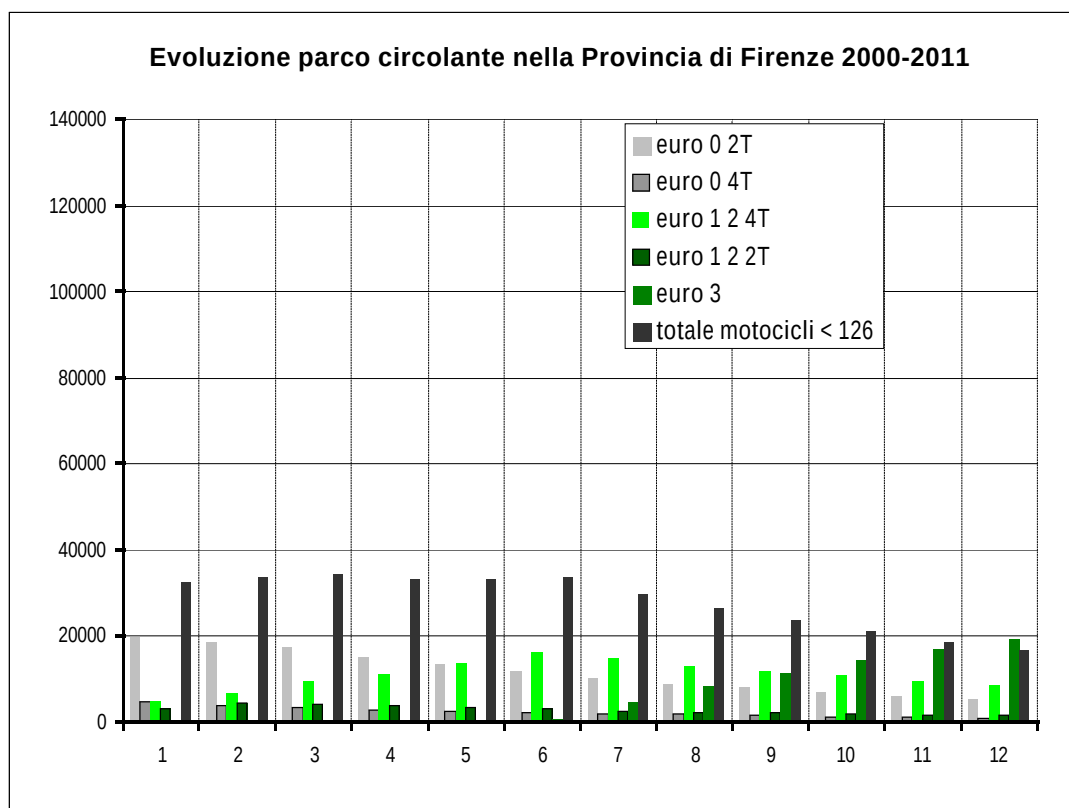


Figura 7 Classi COPERT: serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 della frazione della macroclasse Motocicli cc >50 cm³ limitata ai motocicli cc <126 cm³ nella Provincia di Firenze

