

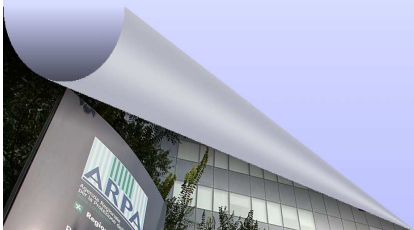
*EXPERT PANEL EMISSIONI DA TRASPORTI  
20-21 GIUGNO 2011, Milano*

*Stima delle percorrenze di automobili,  
mezzi leggeri, mezzi pesanti e  
motocicli in funzione dell'età*

**Stefano Caserini**

ARPA Lombardia, Settore Aria e Agenti Fisici  
Politecnico di Milano, DIIAR Sez. Ambientale

con la collaborazione di  
Pietro Gaifami e Marco Moretti



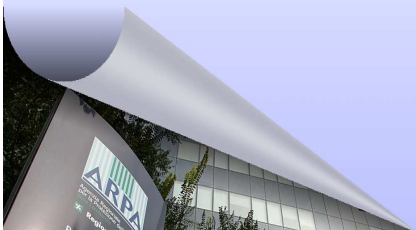
Il lavoro è stato svolto nell'ambito della tesi di Laurea  
di Pietro Gaifami:

## PROIEZIONE DELLE EMISSIONI DA TRAFFICO IN LOMBARDIA NEL PERIODO 2010-2020

Politecnico di Milano, A.A. 2009/2010.

Relatore: Prof. Stefano Caserini

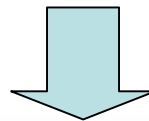
Correlatore: Giuseppe Maurizio Riva



In precedenza:

*Anno 2005 - Raccolta dati percorrenze veicolari in  
Milano e provincia - dati bollino blu - 3.000 veicoli*

*Anno 2005 - raccolta dati percorrenze veicolari in  
Provincia di Ferrara - ARPA Emilia Romagna -  
124.000 veicoli*



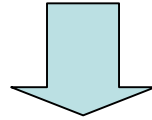
*XII Expert panel emissioni da trasporto su strada*

Stima delle percorrenze dei veicoli: confronto fra set  
di dati disponibili e influenza sulle stime di emissione

Stefano Caserini Cinzia Pastorello, Simonetta Tugnoli

*9 novembre 2006*





*TFEIP Expert Panel on Transport, Milan*

Relationship between car mileage and length of service:  
influence on atmospheric emission assessment

Stefano Caserini Cinzia Pastorello, Simonetta Tugnoli

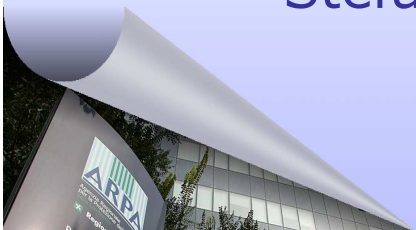
*March 23, 2007*

*XIII Expert panel emissioni da trasporto su strada*

Stima delle percorrenze autoveicolari

Stefano Caserini Cinzia Pastorello, Simonetta Tugnoli

*4 ottobre 2007*



# Road Transport Projections Uncertainty

EC4MACS - European Consortium for Modelling of Air Pollution  
 and Climate Strategies

16

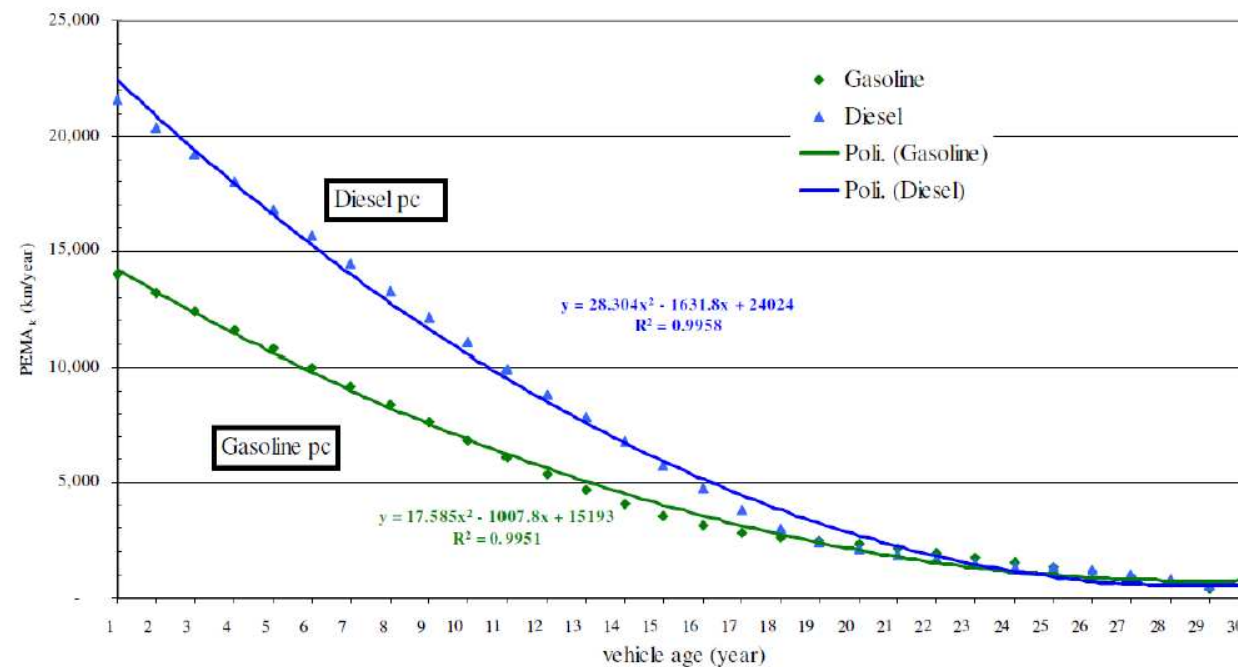
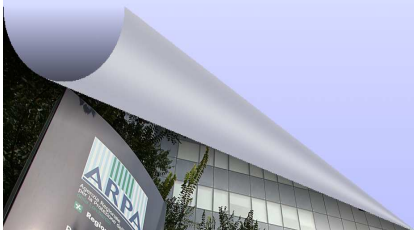


Figure 2-4: Annual mileage as a function of vehicle age for the Italian passenger car fleet.

Source: (Caserini et al., 2007).



**Idea:** utilizzo di dati di percorrenze disponibili sui siti internet in cui si vendono veicoli usati.

Ipotesi: i veicoli venduti sono un campione rappresentativo dei veicoli circolanti

**Pro:**

Molti dati disponibili

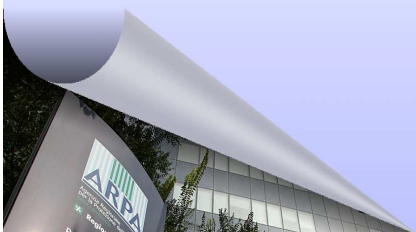
Dati facilmente scaricabili

Dati anche per veicoli leggeri, pesanti e motocicli

**Contro:**

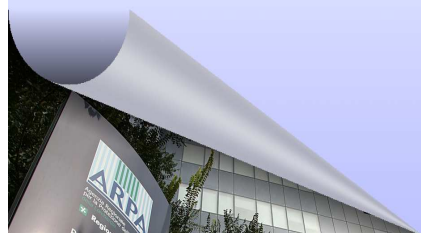
Possibile alterazione dei dati da parte dei proprietari?

circa 75.000 dati di percorrenze scaricati da *automobile.it*, *motousate.it*, *subito.it*, *autoscout24.it*



## DATI RACCOLTI

	n° dati	età media	Chilometraggio rilevato [km]			% sul totale di passaggi di proprietà in Lombardia (2009)	% sul parco totale lombardo (2009)
			minimo	massimo	medio		
<b>auto benzina</b>	18.653	8	1.400	900.000	87.500	5,10%	0,53%
<b>auto diesel</b>	14.300	7	5.000	915.234	116.600	3,91%	0,72%
<b>commerciali leggeri</b>	8.270	6	1.000	1.624.000	149.000	9,75%	1,38%
<b>commerciali pesanti</b>	4.073	7	1.490	1.342.000	228.000	41,39%	3,67%
<b>motocicli</b>	10.299	6	100	500.000	22.320	10,67%	1,12%
<b>ciclomotori</b>	21.964	7	40	170.000	9.920	Non disponibile	4,49%



# Definizioni metodologiche /1

## Percorrenza Cumulata Media - PMC

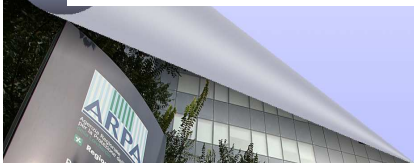
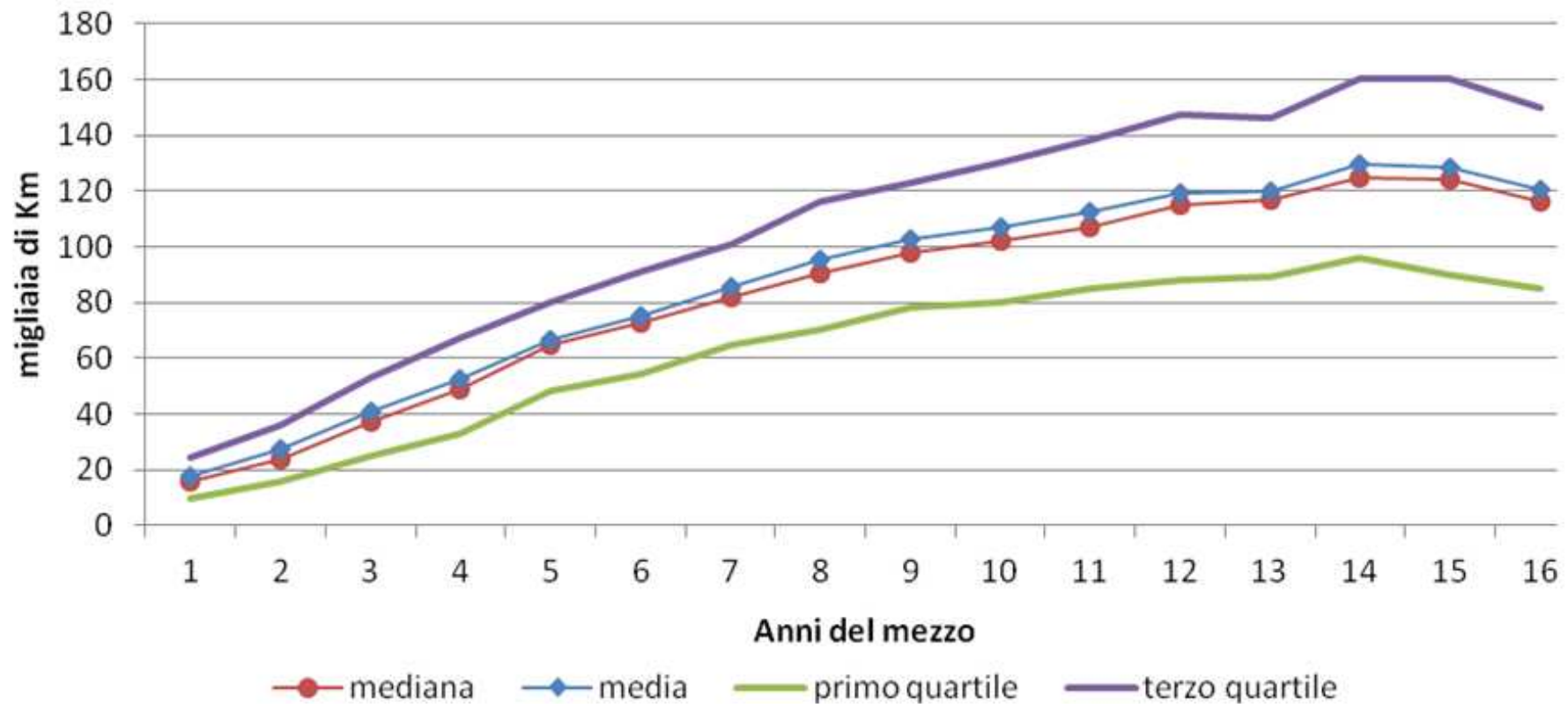
$PCM_k$  = percorrenza cumulata media dei veicoli di anzianità  $k$ : numero medio di km che i veicoli hanno percorso dopo  $k$  anni dalla loro prima interrogazione. Questo è il dato disponibile, che deriva dai dati misurati dal contachilometri.

La rilevazione è incerta per i veicoli molto anziani, in cui la presenza di un contachilometri con 5 cifre può portare a importanti sottostime dell'effettivo chilometraggio del veicolo. È un problema che ormai riguarda pochi veicoli molto anziani.

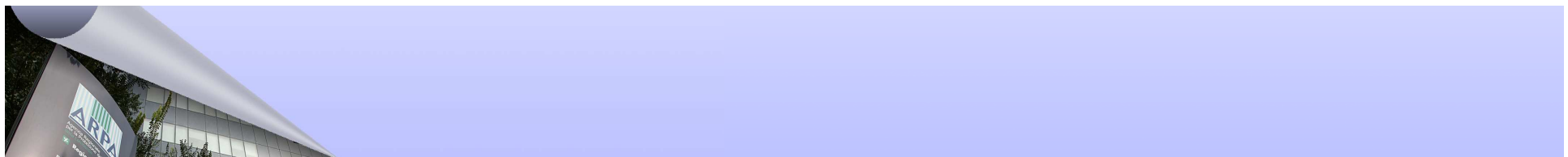
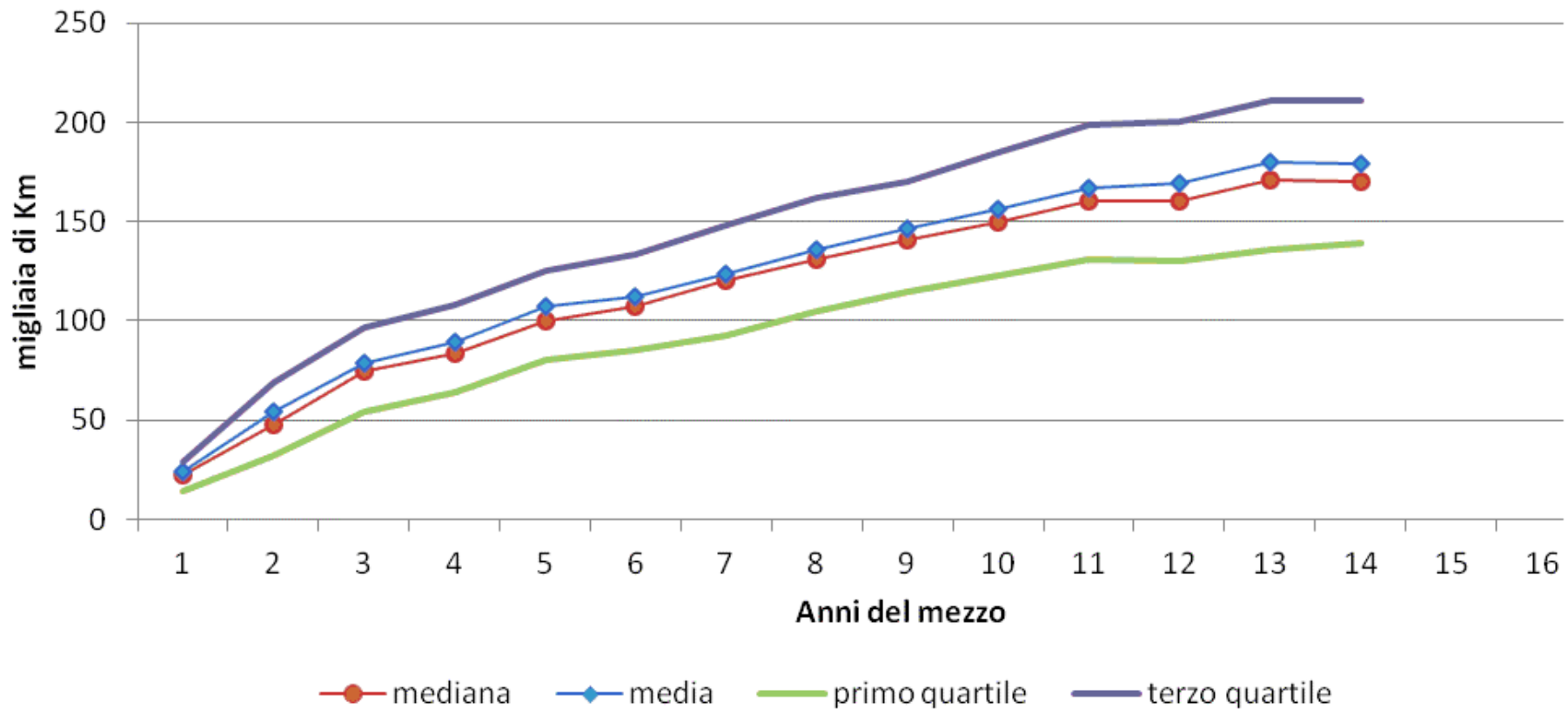