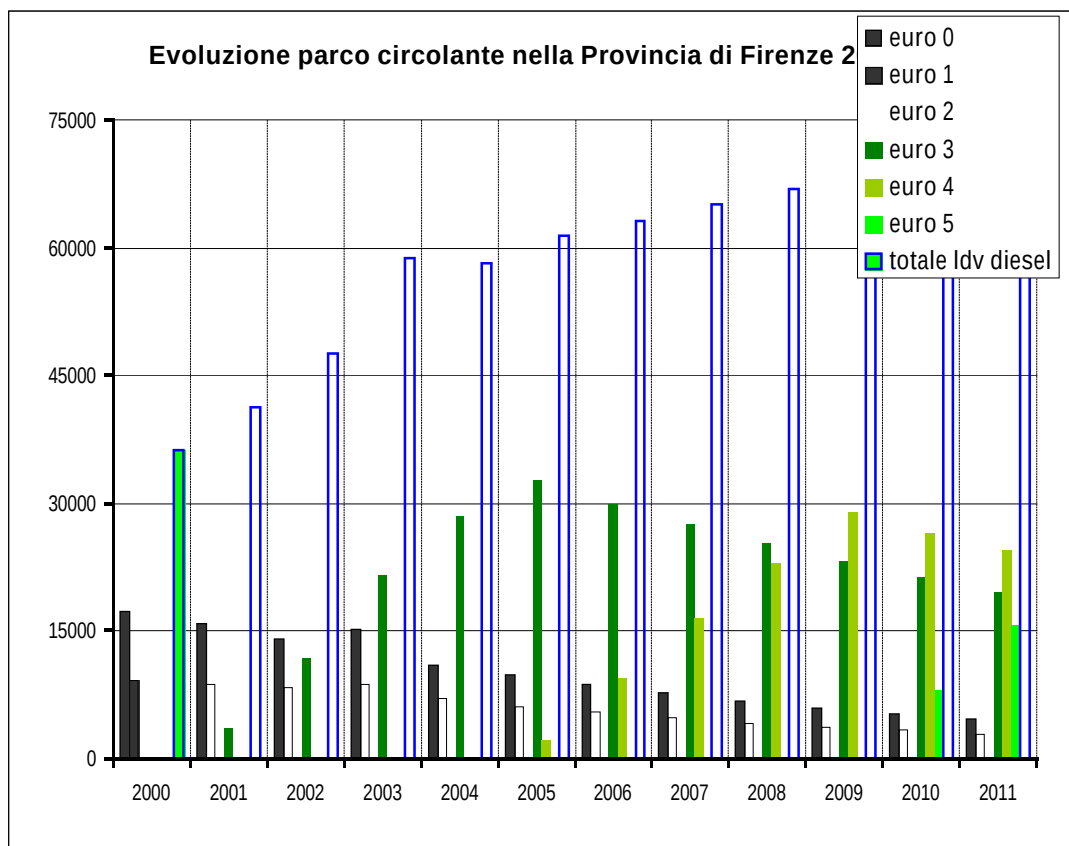


Figura 8 Classi COPERT: serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 della Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel nella Provincia di Firenze

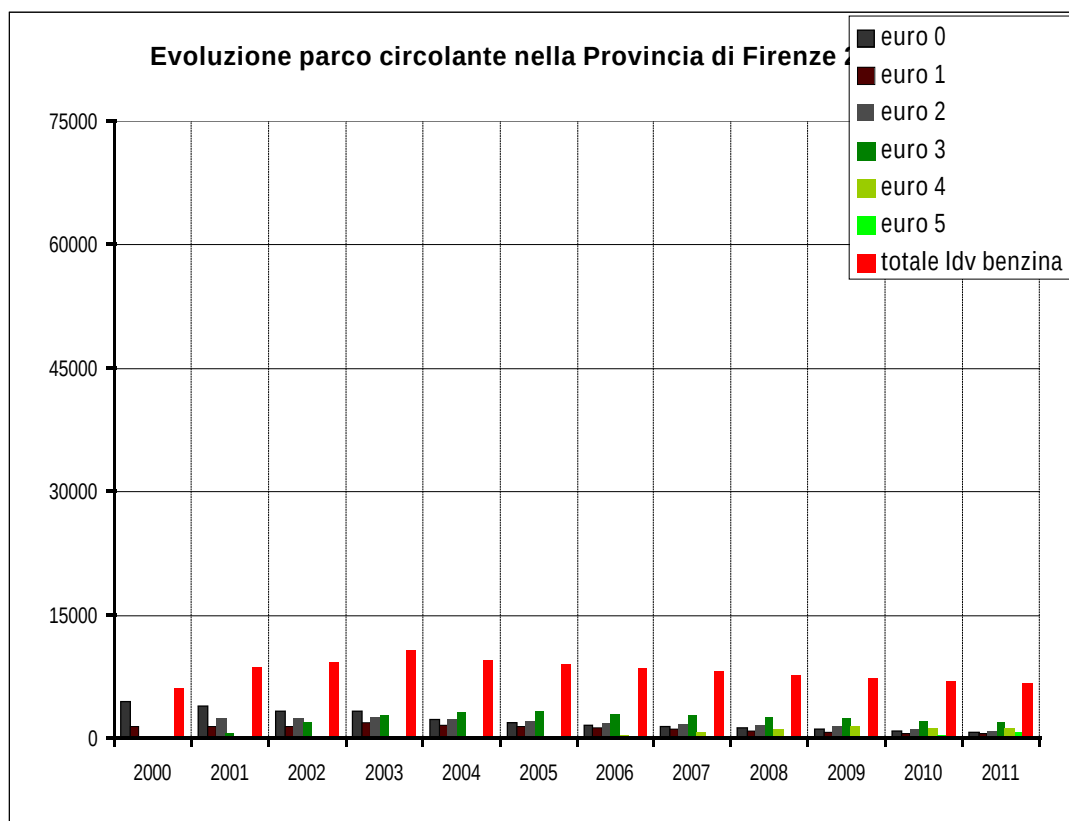


Figura 9 Classi COPERT: serie storica 2000-2011 proiettata a partire dal 2005 della Veicoli leggeri < 3.5 t a Benzina nella Provincia di Firenze

5 APPENDICE: PERCORRENZE ANNUE

Categorie di omologazione	Percorrenze totali annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
	2003	2011	urbano	rurale	autostrada
EURO 0	15750	8596	12	52	35
EURO I	17500	10305	12	52	35
EURO II	18750	11902	12	52	35
EURO III	20250	13845	12	52	35
EURO IV		18276	12	52	35
EURO V		20250	12	52	35

Tabella 5 Percorrenze totali delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Automobili Diesel e ripartizione percentuale sui diversi percorsi

Categorie di omologazione	Percorrenze totali annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
	2003	2011	urbano	rurale	autostrada
EURO 0	4320	2358	33	53	14
EURO I	9667	5692	24	49	27
EURO II	11500	7300	21	47	32
EURO III	13167	9002	21	47	32
EURO IV		11883	21	47	32
EURO V		13167	21	47	32

Tabella 6 Percorrenze totali delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Automobili a Benzina e ripartizione percentuale sui diversi percorsi.