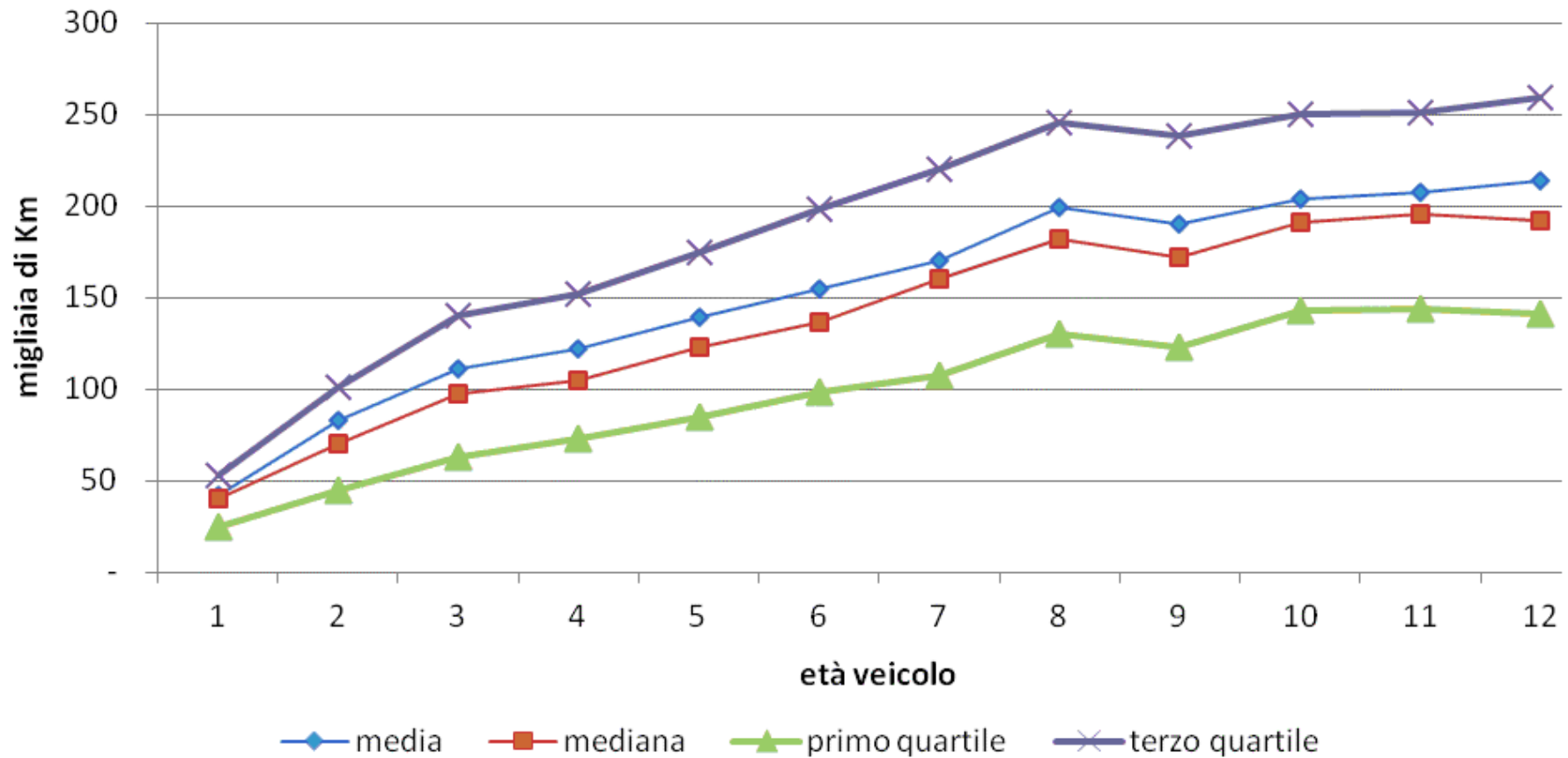
## Media, mediana, primo e terzo quartile della PMC delle autovetture **a benzina**



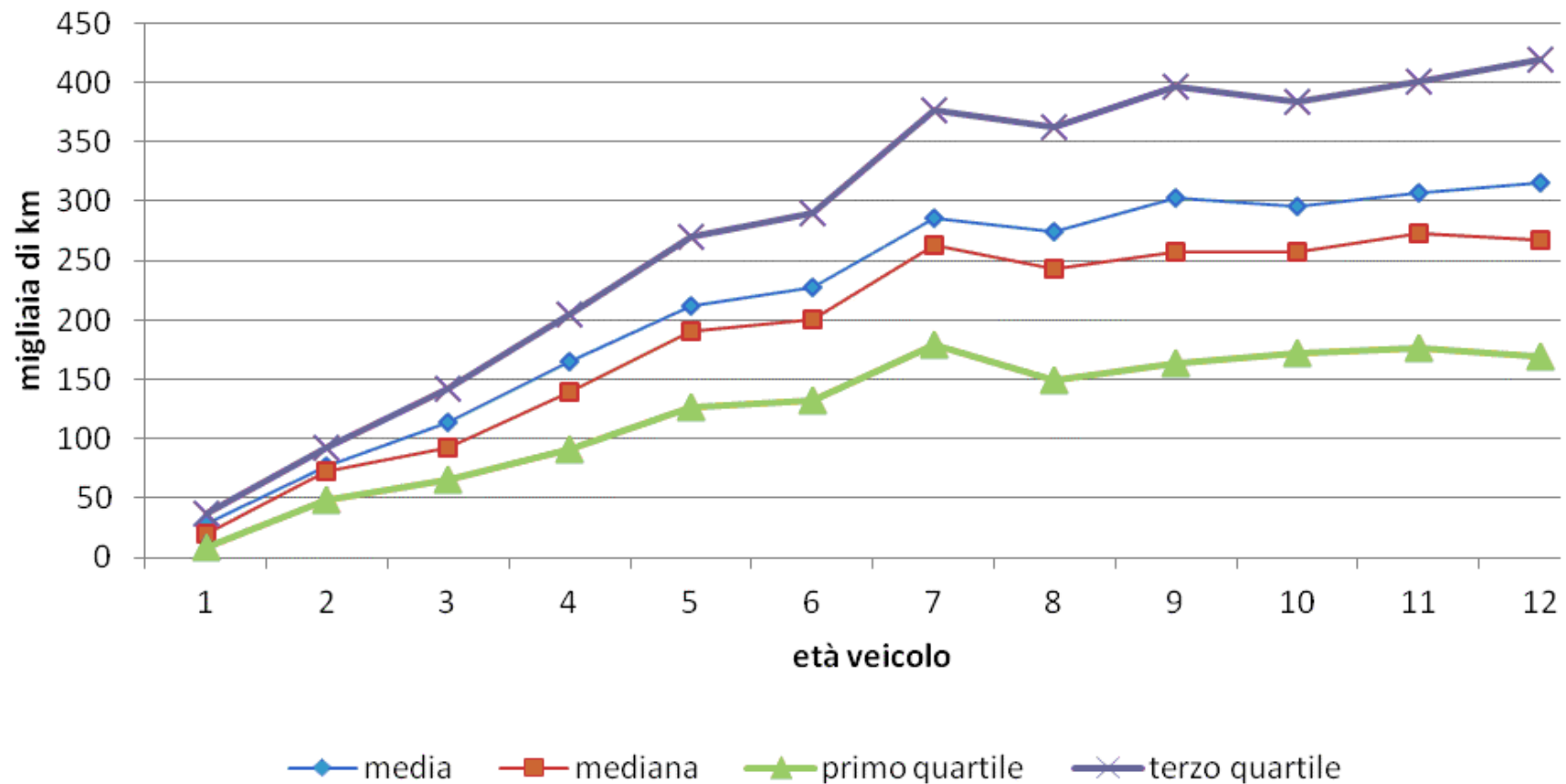
## Media, mediana, primo e terzo quartile della PCM delle autovetture **diesel**



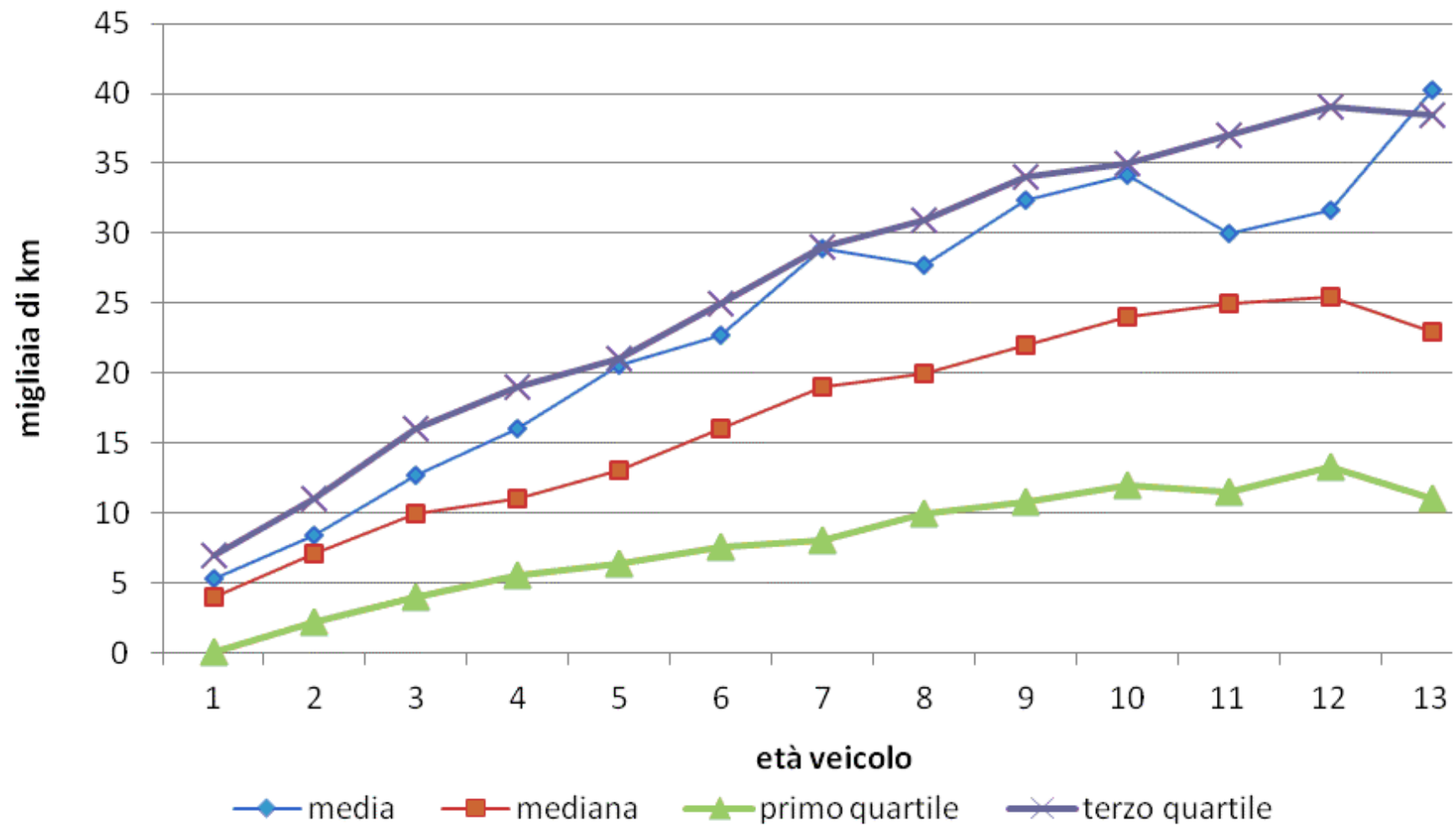
## Media, mediana, primo e terzo quartile della PCM dei veicoli commerciali leggeri



## Media, mediana, primo e terzo quartile della PCM dei veicoli commerciali pesanti



## Media, mediana, primo e terzo quartile della PCM dei motocicli



## Definizioni metodologiche /2

### Percorrenza Media Annua - PMA

È il numero medio di km che i veicoli percorrono in un anno.

Questa percorrenza può essere ricavata tramite rilevamento dei dati misurati dal contachilometri nello stesso giorno di due anni successivi.

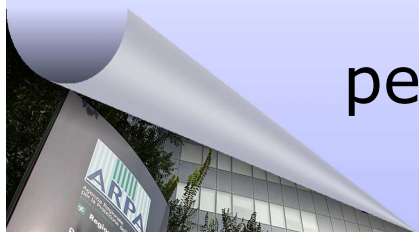


31/12/2003 = 137.000 km

31/12/2004 = 152.000 km

PMA = 15.000 km

Questi dati non sono disponibili, per cui la percorrenza media annua deve essere ricavata in altro modo



# Definizioni metodologiche/2bis

## Percorrenza Media Annuale dei veicoli di anzianità $K$

$$PMA_k = PCM_k / K$$

$PMA_k$ , percorrenza media annua dei veicoli di anzianità  $k$ : è il numero medio di km che i veicoli di una certa età  $k$  percorrono all'anno nell'ipotesi di uguale percorrenza annua durante la loro vita.

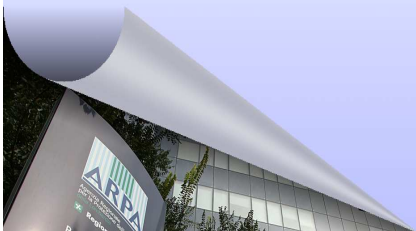
$PCM_k$  = percorrenza cumulata media dei veicoli di anzianità  $k$

$K$  = età del veicolo

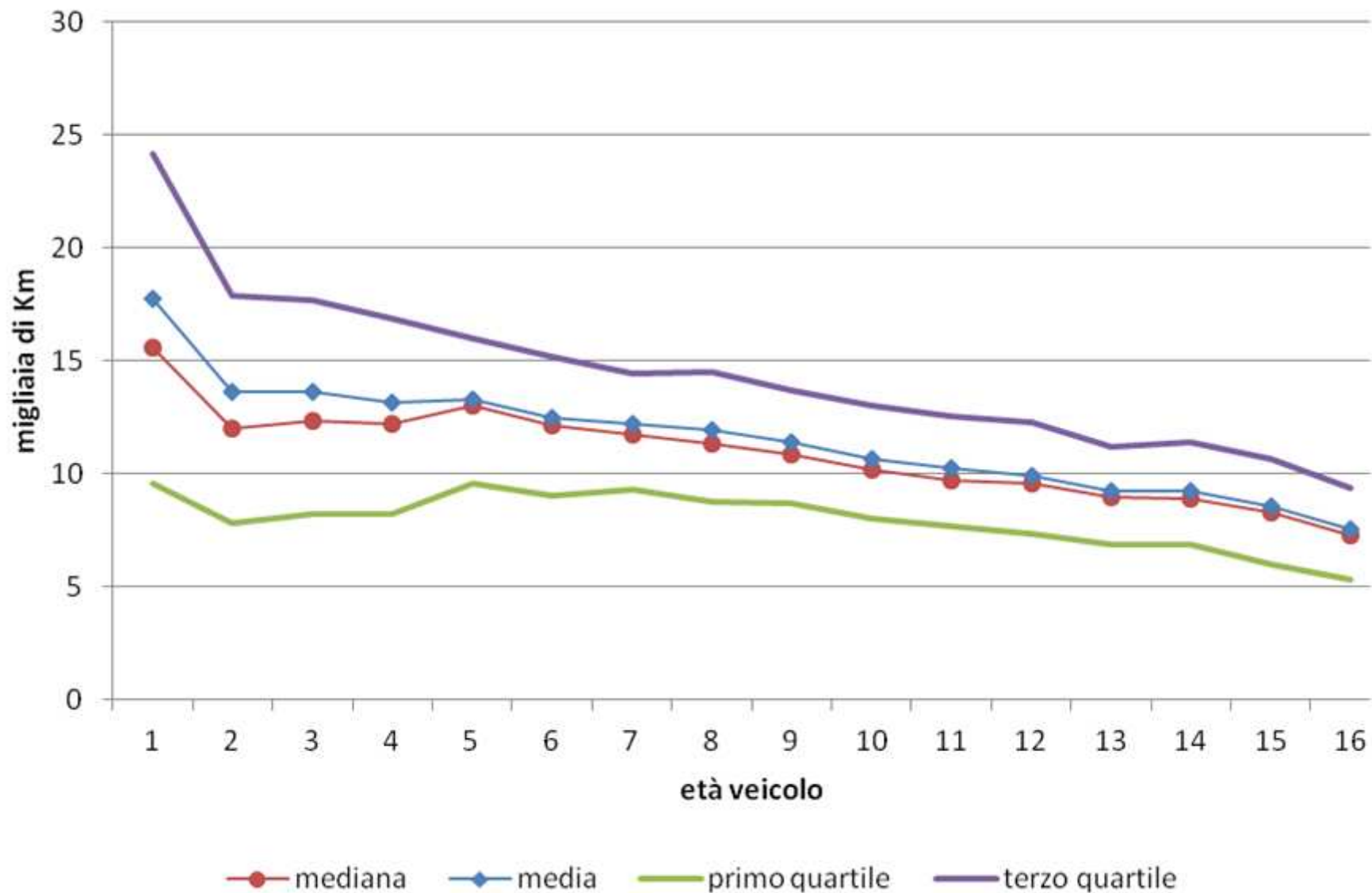
PCM nel 1999 = 150.000 km

Età: = 15 anni

$$PMA_{15} = 10.000 \text{ km}$$

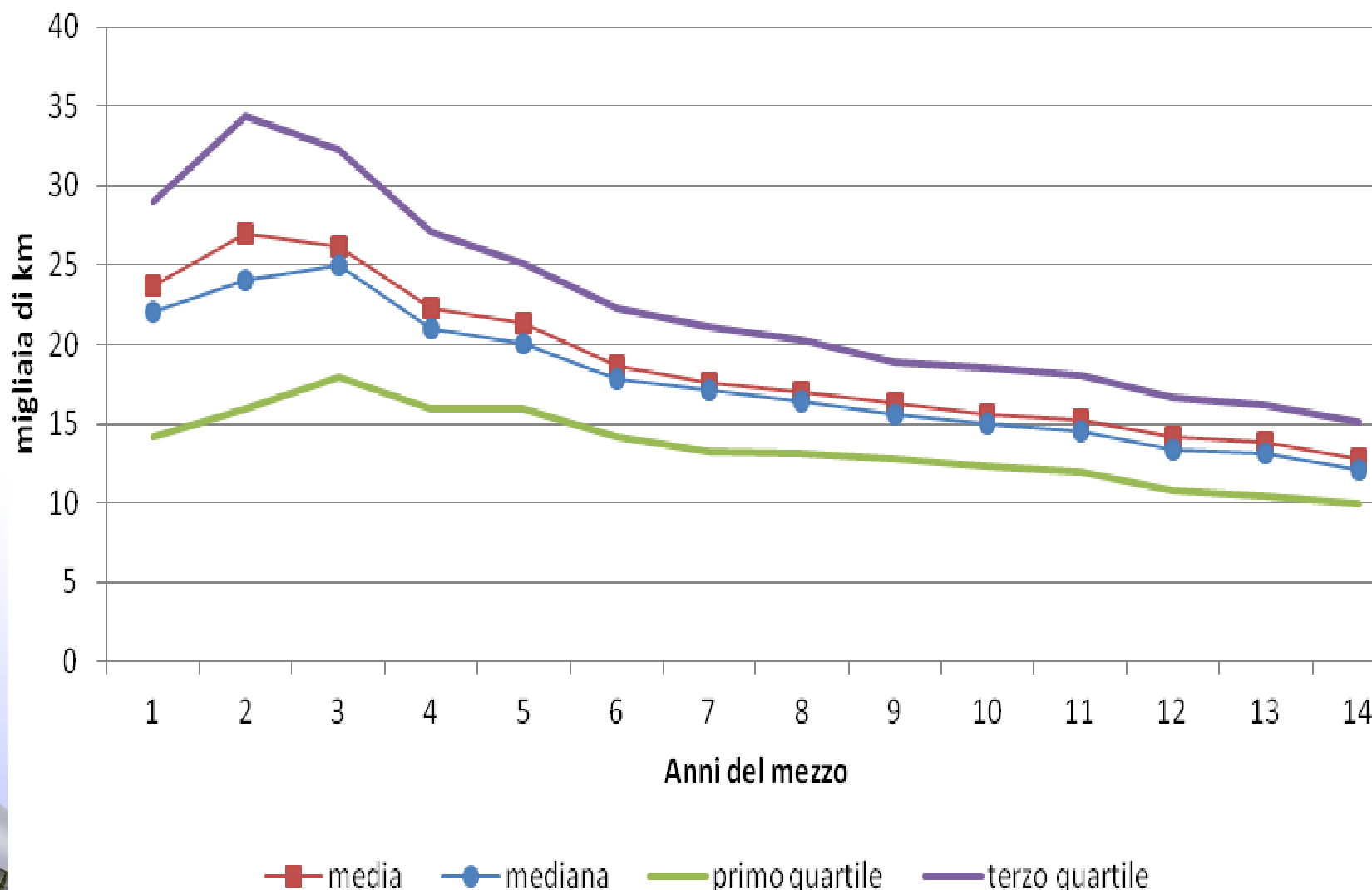


# Media, mediana, primo e terzo quartile della PMA delle autovetture a benzina

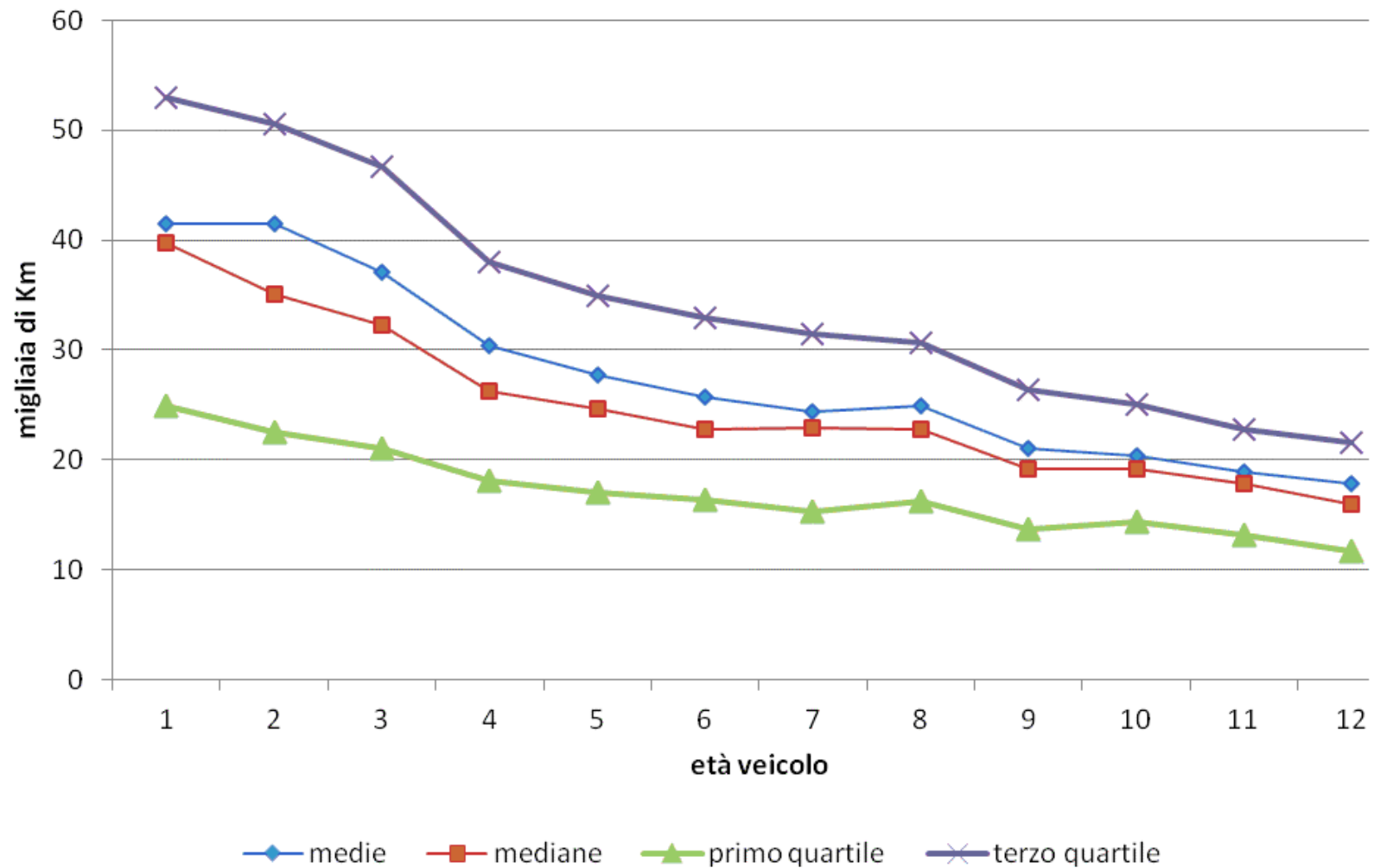




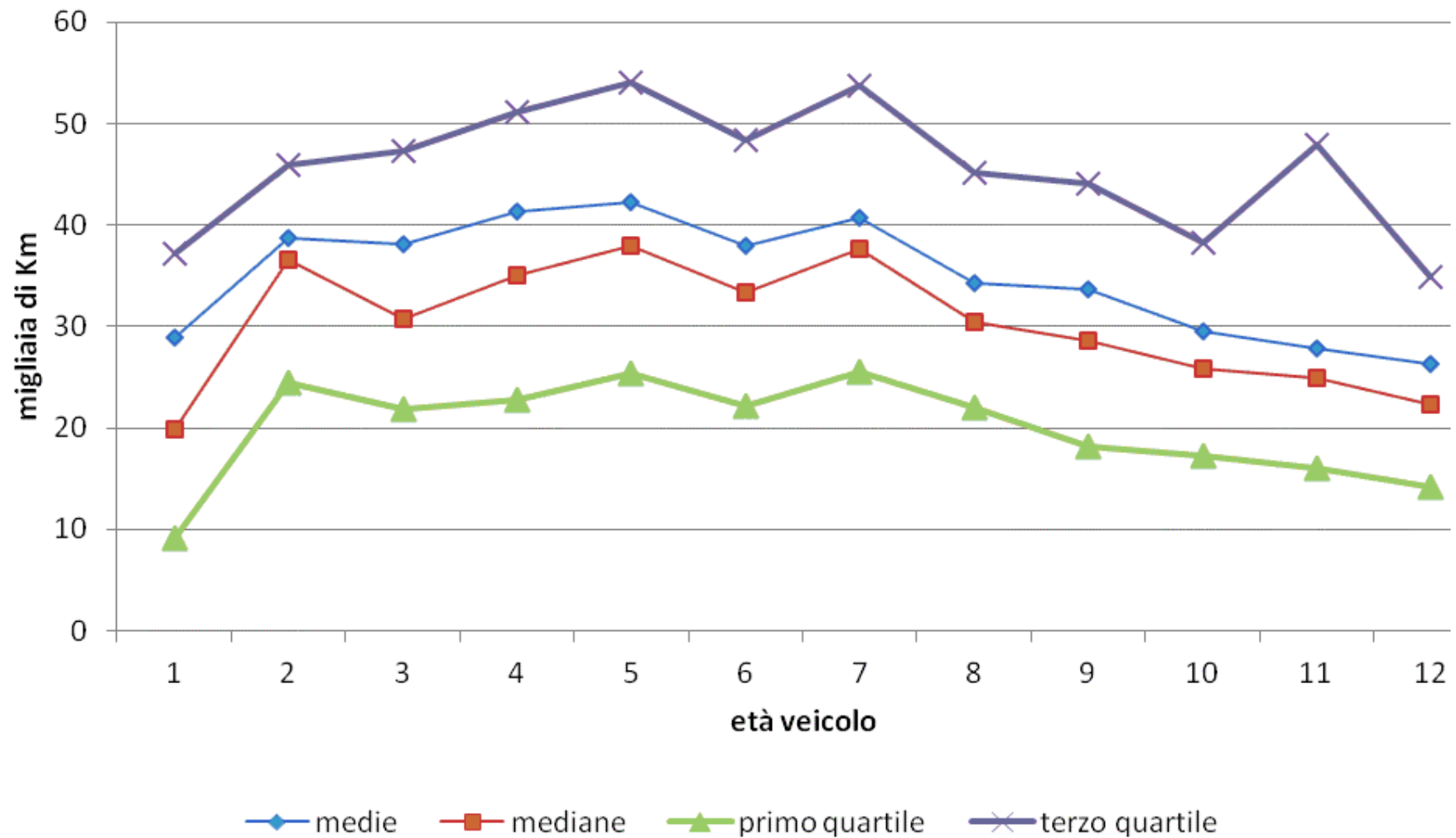
# Media, mediana, primo e terzo quartile della PMA delle autovetture diesel