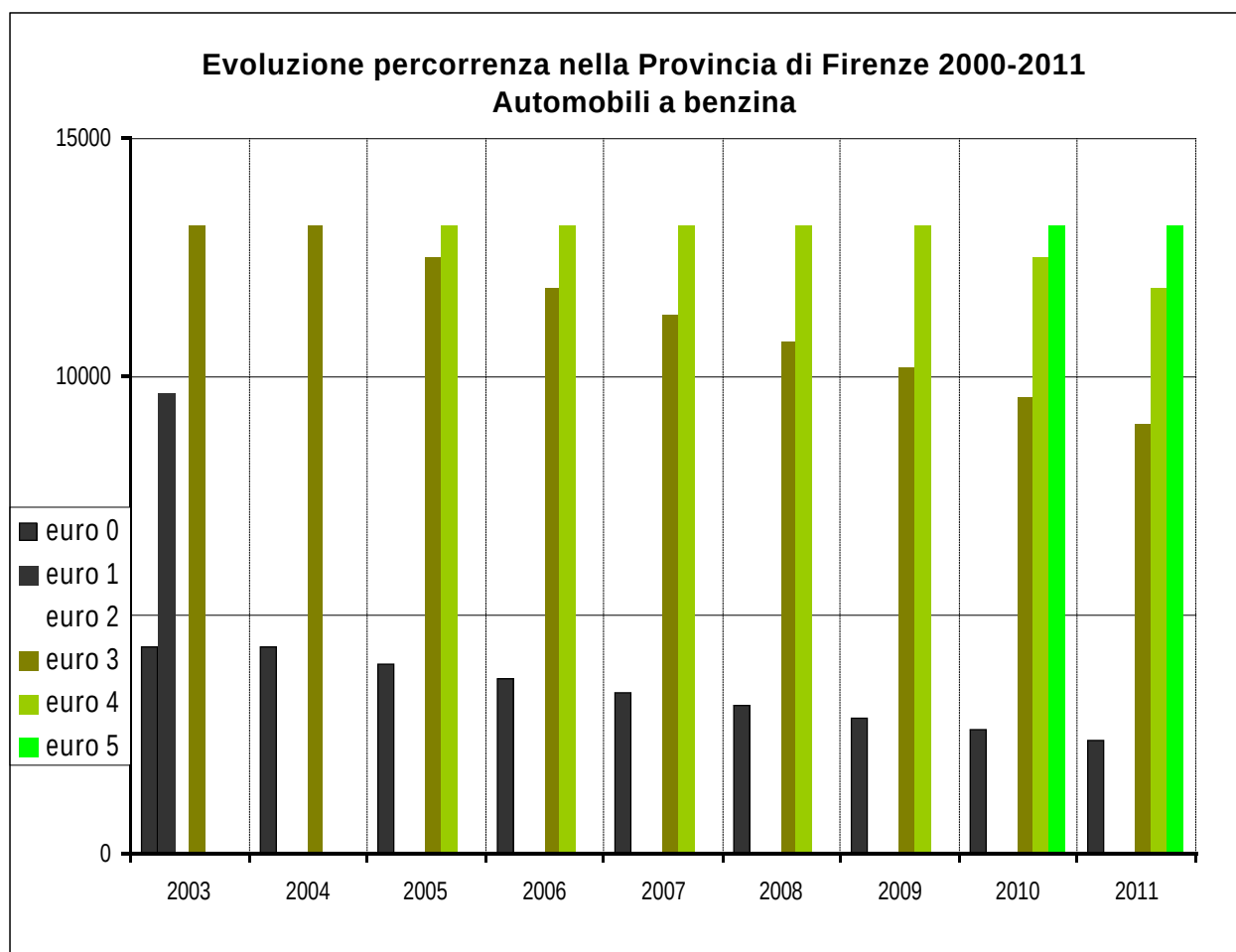


Figura 10 Percorrenze totali delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Automobili a Benzina: serie storica proiettata dal 2004 al 2011 e retrostimata al 2003.

Categorie di omologazione	Percorrenze totali annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
	2003	2011	urbano	rurale	autostrada
EURO 0	3400	2952	70	30	
EURO 1	3800	3542	70	30	
EURO 2	3800	3800	70	30	

Tabella 7 Percorrenze totali delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Motocicli cc < 50 cm³ e ripartizione percentuale sui diversi percorsi

Categorie di omologazione	Percorrenze totali annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
	2003	2011	urbano	rurale	autostrada
EURO 0 2-tempi <126	3050	1977	90	10	
EURO 1 e 2 2-tempi <126	3300	2807	90	10	
EURO 0 4-tempi <126	3050	1977	90	10	
EURO 1 e 2 4-tempi <126	3300	2807	90	10	
EURO 3 <126	3350	3251	90	10	
EURO 0 4-tempi 126-250 cm ³ -	5000	3242	60	30	10
EURO 0 4-tempi 250 - 750 cm ³	5080	3294	60	30	10

EURO 0 4-tempi >750 cm ³	5400	3501	60	30	10
EURO 1 e 2 4-tempi 126-250 cm ³	5160	4389	60	30	10
EURO 1 e 2 4-tempi 250 - 750 cm ³ -	5320	4525	60	30	10
EURO 1 e 2 4-tempi >750 cm ³ -	5480	4661	50	40	10
EURO 3 4-tempi 126-250 cm ³	5160	5007	60	30	10
EURO 3 4-tempi 250 - 750 cm ³	5320	5162	60	30	10
EURO 3 4-tempi >750 cm ³	5480	5318	50	40	10

Tabella 8 Percorrenze totali delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Motocicli cc > 50 cm³ e ripartizione percentuale sui diversi percorsi

Categorie di omologazione	Percorrenze annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
	2003	2011	urbano	rurale	autostrada
EURO 0	16000	8733	25	55	20
EURO I	18000	10599	25	55	20
EURO II	21000	13330	25	55	20
EURO III	22000	15042	25	55	20
EURO IV		19855	25	55	20
EURO V		22000	25	55	20

Tabella 9 Percorrenze totali delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Veicoli leggeri < 3.5 t Diesel e ripartizione percentuale sui diversi percorsi