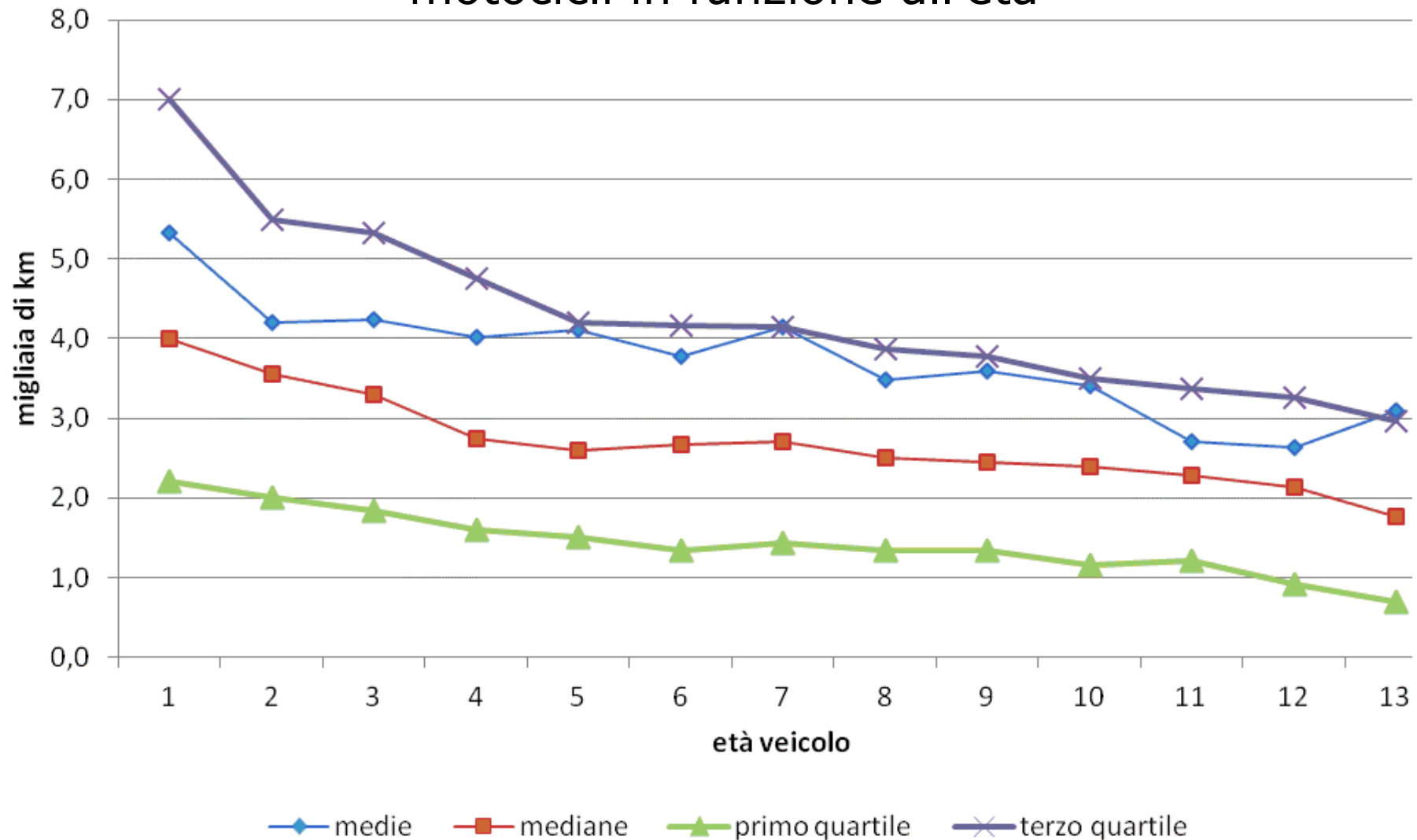
## Media, mediana, primo e terzo quartile della PMA dei veicoli commerciali leggeri



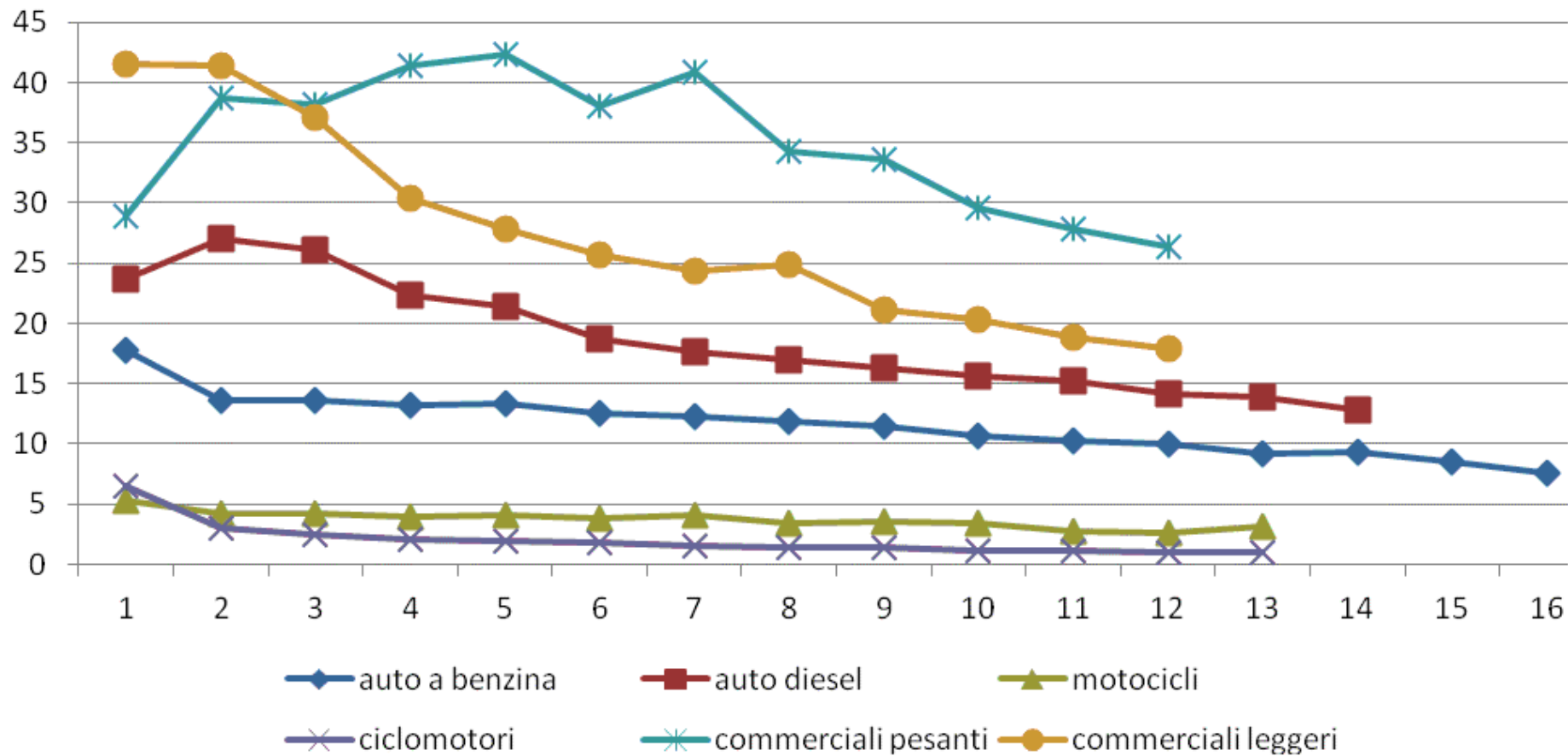
## Media, mediana, primo e terzo quartile della PMA dei veicoli commerciali pesanti



## Media, mediana, primo e terzo quartile della PMA dei motocicli in funzione all'età



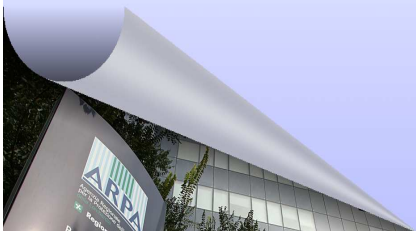
## Quadro riassuntivo della percorrenza media annua (PMA) per i vari tipi di veicoli



## Problema

La percorrenza media annua in un generico anno  $k$  così calcolata non è la percorrenza effettiva che in quell'anno  $k$  avranno quei veicoli, proprio perché la percorrenza non è costante nel tempo.

Ad esempio: se dopo 15 anni la PCM è 150.000 km, nel 15-esimo anno non percorreranno effettivamente 10.000 km, ma di meno, perché negli anni precedenti la media era superiore.



## Definizioni metodologiche /3

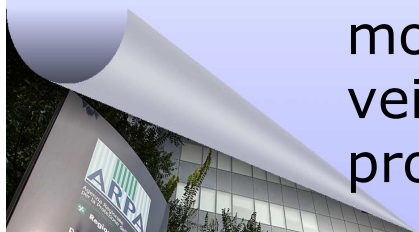
Percorrenza effettiva media annua dei veicoli di anzianità  $k$  e anzianità massima  $j$

**$PEMA_{j,k}$**

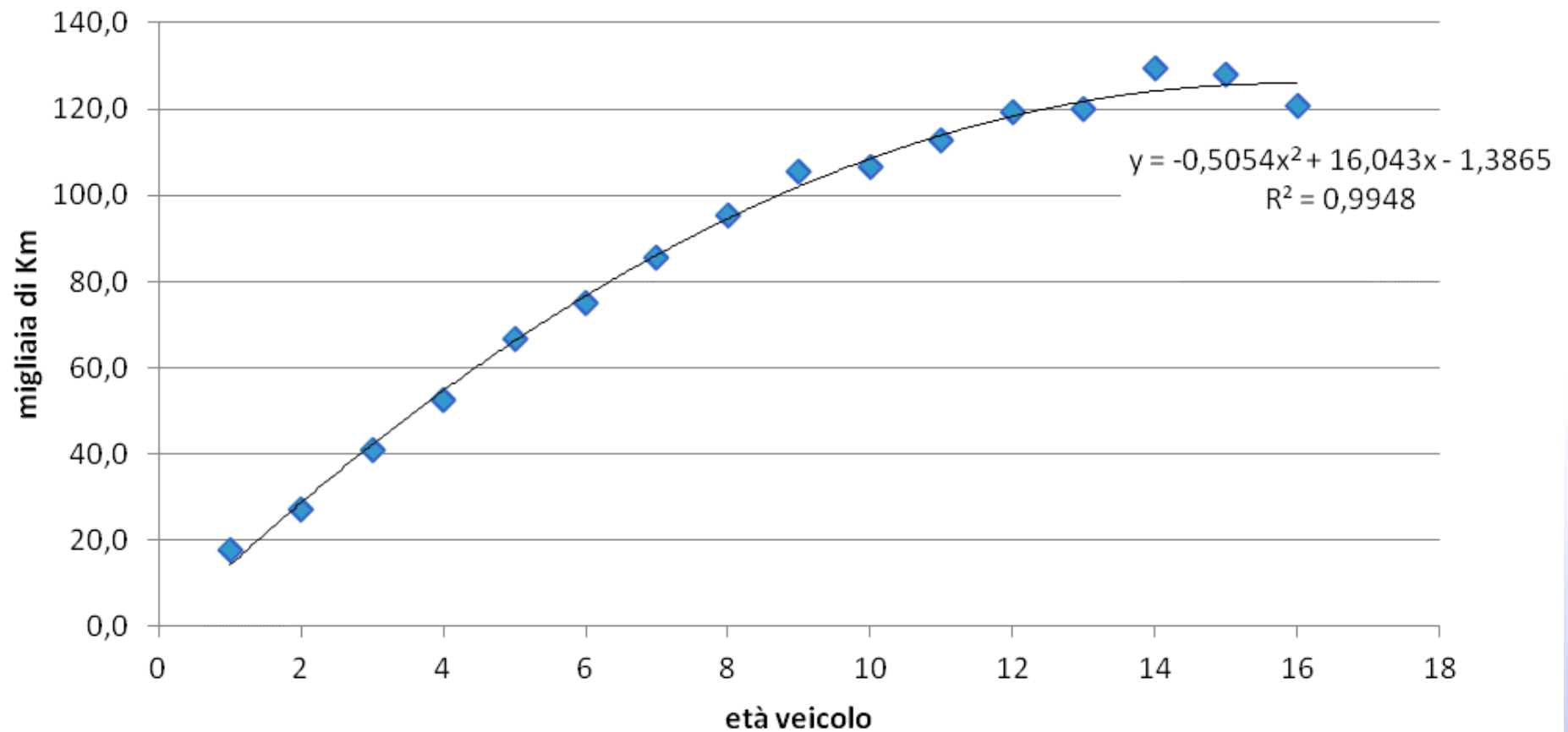
è il numero medio di km che i veicoli che raggiungono l'anzianità massima  $j$  percorrono dopo  $k$  anni dalla loro prima immatricolazione.

È questo il dato necessario, ad esempio nella stima delle emissioni da traffico, in cui è necessario assegnare ad ogni tipologia di veicolo (Euro 0, Euro I, Euro II, ecc., ..) la relativa percorrenza.

Per stimare questa percorrenza è necessario monitorare l'andamento delle percorrenze di set di veicoli durante la loro vita, registrando l'andamento progressivo delle percorrenze.