Categorie di omologazione	Percorrenze annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
	2003	2011	urbano	rurale	autostrada
EURO 0	9500	5185	25	55	20
EURO I	13000	7655	25	55	20
EURO II	14000	8887	25	55	20
EURO III	15000	10256	25	55	20
EURO IV		13538	25	55	20
EURO V		15000	25	55	20

Tabella 10 Percorrenze totali delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Veicoli leggeri < 3.5 t a Benzina e ripartizione percentuale sui diversi percorsi

Tonnellaggio	Categorie di omologazione	Percorrenze annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
		2003	2011	urbano	rurale	autostrada
3.5-7.5	EURO 0	25000	18395	15	45	40
	EURO I	27000	21366	15	45	40
	EURO II	28000	23811	15	45	40
	EURO III	30000	27397	15	45	40
	EURO IV		29109	15	45	40
	EURO V		30000	15	45	40

7.5-16	EURO 0	27000	19866	10	40	50
	EURO I	30000	23740	10	40	50
	EURO II	31000	26363	10	40	50
	EURO III	33000	30137	10	40	50
	EURO IV		32020	10	40	50
	EURO V		33000	10	40	50
16-32	EURO 0	33000	24281	10	35	55
	EURO I	52000	41149	10	35	55
	EURO II	53000	45072	10	35	55
	EURO III	57000	52055	10	35	55
	EURO IV		55307	10	35	55
	EURO V		57000	10	35	55
> 32	EURO 0	37200	27372	10	30	60
	EURO I	54000	42732	10	30	60
	EURO II	55000	46773	10	30	60
	EURO III	60000	54794	10	30	60
	EURO IV		56472	10	30	60
	EURO V		60000	10	30	60
Autobus Urbani	EURO 0	44500	32743	90	10	
	EURO I	44500	35214	90	10	
	EURO II	44500	37843	90	10	
	EURO III	44500	40639	90	10	
	EURO IV		41883	90	10	
	EURO V		44500	90	10	
Pulman	EURO 0	50500	37158	10	30	60
	EURO I	50500	39962	10	30	60
	EURO II	50500	42946	10	30	60
	EURO III	50500	46119	10	30	60
	EURO IV		47530	10	30	60
	EURO V		50500	10	30	60

Tabella 11 Percorrenze totali e ripartizione percentuale sui diversi percorsi delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Veicoli pesanti > 3.5 t Diesel e autobus distinti per tonnellaggio, Autobus Urbani e Pullman

Tonnellaggio	Categorie di omologazione	Percorrenze annue (km)		Ripartizione percentuale sulla percorrenza totale		
		2003	2011	urbano	rurale	autostrada
	EURO 0	5000	3679	20	60	20

Tabella 12 Percorrenze totali e ripartizione percentuale sui diversi percorsi delle categorie di omologazione presenti nella macroclasse Veicoli pesanti > 3.5 t
Benzina

				urbano	rurale	autostrada
				NOx		
gasolio	Automobili Diesel		EURO 0	0.796	0.530	0.740
gasolio	Automobili Diesel		EURO 1	1.021	0.551	0.853
gasolio	Automobili Diesel		EURO 2	1.021	0.549	0.853
gasolio	Automobili Diesel		EURO 3	0.796	0.430	0.665
gasolio	Automobili Diesel		EURO 4	0.354	0.190	0.310
gasolio	Automobili Diesel		EURO 5	0.028	0.015	0.025
benzina	Automobili Benzina		EURO 0	1.786	2.136	3.233
benzina	Automobili Benzina		EURO 1	0.712	0.376	0.712
benzina	Automobili Benzina		EURO 2	0.473	0.139	0.246
benzina	Automobili Benzina		EURO 3	0.230	0.070	0.123
benzina	Automobili Benzina		EURO 4	0.083	0.025	0.044
benzina	Automobili Benzina		EURO 5	0.062	0.019	0.033
benzina	Motocicli cc < 50 cm ³		EURO 0	0.029	0.029	0.000
benzina	Motocicli cc < 50 cm ³		EURO 1	0.029	0.030	0.000
benzina	Motocicli cc < 50 cm ³		EURO 2	0.029	0.030	0.000
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	2-tempi <126 cm ³	EURO 0	0.073	0.073	0.000
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	2-tempi <126 cm ³	EURO 1 2	0.073	0.075	0.000
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi <126 cm ³	EURO 0	0.073	0.073	0.000
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi <126 cm ³	EURO 1 2	0.165	0.075	0.000
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi <126 cm ³	EURO 3	0.083	0.038	0.000
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi 126-250 cm ³	EURO 0	0.110	0.218	0.350
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi 126-250 cm ³	EURO 1 2	0.165	0.283	0.429
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi 126-250 cm ³	EURO 3	0.083	0.142	0.215
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi 250 - 750 cm ³	EURO 0	0.115	0.243	0.385
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi 250 - 750 cm ³	EURO 1 2	0.165	0.301	0.453
benzina	Motocicli cc > 50 cm ³	4-tempi 250 - 750 cm ³	EURO 3	0.083	0.151	0.227

benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi >750 cm ³	EURO 0	0.126	0.275	0.480
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi >750 cm ³	EURO 1	0.165	0.320	0.533
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi >750 cm ³	EURO 2	0.165	0.320	0.533
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi >750 cm ³	EURO 3	0.083	0.160	0.267
gasolio	Peso <3,5t		EURO 0	3.035	0.861	1.205
gasolio	Peso <3,5t		EURO 1	1.574	0.991	1.190
gasolio	Peso <3,5t		EURO 2	1.574	0.991	1.190
gasolio	Peso <3,5t		EURO 3	1.228	0.773	0.928
gasolio	Peso <3,5t		EURO 4	0.551	0.347	0.417
gasolio	Peso <3,5t		EURO 5	0.044	0.028	0.033
benzina	Peso <3,5t		EURO 0	2.465	3.020	3.536
benzina	Peso <3,5t		EURO 1	0.823	0.394	0.476
benzina	Peso <3,5t		EURO 2	0.442	0.132	0.162
benzina	Peso <3,5t		EURO 3	0.309	0.092	0.113
benzina	Peso <3,5t		EURO 4	0.164	0.049	0.060
benzina	Peso <3,5t		EURO 5	0.123	0.037	0.045
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 0	4.480	2.165	2.897
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 1	3.136	1.516	2.607
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 2	2.240	1.191	1.883
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 3	1.590	0.846	1.337
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 4	1.120	0.596	0.942
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 5	0.638	0.339	0.537
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 0	9.102	4.286	4.084
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 1	6.371	3.000	3.676
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 2	4.551	2.357	2.655
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 3	3.231	1.673	1.885
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 4	2.276	1.179	1.328
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 5	1.297	0.672	0.757
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 0	16.175	9.042	7.902
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 1	8.896	5.428	4.346
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 2	6.470	4.071	3.556
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 3	4.594	2.890	2.525
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 4	3.235	2.036	1.778

gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 5	1.844	1.160	1.013
gasolio	Peso >32 t		EURO 0	23.057	13.502	12.389
gasolio	Peso >32 t		EURO 1	12.681	8.101	6.814
gasolio	Peso >32 t		EURO 2	9.223	6.076	5.575
gasolio	Peso >32 t		EURO 3	6.548	4.314	3.958
gasolio	Peso >32 t		EURO 4	4.612	3.038	2.788
gasolio	Peso >32 t		EURO 5	2.629	1.732	1.589
benzina	Peso >3,5 t		EURO 0	4.353	7.225	7.255
gasolio	Pulman		EURO 0	16.533	8.247	7.924
gasolio	Pulman		EURO 1	9.093	4.948	4.358
gasolio	Pulman		EURO 2	6.613	3.711	3.566
gasolio	Pulman		EURO 3	4.695	2.635	2.532
gasolio	Pulman		EURO 4	3.307	1.856	1.783
gasolio	Pulman		EURO 5	1.885	1.484	1.426
gasolio	Autobus Urbani		EURO 0	17.927	10.656	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 1	12.549	7.459	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 2	8.964	5.328	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 3	6.364	3.783	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 4	4.482	2.664	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 5	2.555	2.131	0.000