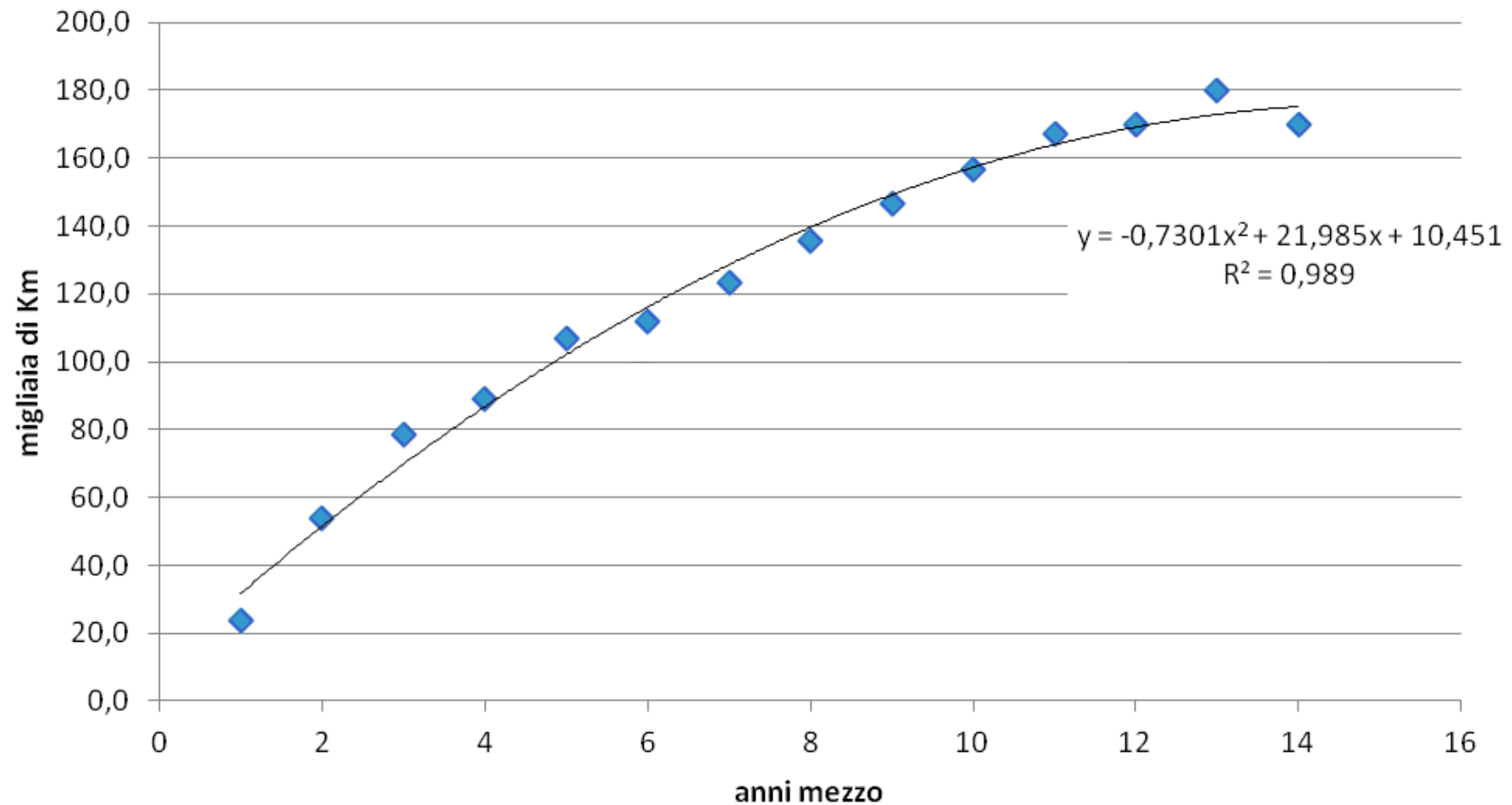


## Percorrenza cumulata di autovetture a benzina con corrispettiva curva polinomiale di approssimazione

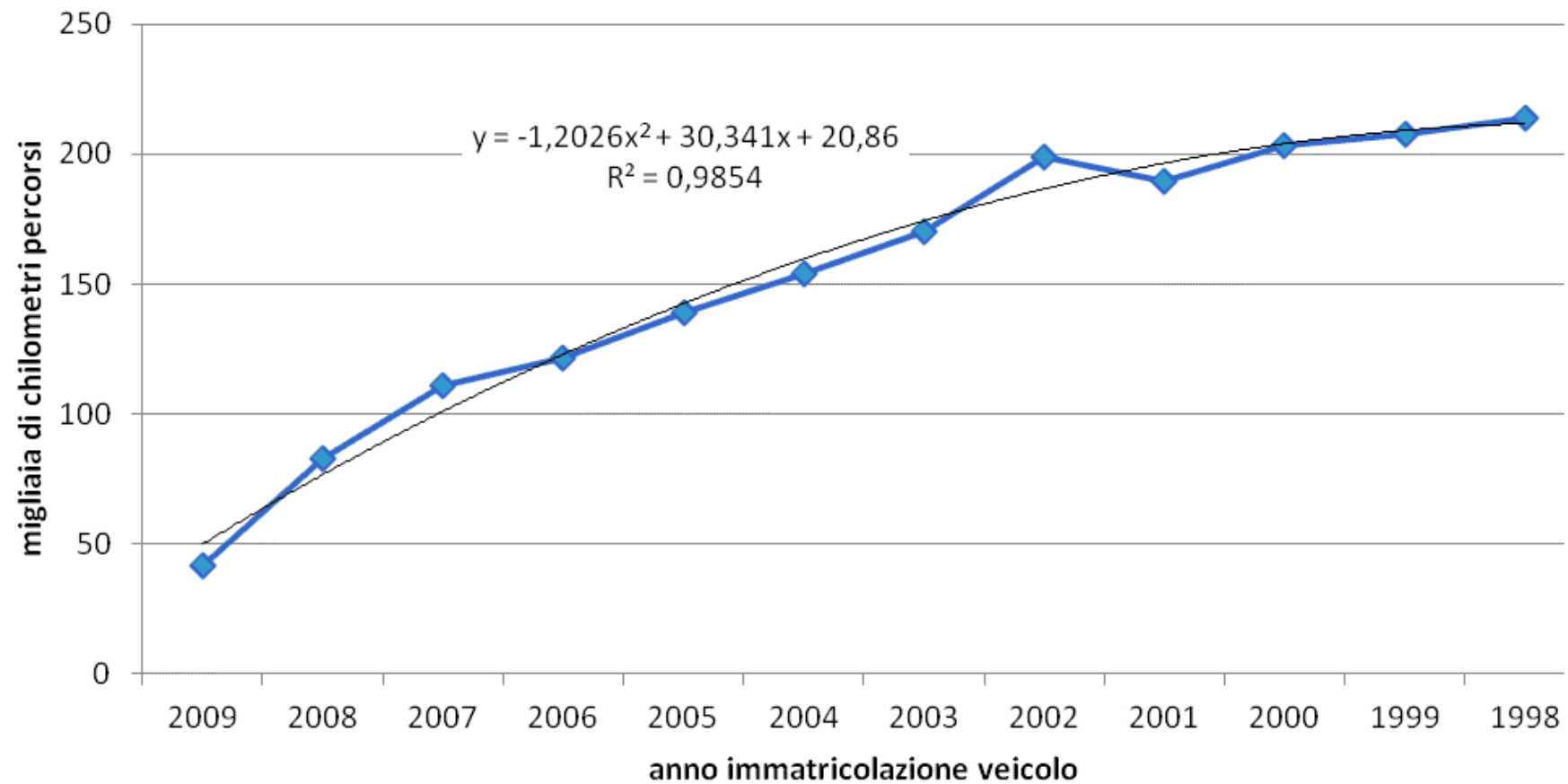




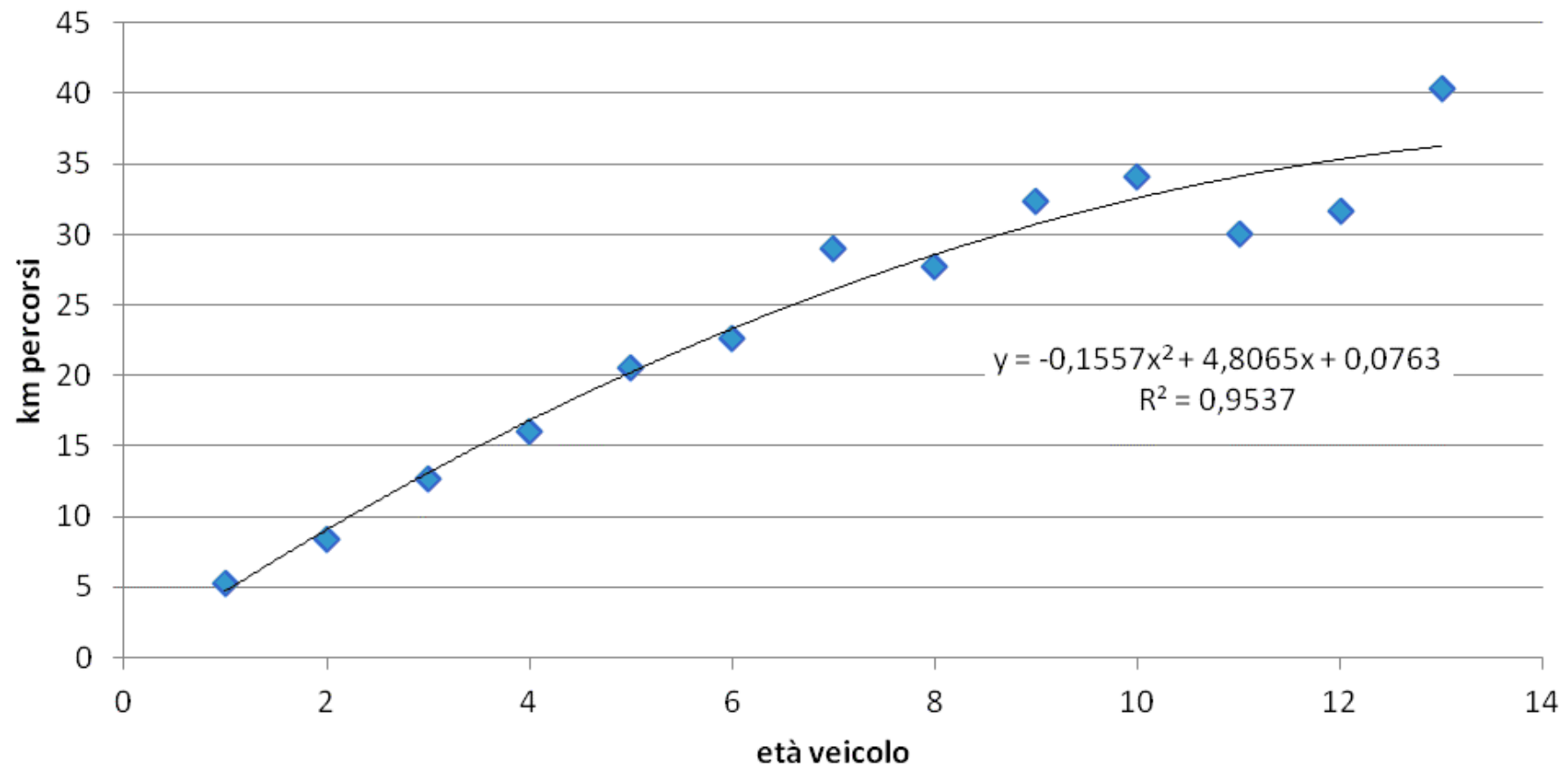
## Percorrenza cumulata di autovetture diesel con corrispettiva curva polinomiale di approssimazione



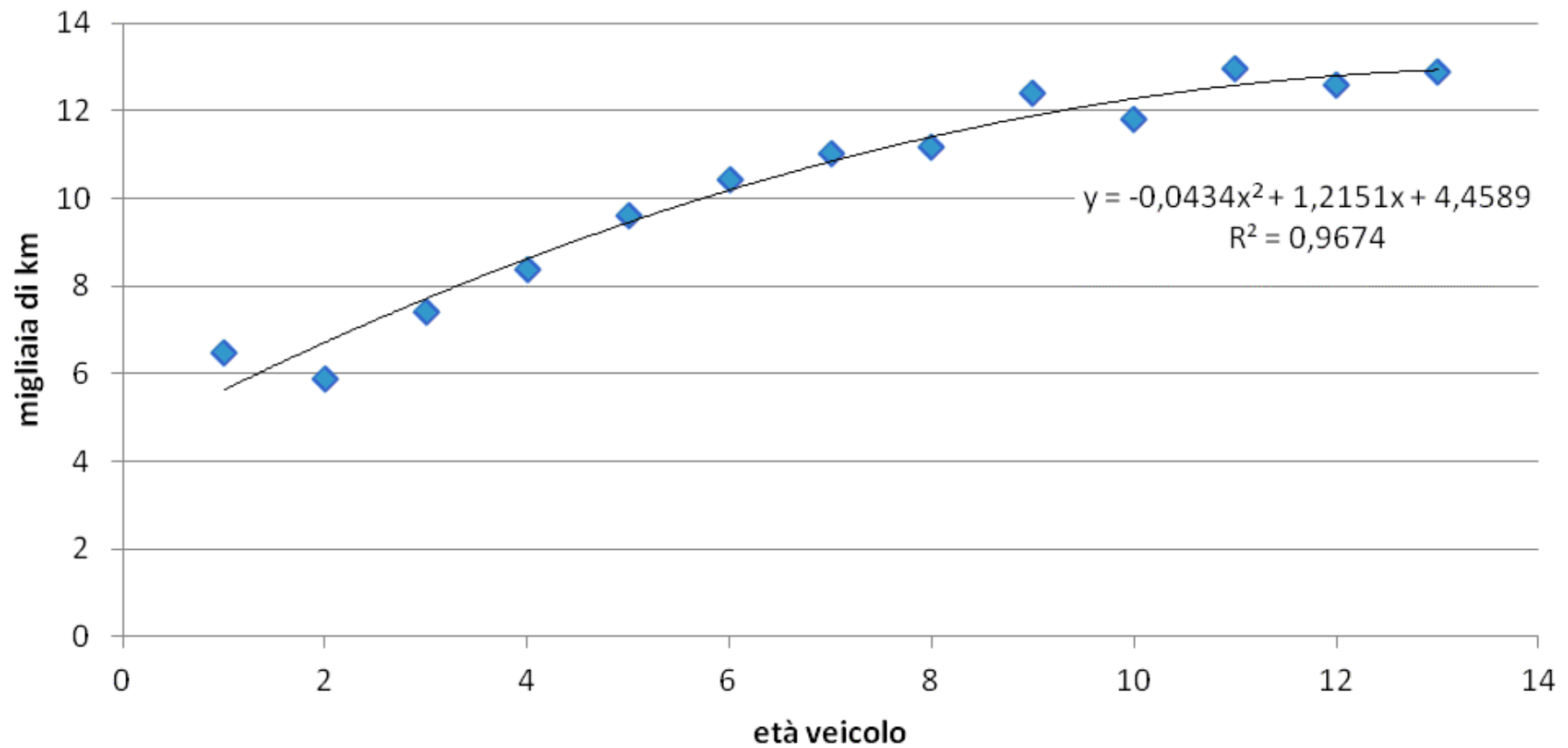
## Percorrenza cumulata per i veicoli commerciali leggeri in funzione dell'età



## Percorrenza cumulata dei motocicli in funzione dell'età



## Percorrenza cumulata dei ciclomotori in funzione dell'età



# Problema

La percorrenza effettiva annua veicolare non può essere calcolata a partire dai dati di percorrenza cumulata media, tramite differenza fra i valori di due anni successivi.

Contrariamente a quanto potrebbe sembrare, la percorrenza cumulata media dei veicoli non è sempre crescente al crescere dell'età dei veicoli.

In altre parole, veicoli di età elevata possono mediamente avere percorrenze cumulate inferiori a veicoli più giovani (questo succede oltre un certo livello di percorrenza), e per questo motivo partire dai dati delle percorrenze cumulate per stimare le percorrenze medie annue può portare a valori irrealistici (ad esempio negativi).

Tanto più la percorrenza dei veicoli dipende dalla loro anzianità di immatricolazione, tanto più il valore di  $PEMA_{j,k}$  si discosta dal valore medio  $PMA_k$ . Inoltre l'andamento della crescita delle percorrenze cumulate è diverso per veicoli con diversa anzianità massima.

# Stima della Percorrenza Effettiva Media Annuale / 1

Ipotesi: le percorrenze veicolari aumentano con un andamento descritto da una polinomiale di secondo ordine con concavità verso il basso e passante per l'origine:

$$PCM_{j,k} = a_k \cdot J^2 + b_k \cdot J$$

dove:

$PCM_{j,k}$ , percorrenza cumulata media dei veicoli di anzianità  $k$  nell'anno  $j$ ;

$k$  = anni di anzianità massima raggiunti del veicolo;

$j$  = anno in cui si valuta la percorrenza per il veicolo (con  $j \leq k$ );

$a, b$  = coefficienti ( $a < 0$ );

I coefficienti  $a$  e  $b$  sono calcolati sulla base dei dati di percorrenza osservati:

$$a = -P_{max} / N_{max}^2$$

$$b = -2 \cdot a \cdot N_{max}$$

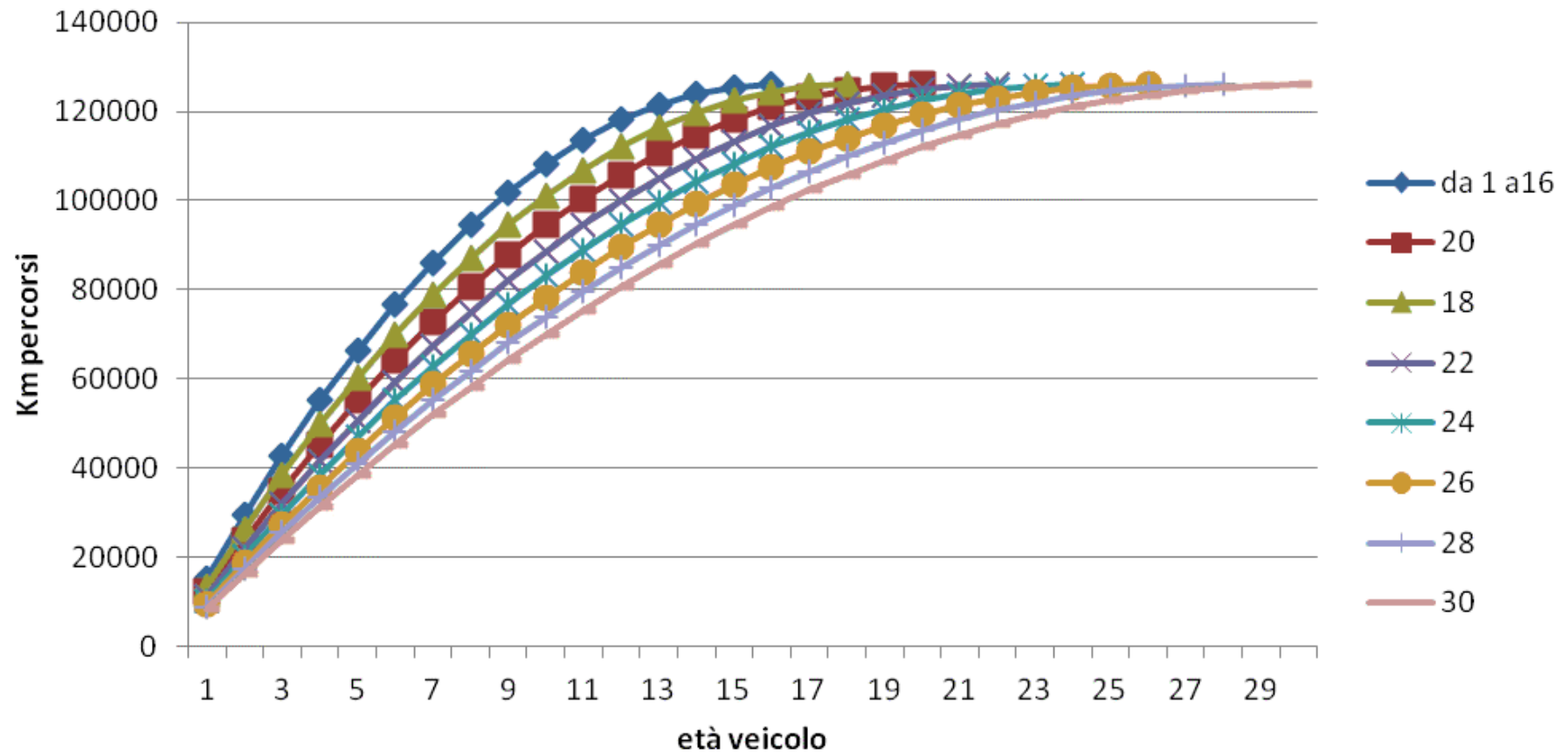
dove:

$P_{max}$  = massima percorrenza stimata per gli autoveicoli;

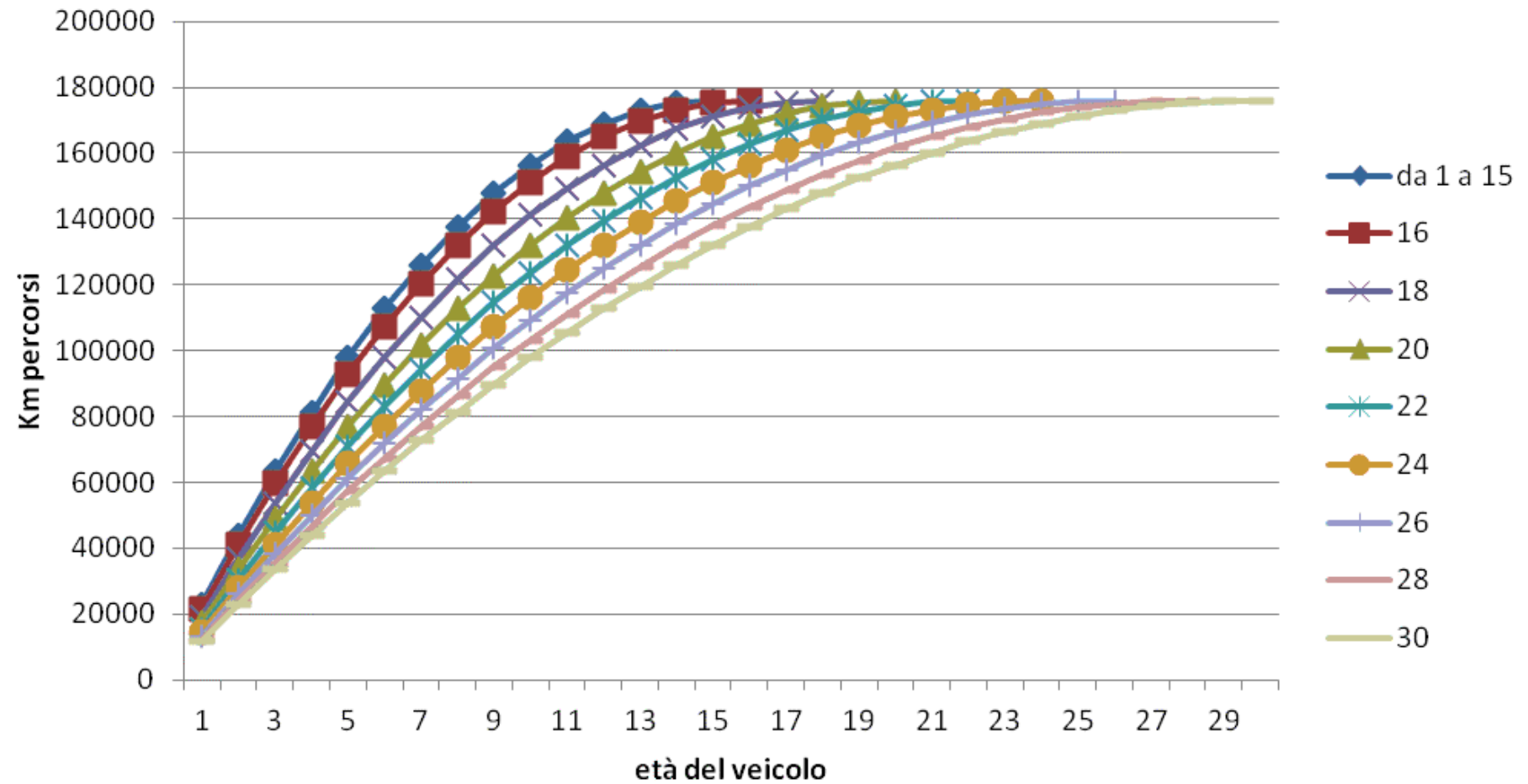
$N_{max}$  = età in cui i veicoli raggiungono la percorrenza massima stimata.

Se  $k > N_{max}$ ,  $N_{max} = k$ .

## Percorrenza Cumulata Media<sub>j,k</sub> auto benzina



## Percorrenza Cumulata Media<sub>jk</sub> auto diesel





## Stima della Percorrenza Effettiva Media Annua /2

La percorrenza media annua dei veicoli di anzianità  $k$ , nell'anno  $j$  è calcolata in base alla seguente formula:

$$PEMA_{k,j} = (a_k \cdot J^2 + b_k \cdot J) - (a_k \cdot (J-1)^2 + b_k \cdot (J-1))$$

Percorrenza per l'anno  $j$  del parco veicoli:

$$PEMA_j = \sum_{k>j} (PEMA_{k,j} * f_k) / \sum_{k>j} f_k$$

dove

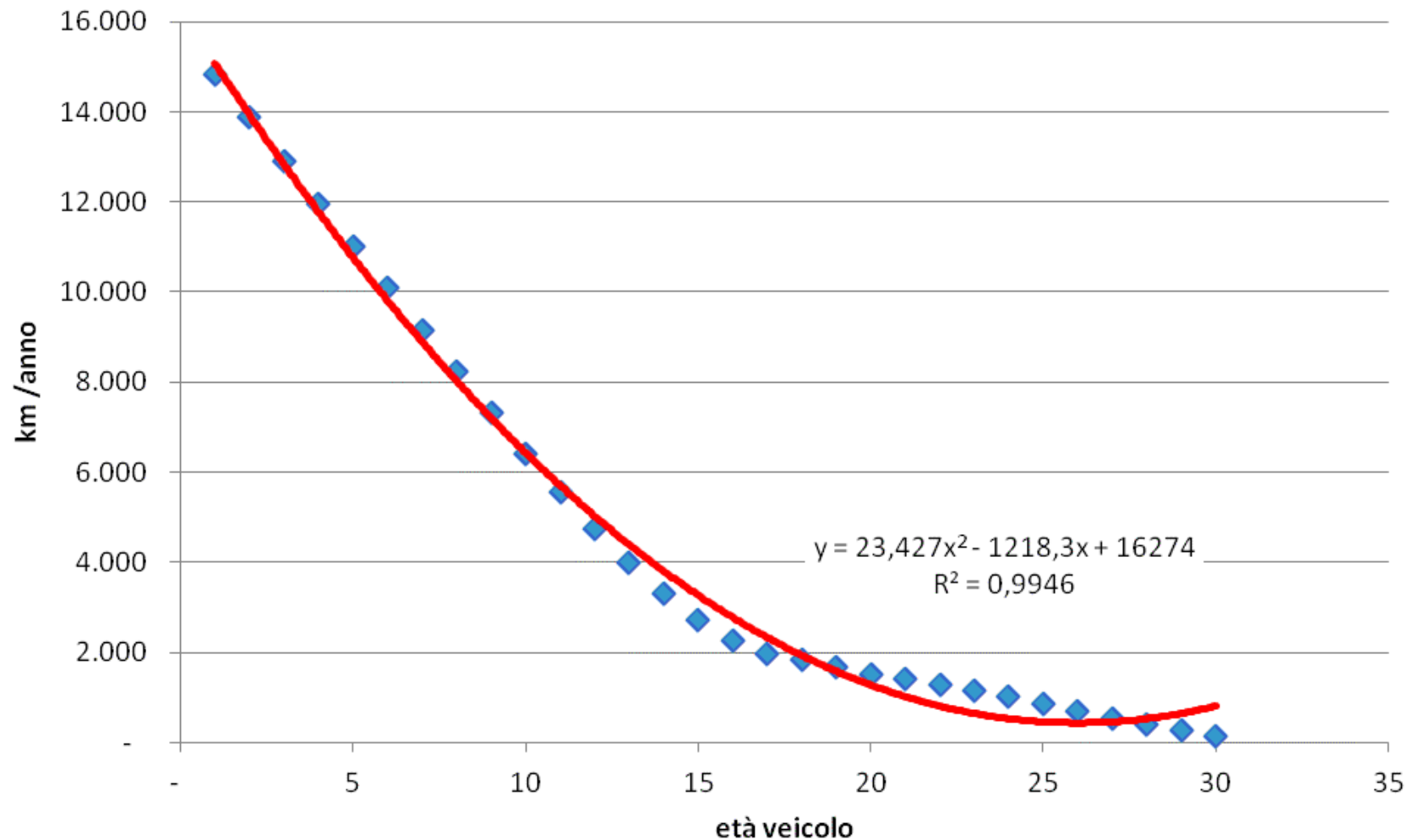
$PEMA_j$  è la percorrenza effettiva media annua dei veicoli di anzianità  $j$ ;

$PEMA_{k,j}$  è la percorrenza media annua dei veicoli di anzianità massima  $k$ , nell'anno  $j$ ;

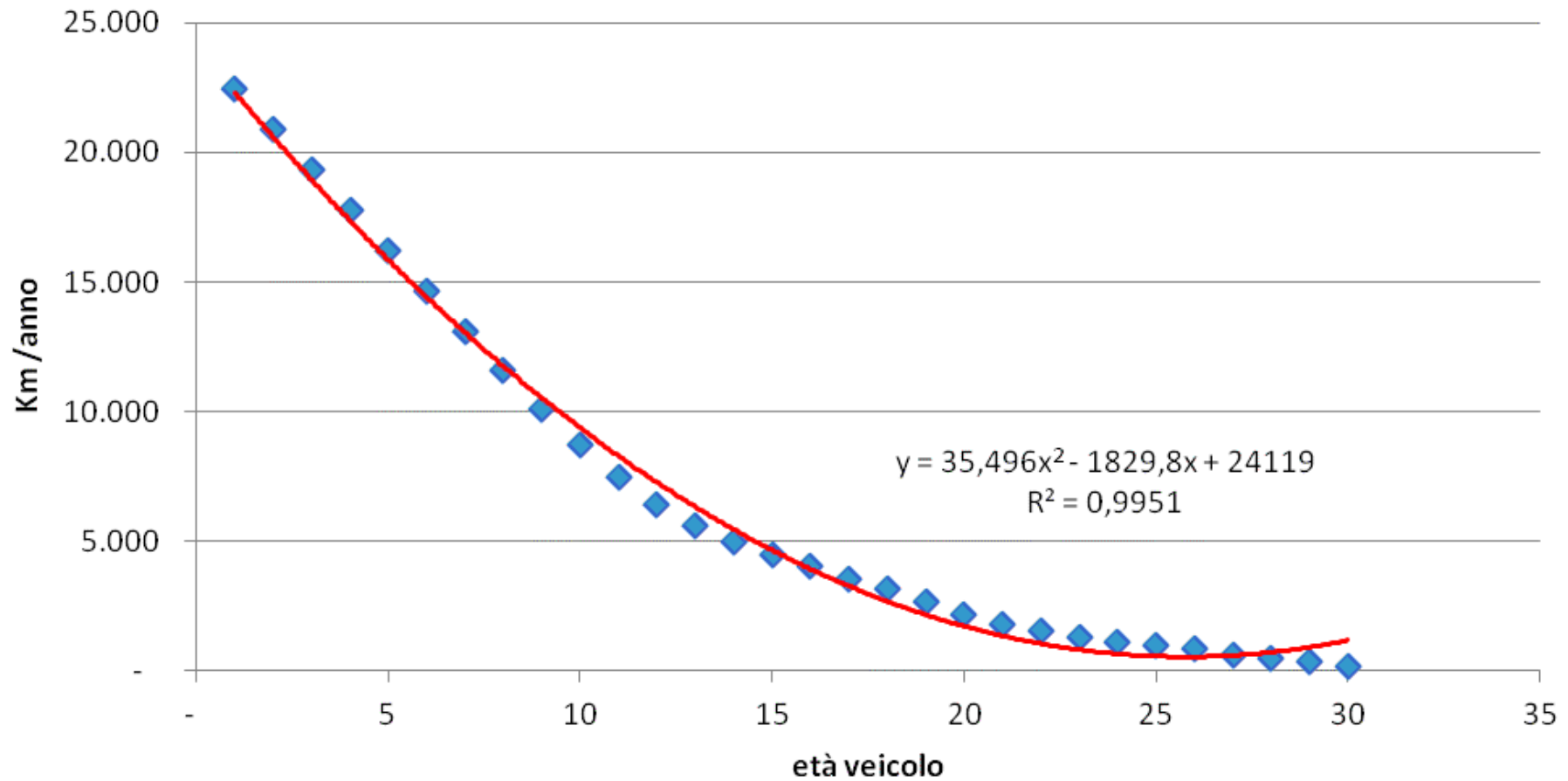
$f_k$  è la consistenza del parco veicolare per le diverse anzianità  $k$ .



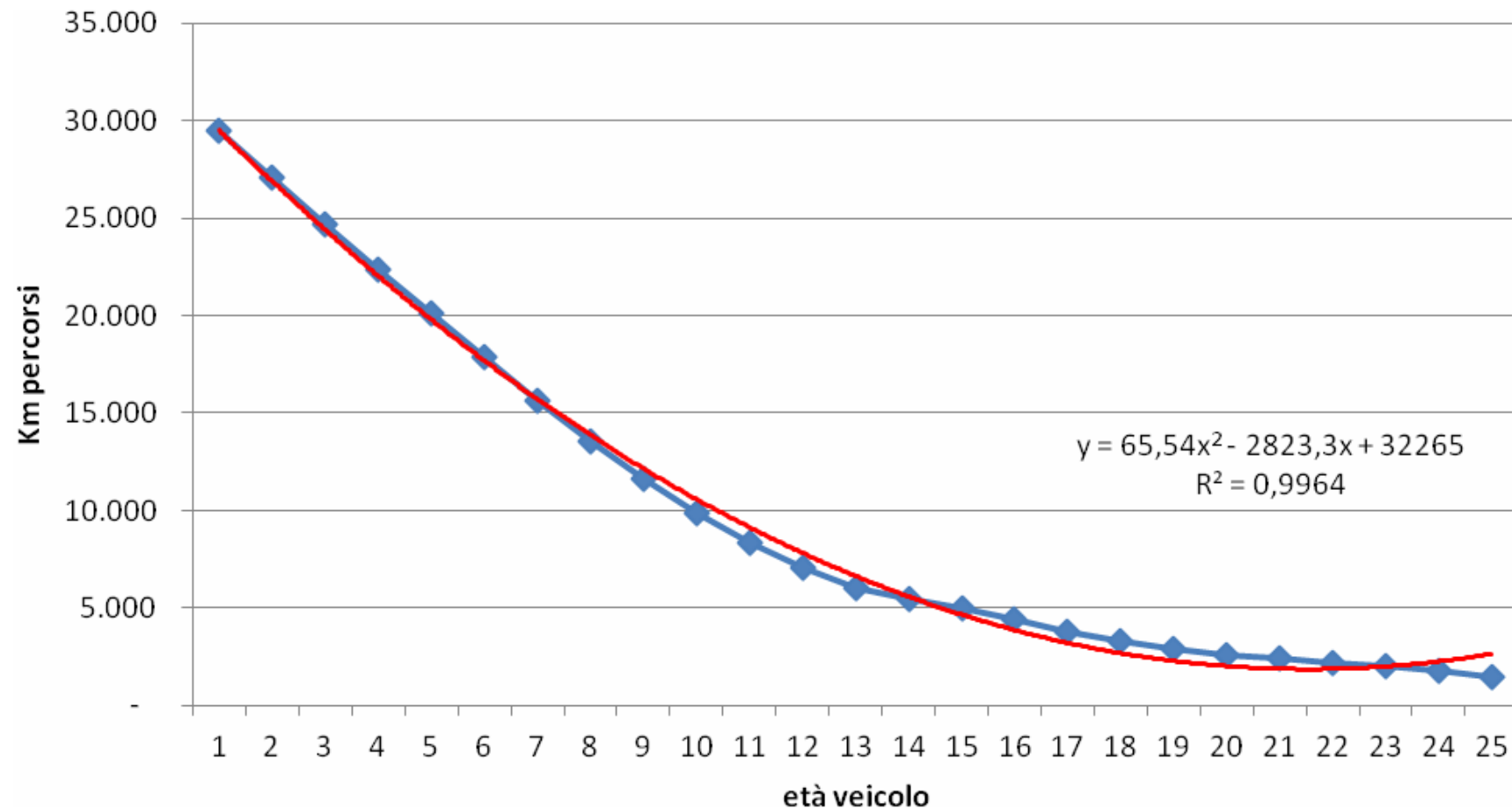
## Percorrenza media effettiva annua dei veicoli a benzina PEMA<sub>k</sub>



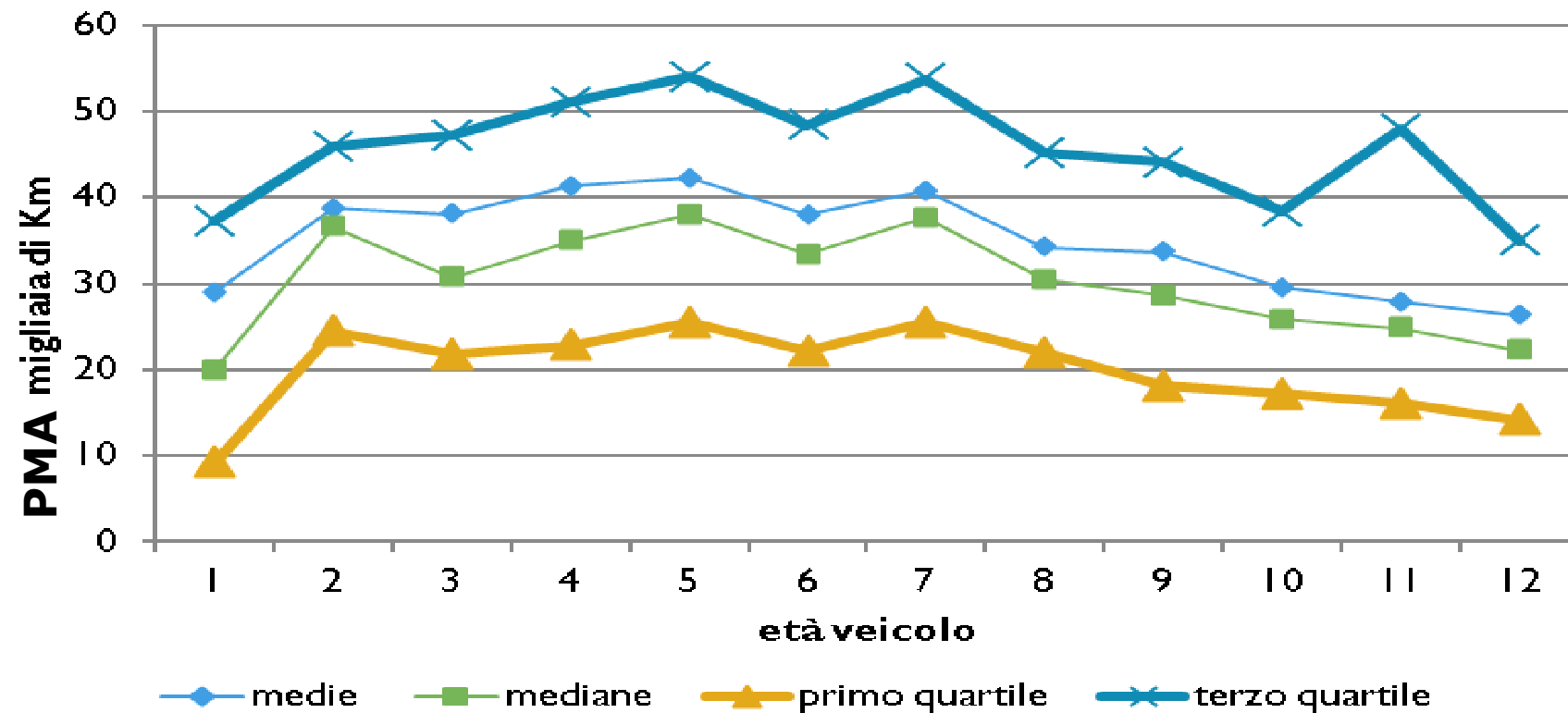
## Percorrenza media effettiva annua dei veicoli diesel PEMA<sub>k</sub>



## PEMA – veicoli commerciali leggeri



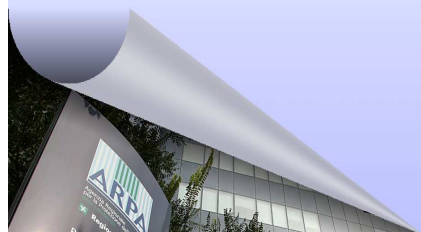
Veicoli commerciali pesanti  
 percorrenza media costante, pari a 35.000 km/anno,  
 non dipendente dall'anzianità dei veicoli.



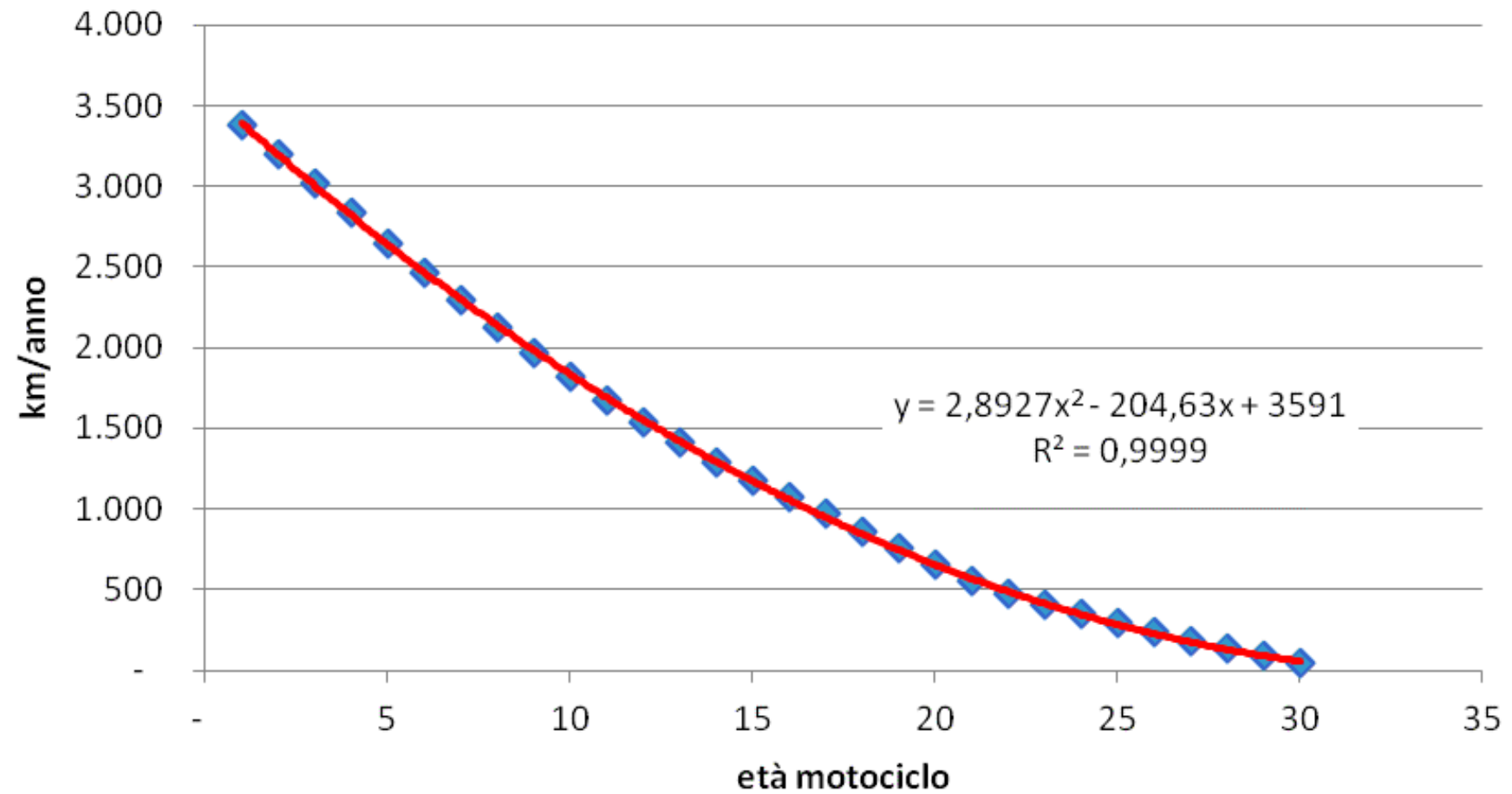
# Percorrenze - veicoli pesanti

Veicoli commerciali pesanti	PMA fonte: ANPA km/anno	PMA presente studio km/anno	n°dati raccolti
Benzina >3,5t	5.000	-	-
Diesel <7,5t	33.000	35.000	4.073
Diesel >32t	61.000	-	-
Diesel 16-32t	58.000	-	-
Diesel 7,5 - 16t	34.000	-	-
Bus urbani	42.500	-	-
Pullman	44.000	-	-

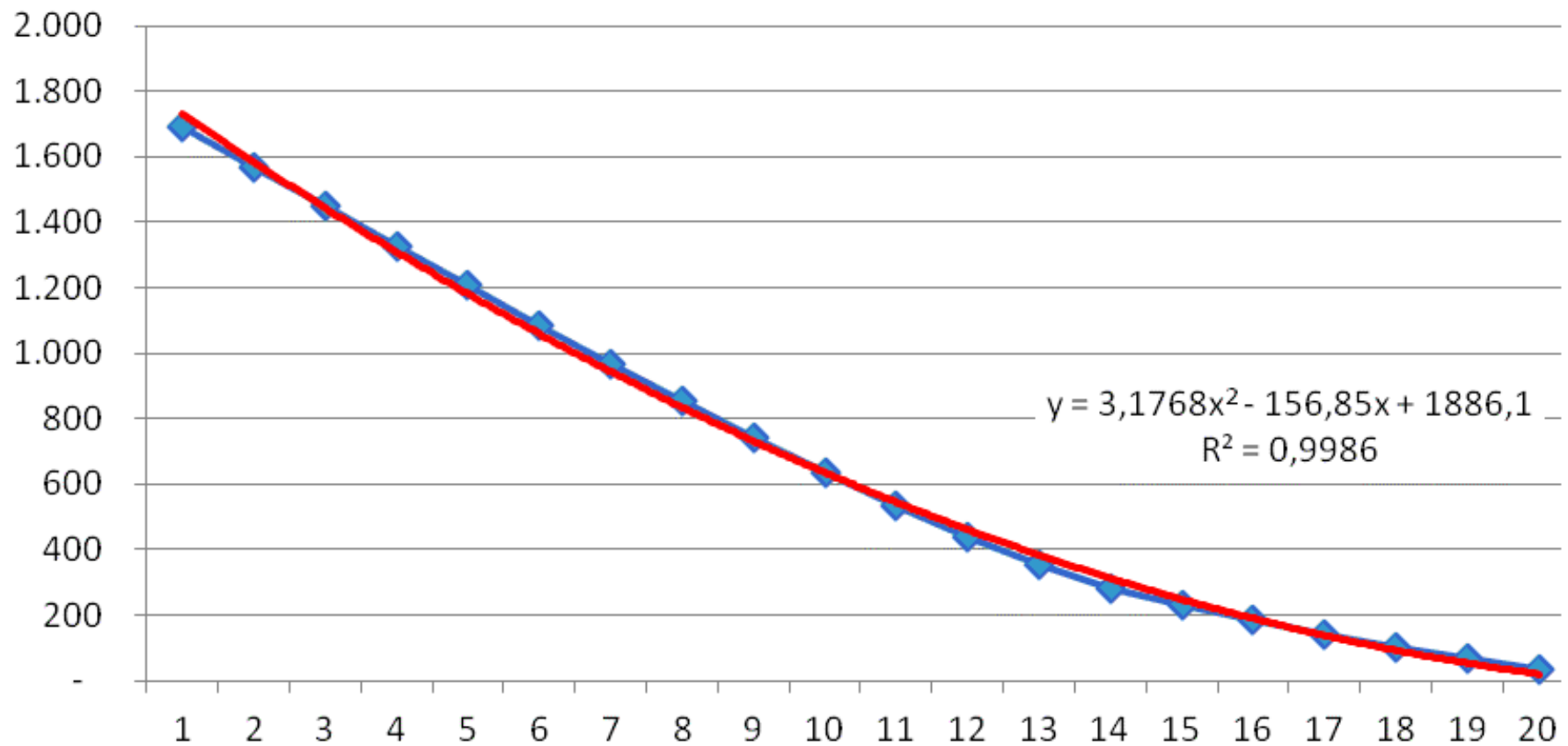
Tabella 3.22 PMA dei veicoli commerciali pesanti (fonte dat: ANPA, 2000)



## PEMA – motocicli

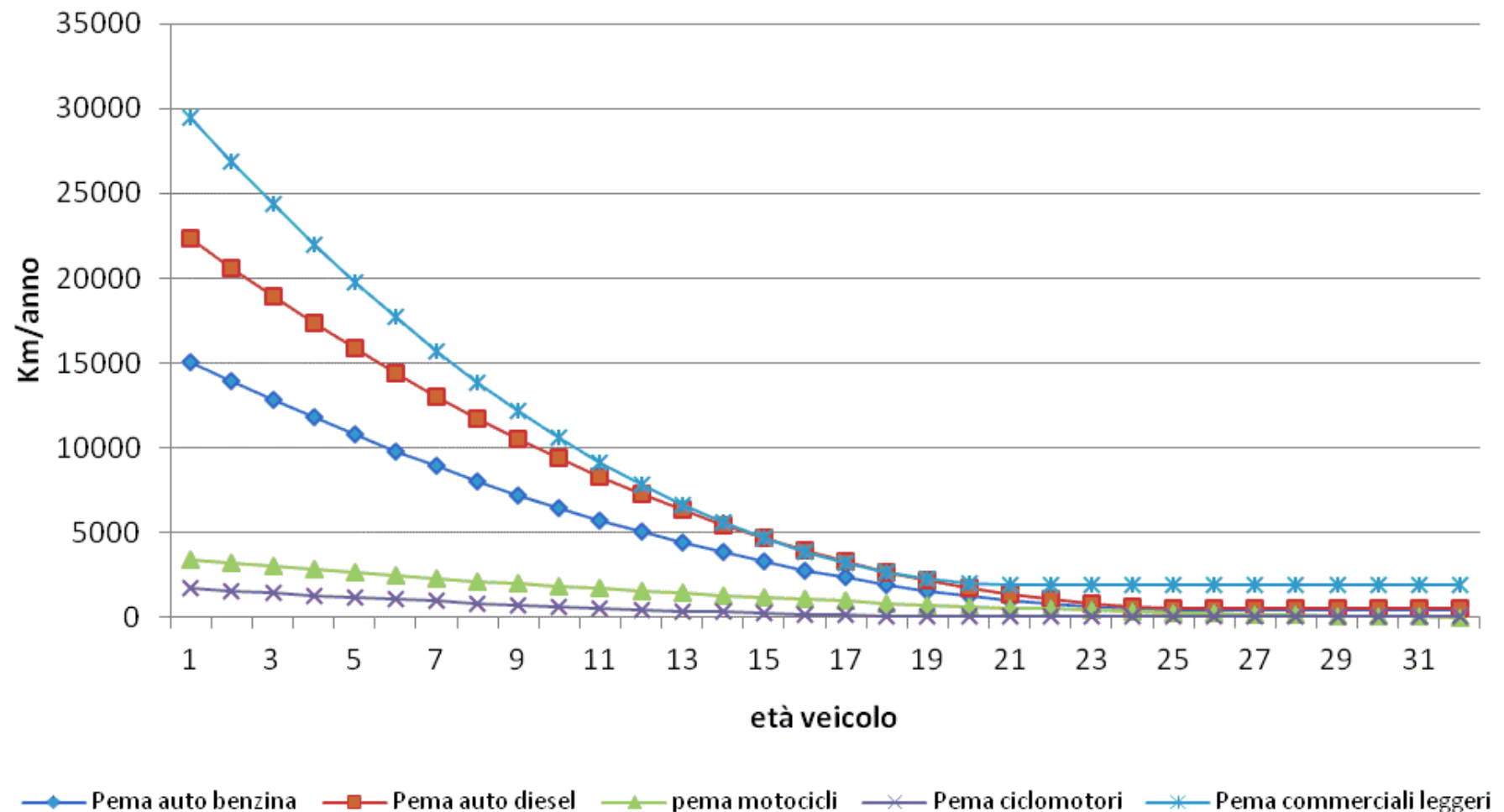


## PEMA – ciclomotori



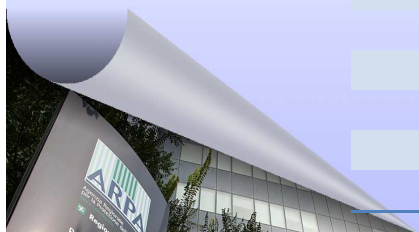


## Quadro riassuntivo delle percorrenze effettive medie (PEMA) delle varie categorie veicolari

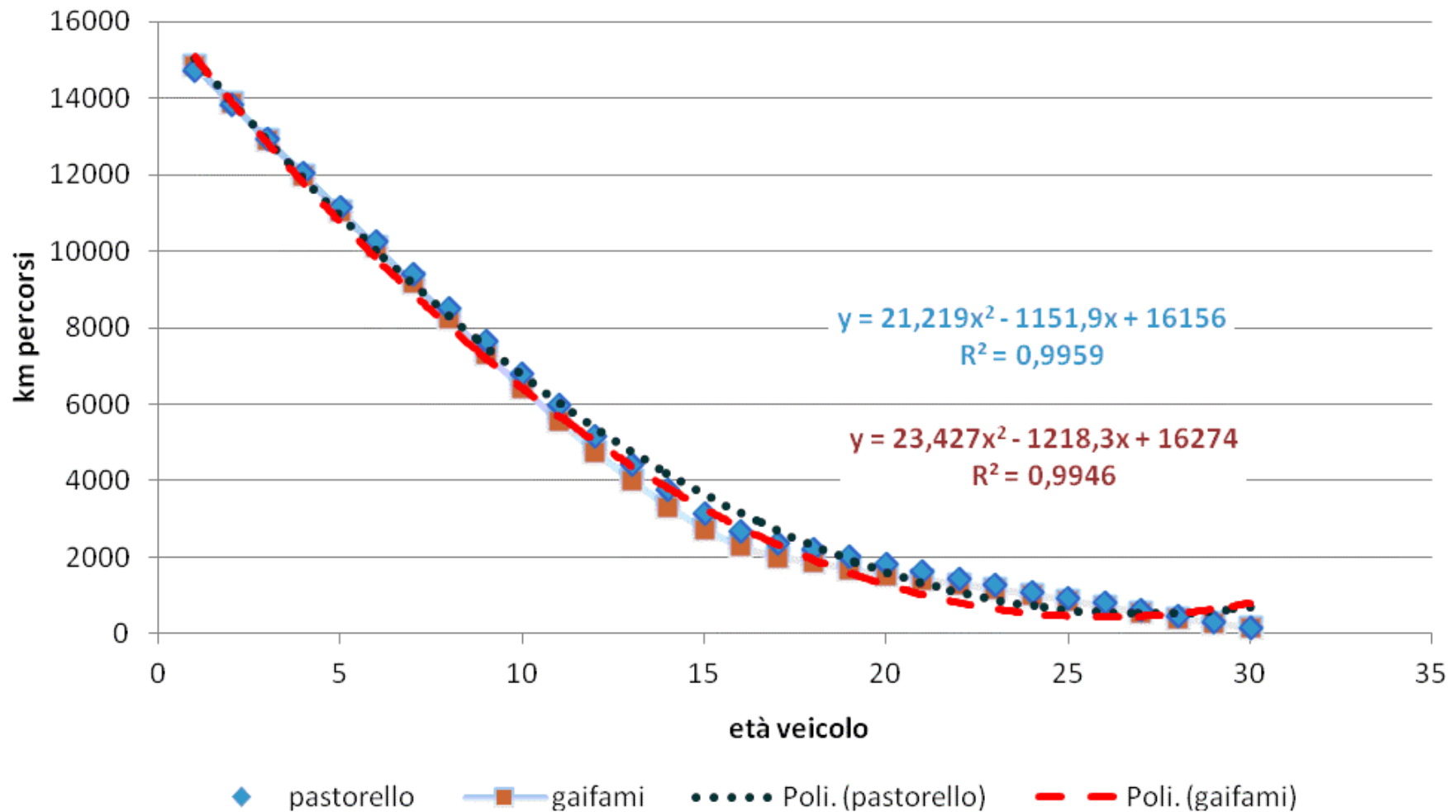


anno d'età	auto benzina	auto diesel	motocicli	ciclomotori	commerciali leggeri
1	15.079	22.325	3.389	1.732	29.507
2	13.931	20.601	3.193	1.585	26.881
3	12.830	18.949	3.003	1.444	24.385
4	11.776	17.368	2.819	1.310	22.020
5	10.768	15.857	2.640	1.181	19.787
6	9.808	14.418	2.467	1.059	17.685
7	8.894	13.050	2.300	944	15.713
8	8.027	11.752	2.139	835	13.873
9	7.207	10.526	1.984	732	12.164
10	6.434	9.371	1.834	635	10.586
11	5.707	8.286	1.690	545	9.139
12	5.028	7.273	1.552	461	7.823
13	4.395	6.330	1.420	384	6.638
14	3.809	5.459	1.293	313	5.585
15	3.271	4.659	1.172	248	4.662
16	2.779	3.929	1.057	190	3.870
17	2.333	3.271	948	138	3.210
18	1.935	2.683	845	92	2.681
19	1.583	2.167	747	53	2.282
20	1.279	1.721	655	20	2.015
21	1.021	1.347	569	20	1.879
22	810	1.043	489	20	1.874
23	646	811	415	20	1.874
24	529	649	346	20	1.874
25	458	559	283	20	1.874
26	435	539	226	20	1.874
27	435	539	175	20	1.874
28	435	539	129	20	1.874
29	435	539	89	20	1.874
30	435	539	56	20	1.874
31	435	539	27	20	1.874
32	435	539	5	20	1.874

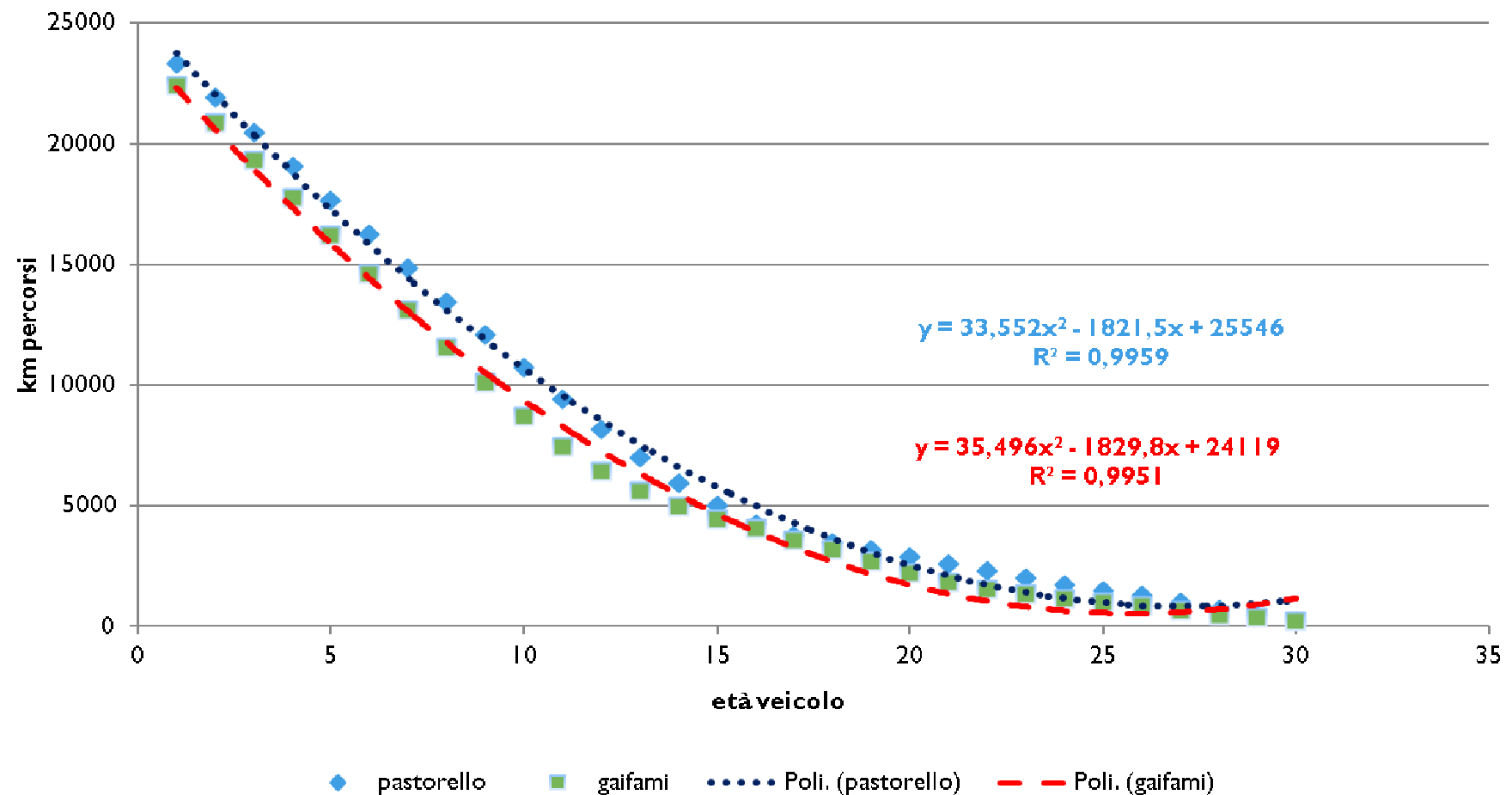
Dati riassuntivi  
della PEMA per  
ogni categoria  
veicolare  
(km/anno)



## Confronto fra le stime della PEMA – **auto benzina** dai dati 2005 (elaborazioni Cinzia Pastorello) e dai dati 2010 (elaborazioni Pietro Gaifami)



## Confronto fra le stime della PEMA – **auto diesel** dai dati 2005 (elaborazioni Cinzia Pastorello) e dai dati 2010 (elaborazioni Pietro Gaifami)



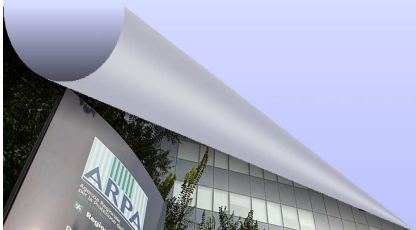
## Percorrenze per classe Euro

Note le percorrenze in funzione dell'anzianità di immatricolazione, è possibile stimare le percorrenze medie dei veicoli di ogni categoria Euro in un certo anno.

Si effettua una media delle percorrenze pesata sulla consistenza del parco nei diversi anni di anzianità appartenenti alla classe Euro stessa.

Ad esempio, nel 2010 gli autoveicoli Euro 3 (immatricolati dal 1/1/2001 al 31/12/2005) hanno da 9 a 4 anni di anzianità

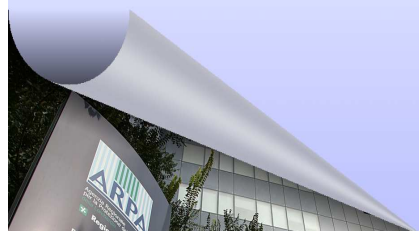
Nel 2015 gli autoveicoli Euro 3 hanno da 14 a 9 anni di anzianità...



# Percorrenze per classe Euro Autovetture e veicoli leggeri

		2010		2015		2020	
		Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel
Autovetture	euro 0	733	1.004	454	616	458	
	euro I	2.599	3.751	952	1.282	441	
	euro II	4.710	7.203	2.142	3.244	745	1.060
	euro III	7.543	11.472	4.056	6.142	1.741	2.586
	euro IV	11.420	16.982	6.942	10.243	3.635	5.279
	euro V	15.072	22.325	11.519	16.835	7.019	10.133
	euro VI			15.079	22.325	12.293	17.184

		2010	2015	2020
		Diesel	Diesel	Diesel
Commerciali leggeri	euro 0	1.095	590	360
	euro I	4.329	1.570	593
	euro II	7.296	3.294	1.067
	euro III	11.808	6.390	2.747
	euro IV	18.258	13.083	5.962
	euro V	22.325	18.484	11.407
	euro VI			19.448



# Percorrenze per classe Euro Ciclomotori e motocicli

		2010	2015	2020
		Benzina	Benzina	Benzina
Ciclomotori	euro 0	96	25	20
	euro I	506	167	20
	euro II	1.286	739	326
	euro III		1.488	869
	euro IV		1.732	1.418

		2010	2015	2020
		Benzina	Benzina	Benzina
Motocicli	euro 0	639	414	238
	euro I	1.934	1.255	720
	euro II	2.515	1.545	1.089
	euro III	3.069	2.039	1.386
	euro IV		3.163	2.183
	euro V			3.036