				urbano	rurale	autostrada	urbano	rurale	autostrada
				PM10 exhaust			PM10 usura		
gasolio	Automobili Diesel		EURO 0	0.479	0.212	0.240	0.017	0.017	0.017
gasolio	Automobili Diesel		EURO 1	0.171	0.072	0.128	0.017	0.017	0.017
gasolio	Automobili Diesel		EURO 2	0.171	0.072	0.128	0.017	0.017	0.017
gasolio	Automobili Diesel		EURO 3	0.123	0.052	0.094	0.017	0.017	0.017
gasolio	Automobili Diesel		EURO 4	0.037	0.016	0.028	0.017	0.017	0.017
gasolio	Automobili Diesel		EURO 5	0.007	0.003	0.006	0.017	0.017	0.017
benzina	Automobili Benzina		EURO 0	0.080	0.042	0.042	0.017	0.017	0.017
benzina	Automobili Benzina		EURO 1	0.018	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
benzina	Automobili Benzina		EURO 2	0.018	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017

benzina	Automobili Benzina		EURO 3	0.003	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
benzina	Automobili Benzina		EURO 4	0.003	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
benzina	Automobili Benzina		EURO 5	0.003	0.003	0.006	0.017	0.017	0.017
benzina	Motocicli cc < 50 cm3		EURO 0	0.180	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000
benzina	Motocicli cc < 50 cm3		EURO 1	0.051	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
benzina	Motocicli cc < 50 cm3		EURO 2	0.010	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	2-tempi <126 cm ³	EURO 0	0.450	0.108	0.048	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	2-tempi <126 cm ³	EURO 1 2	0.128	0.078	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi <126 cm ³	EURO 0	0.048	0.048	0.048	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi <126 cm ³	EURO 1 2	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi <126 cm ³	EURO 3	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi 126-250 cm ³	EURO 0	0.048	0.048	0.048	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi 126-250 cm ³	EURO 1 2	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi 126-250 cm ³	EURO 3	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi 250 - 750 cm ³	EURO 0	0.048	0.048	0.048	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi 250 - 750 cm ³	EURO 1 2	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi 250 - 750 cm ³	EURO 3	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi >750 cm ³	EURO 0	0.048	0.048	0.048	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi >750 cm ³	EURO 1 2	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
benzina	Motocicli cc > 50 cm3	4-tempi >750 cm ³	EURO 3	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008
gasolio	Peso <3,5t		EURO 0	0.501	0.317	0.317	0.022	0.022	0.022
gasolio	Peso <3,5t		EURO 1	0.191	0.087	0.087	0.022	0.022	0.022
gasolio	Peso <3,5t		EURO 2	0.191	0.087	0.087	0.022	0.022	0.022
gasolio	Peso <3,5t		EURO 3	0.147	0.067	0.067	0.022	0.022	0.022
gasolio	Peso <3,5t		EURO 4	0.074	0.033	0.033	0.022	0.022	0.022
gasolio	Peso <3,5t		EURO 5	0.015	0.007	0.007	0.022	0.022	0.022
benzina	Peso <3,5t		EURO 0	0.062	0.062	0.062	0.022	0.022	0.022
benzina	Peso <3,5t		EURO 1	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
benzina	Peso <3,5t		EURO 2	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
benzina	Peso <3,5t		EURO 3	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
benzina	Peso <3,5t		EURO 4	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
benzina	Peso <3,5t		EURO 5	0.022	0.007	0.007	0.022	0.022	0.022
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 0	0.574	0.335	0.281	0.078	0.078	0.078

gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 1	0.404	0.248	0.213	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 2	0.282	0.186	0.165	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 3	0.203	0.134	0.119	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 4	0.041	0.027	0.024	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 3,5 - 7,5 t		EURO 5	0.041	0.027	0.024	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 0	1.054	0.569	0.479	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 1	0.716	0.401	0.342	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 2	0.474	0.280	0.244	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 3	0.295	0.174	0.152	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 4	0.059	0.035	0.030	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 7,5 - 16 t		EURO 5	0.059	0.035	0.030	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 0	1.237	0.669	0.534	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 1	0.835	0.466	0.410	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 2	0.375	0.233	0.212	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 3	0.216	0.135	0.122	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 4	0.043	0.027	0.024	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso 16 - 32 t		EURO 5	0.043	0.027	0.024	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso >32 t		EURO 0	1.306	0.713	0.649	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso >32 t		EURO 1	0.880	0.494	0.453	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso >32 t		EURO 2	0.392	0.244	0.228	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso >32 t		EURO 3	0.229	0.142	0.133	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso >32 t		EURO 4	0.046	0.028	0.027	0.078	0.078	0.078
gasolio	Peso >32 t		EURO 5	0.046	0.028	0.027	0.078	0.078	0.078
benzina	Peso >3,5 t		EURO 0	0.062	0.488	0.488	0.078	0.078	0.078
gasolio	Pulman		EURO 0	1.020	0.532	0.418	0.078	0.078	0.078
gasolio	Pulman		EURO 1	0.694	0.377	0.302	0.078	0.078	0.078
gasolio	Pulman		EURO 2	0.321	0.199	0.170	0.078	0.078	0.078
gasolio	Pulman		EURO 3	0.179	0.111	0.095	0.078	0.078	0.078
gasolio	Pulman		EURO 4	0.036	0.022	0.019	0.078	0.078	0.078
gasolio	Pulman		EURO 5	0.036	0.022	0.019	0.078	0.078	0.078
gasolio	Autobus Urbani		EURO 0	0.879	0.466	0.000	0.078	0.078	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 1	0.602	0.087	0.000	0.078	0.078	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 2	0.404	0.088	0.000	0.078	0.078	0.000

gasolio	Autobus Urbani		EURO 3	0.246	0.054	0.000	0.078	0.078	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 4	0.049	0.011	0.000	0.078	0.078	0.000
gasolio	Autobus Urbani		EURO 5	0.049	0.011	0.000	0.078	0.078	0.000
METANO	Autobus Urbani						0.078	0.078	0.000

ALLEGATO 2

NOTE METODOLOGICHE PER LA VALUTAZIONE DELLE PROIEZIONI AL 2011 DELLE EMISSIONI DA RISCALDAMENTO DOMESTICO

I valori dell'uso dei vari combustibili per i comuni facenti parte del progetto MODIVASET sono riassunte nelle tabelle seguenti.

Uso dei combustibili per il macrosettore 02 "Combustione - Civile, Terziario e Agricoltura" per i comuni compresi nell'area del MODIVASET

COD	COMBUSTIBILE	VALANNO	Consumi (GJ)	variazione % rispetto al 2003	numero indice in PREM
111	Comb. Vegetali	1995	843.306,67	-24%	
111	Comb. Vegetali	2000	974.050,68	-12%	
111	Comb. Vegetali	2003	1.111.254,30	0%	
111	Comb. Vegetali	2005	1.314.817,61	18%	
111	Comb. Vegetali	2011	1.513.979,00	36%	136

COD	COMBUSTIBILE	VALANNO	Consumi (GJ)	variazione % rispetto al 2003	numero indice in PREM
205	Gasolio	1995	2.740.246,31	70%	
205	Gasolio	2000	1.951.300,94	21%	
205	Gasolio	2003	1.613.057,87	0%	
205	Gasolio	2005	1.599.673,11	-1%	
205	Gasolio	2011	749.360,00	-54%	46

COD	COMBUSTIBILE	VALANNO	Consumi (GJ)	variazione % rispetto al 2003	numero indice in PREM
303	G.P.L.	1995	1.063.674,15	-23%	
303	G.P.L.	2000	1.700.587,67	23%	
303	G.P.L.	2003	1.383.089,92	0%	
303	G.P.L.	2005	1.440.855,73	4%	
303	G.P.L.	2011	1.730.114,00	25%	125

COD	COMBUSTIBILE	VALANNO	Consumi (GJ)	variazione % rispetto al 2003	numero indice in PREM
310	Gas Naturale	1995	23.685.989,80	-9%	
310	Gas Naturale	2000	24.930.873,61	-4%	
310	Gas Naturale	2003	26.096.726,76	0%	
310	Gas Naturale	2005	20.863.286,87	-20%	
310	Gas Naturale	2011	22.538.540,00	-14%	86

Nota in neretto corsivo i valori stimati dalla regressione lineare
I grafici con le regressioni lineari sono:

