

DINAMICA DELLA POPOLAZIONE E MOBILITA'  
IN PROVINCIA DI MILANO

G. Guariso, V. Sachero

---

---

---

# 1 Introduzione

## 1.1 Finalità dello studio

L'obiettivo di questo lavoro è, in primo luogo, ricercare le correlazioni esistenti tra alcune caratteristiche demografiche legate alla struttura della popolazione (in particolare l'indice di vecchiaia) e la domanda di mobilità nella provincia di Milano, valutata in termini di numero di spostamenti giornalieri generati dai residenti nei 188 comuni che la compongono. Tali spostamenti sono stati suddivisi secondo **lo scopo** (spostamenti *sistematici*, cioè per studio e lavoro, oppure *non sistematici*, cioè per svago, acquisti, visite mediche ecc.) e **il mezzo utilizzato**.

Ci si propone inoltre di utilizzare un modello demografico che fornisca l'andamento nel tempo del numero di abitanti e degli indicatori legati alla struttura d'età della popolazione, come gli indici di vecchiaia e di dipendenza.

Partendo dunque da un'analisi territoriale e una modellizzazione della provincia di Milano precedentemente effettuate, ci si pone come obiettivo finale la costruzione di un possibile scenario futuro della domanda di mobilità, cioè la previsione degli spostamenti generati in specifiche aree di interesse già individuate al momento della formulazione del modello demografico (l'intera provincia, Milano e le tre fasce circolari concentriche dei comuni che distano dal centro del capoluogo rispettivamente da 6 a 15 km, da 16 a 25 km e oltre 25 km).

Il motivo di fondo che sta alla base di questa ricerca è, come nella precedente<sup>1</sup>, quello di promuovere un diverso approccio alla pianificazione territoriale che tenga conto non solo dei mutamenti economici e tecnologici, ma anche quelli meno evidenti legati alle caratteristiche intrinseche del sistema antropico: l'abbassamento dei parametri di fertilità e mortalità con il conseguente innalzamento dell'età media e la riduzione del numero di residenti. Le correlazioni trovate, assunte come legami funzionali tra indice di vecchiaia e

---

<sup>1</sup> *Dinamica della popolazione e produzione di rifiuti solidi urbani: analisi del piano provinciale milanese*, tesina di laurea di V. Sachero, relatori Prof. G. Guariso e Ing. S. Caserini, 1998

---

numero di spostamenti giornalieri generati, confermano l'ipotesi secondo cui ad un invecchiamento della popolazione corrisponde una riduzione della domanda di mobilità; questo a prescindere da tutti gli altri fattori socio-economici che concorrono invece ad un suo incremento nel tempo e che appaiono fortemente dipendenti dall'evoluzione dell'offerta dei servizi e dalla localizzazione dei poli attrattori.

## **1.2 Il modello matematico della popolazione**

La ricerca si svolge sulle basi dei risultati ottenuti dalla analisi territoriale della provincia di Milano e dalla modellizzazione della dinamica della sua popolazione residente sviluppate nella tesina di laurea citata nel paragrafo precedente.

Partendo dai dati storici e dalla elaborazione dei classici indicatori socio-economici (uso del suolo, sistema dei trasporti, contesto storico e ambientale, numero e densità dei residenti, movimenti demografici, indici della struttura della popolazione, addetti e attivi per settore di attività economica), è stata messa in evidenza la struttura pseudocircolare della provincia e la caratterizzazione radiale (attrattiva o centrifuga) dei movimenti migratori e dei mutamenti economici e urbanistici del sistema antropico.

I comuni della provincia sono stati raggruppati all'interno di tre aree circolari concentriche che risultano omogenee rispetto agli indicatori calcolati e ad alcune indagini di tipo qualitativo basate sulla vocazione storica dei territori comunali. Queste tre fasce sono state individuate in base alla distanza media dei comuni che vi appartengono da Milano, baricentro del territorio e quarta area omogenea individuata nella schematizzazione.

Il modello matematico della popolazione a struttura d'età, formulato in quel contesto e qui nuovamente utilizzato, è un adattamento del *modello di Leslie*<sup>2</sup>. Il «sistema provincia», ipotizzato chiuso dal punto di vista dei flussi migratori, è descritto da quattro equazioni vettoriali in cascata, ciascuna delle quali rappresenta la dinamica degli individui residenti nelle quattro aree omogenee, distribuiti in 16 classi d'età di ampiezza 5 anni. Tali equazioni sono legate fra

---

<sup>2</sup> modello lineare, discreto, a ingressi nulli, che fornisce ad ogni passo temporale la distribuzione degli individui di una popolazione in  $m$  classi d'età. I parametri (costanti) del modello sono fertilità e sopravvivenza di ogni classe.

---

loro dagli ingressi che forniscono, ad ogni passo, i flussi migratori degli individui provenienti o diretti verso le altre tre aree del territorio provinciale.

Riportiamo brevemente le equazioni vettoriali del modello che descrivono la dinamica della popolazione provinciale. I coefficienti numerici sono stati calcolati in base alla redistribuzione spaziale dei residenti elaborata dai dati relativi ai movimenti demografici nel decennio 1981-1991 e quelli annuali del periodo 1991-1996. In particolare sono stati quantificati i bilanci di flusso entrante e uscente da ciascuna area nell'arco di 5 anni e la loro ripartizione in ciascuna classe d'età.

$$\begin{aligned}n_{mi}(t+1) &= [\mathbf{M} - 0.05 \cdot \mathbf{D}] \cdot n_{mi}(t) + [\mathbf{0}] \cdot n_1(t) + [\mathbf{0}] \cdot n_2(t) + [\mathbf{0}] \cdot n_3(t) \\n_1(t+1) &= [\mathbf{0}] \cdot n_{mi}(t) + [\mathbf{M} - 0.06 \cdot \mathbf{D}] \cdot n_1(t) + [\mathbf{0}] \cdot n_2(t) + [\mathbf{0}] \cdot n_3(t) \\n_2(t+1) &= [0.05 \cdot 0.6 \cdot \mathbf{D}] \cdot n_{mi}(t) + [0.06 \cdot 0.5 \cdot \mathbf{D}] \cdot n_1(t) + [\mathbf{M}] \cdot n_2(t) + [\mathbf{0}] \cdot n_3(t) \\n_3(t+1) &= [0.05 \cdot 0.4 \cdot \mathbf{D}] \cdot n_{mi}(t) + [0.06 \cdot 0.5 \cdot \mathbf{D}] \cdot n_1(t) + [\mathbf{0}] \cdot n_2(t) + [\mathbf{M}] \cdot n_3(t)\end{aligned}$$

dove si è posto:

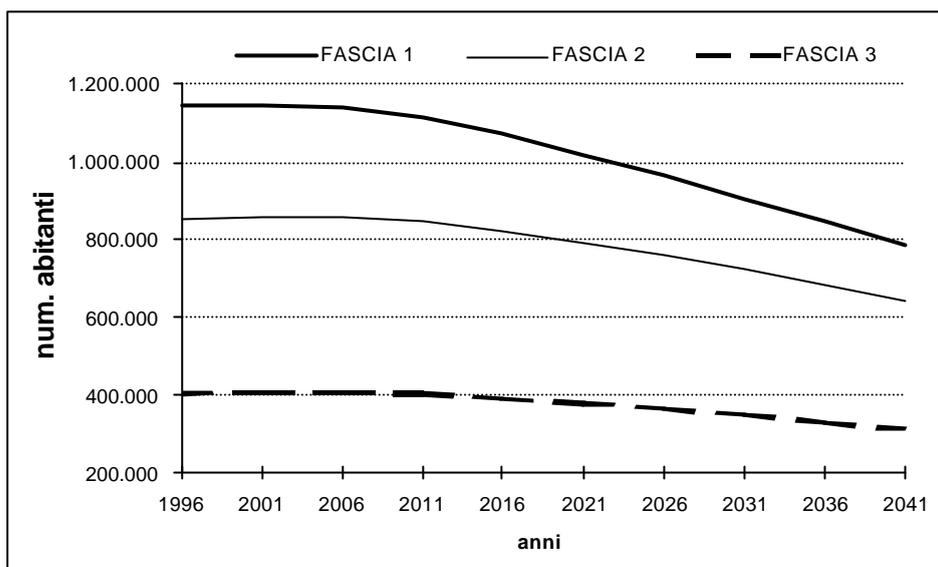
$n_{mi}(t)$ ,  $n_i(t)$  = vettori del num. di individui nelle 4 aree (Milano, fasce 1, 2, 3) distribuiti in 16 classi d'età nell'anno  $t$ ;

$\mathbf{M}$  = matrice di Leslie ( $16 \times 16$ ) dei parametri di fertilità e sopravvivenza di ciascuna classe;

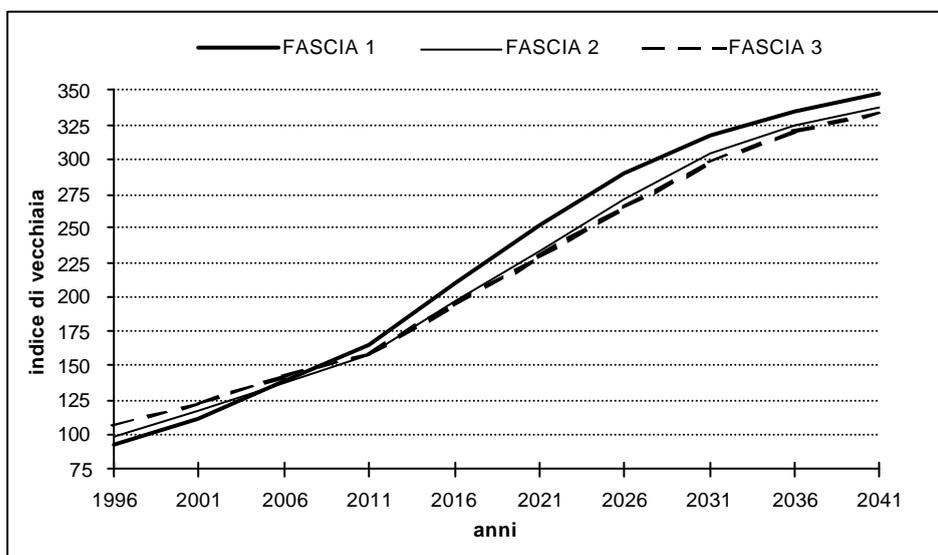
$\mathbf{0}$  = matrice nulla ( $16 \times 16$ );

$\mathbf{D}$  = matrice diagonale ( $16 \times 16$ ) dei coefficienti della distribuzione nelle classi d'età degli individui entranti o uscenti.

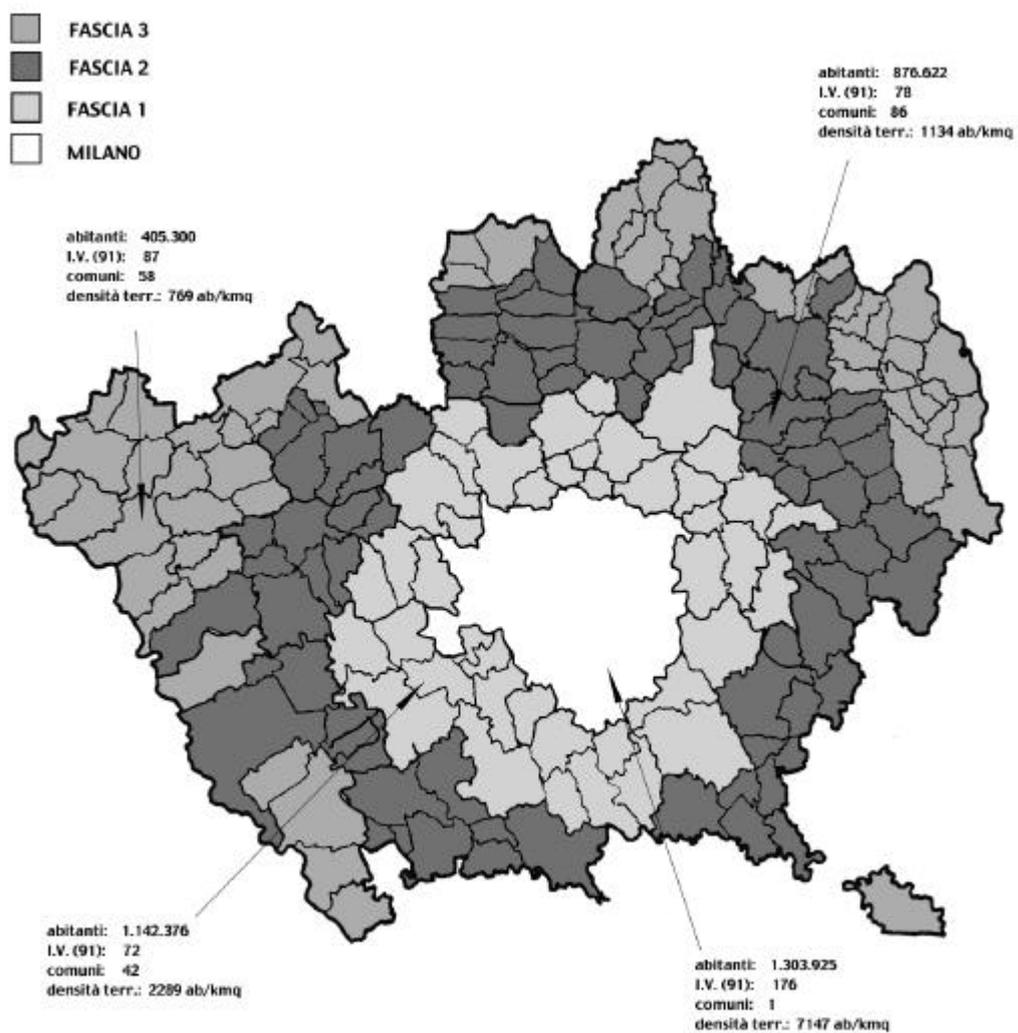
Dall'applicazione del modello è possibile descrivere l'andamento del numero di individui residenti e dell'indice di vecchiaia nell'intera provincia e in ciascuna area omogenea. Le previsioni per il 2001 degli spostamenti sistematici saranno formulate partendo da queste premesse.



**figura 1-1:** stima dell'andamento della popolazione residente nelle tre fasce ottenuta applicando il modello con migrazione.



**figura 1-2:** stima dell'andamento dell'indice di vecchiaia nelle tre fasce ottenuta applicando il modello con migrazione.



**Figura 1-3:** i 188 comuni della provincia di Milano raggruppati nelle quattro aree territoriali omogenee concentriche. Valori riferiti alla popolazione totale di ciascuna fascia. Anno 1996.

---

## 2 Mobilità sistematica

### 2.1 Quadro generale della domanda

Tutto il territorio lombardo è coinvolto nel generale fenomeno di metropolizzazione: si assiste alla creazione di un tessuto urbano senza soluzione di continuità che salda fra loro i preesistenti nuclei minori attorno ai grandi poli, che continuano ad esserne il principale riferimento. Nei primi anni novanta viene formalmente introdotto il concetto di *area metropolitana*<sup>3</sup>, con il quale si definisce questa distribuzione su un territorio più vasto della città tradizionale, dovuto alla progressiva spinta verso l'esterno degli insediamenti residenziali e delle attività produttive.

A questo flusso migratorio centrifugo si affianca quello pendolaristico, che tende a muoversi in direzione opposta; si definisce *mobilità sistematica l'insieme di questi spostamenti, quelli cioè effettuati per lavoro o studio quotidianamente verso una destinazione fissa*.

La tendenza all'urbanizzazione di tipo diffusivo e alla riorganizzazione della struttura economica ha portato, a livello regionale, ad una crescita dell'intensità e della complessità dei flussi pendolari, che, al contrario di quelli migratori insediativi, sono meno riconducibili ad una schematizzazione in aree piuttosto estese, come le tre fasce di suddivisione utilizzate nel caso della provincia di Milano. In tutta la Lombardia si assiste infatti, nell'arco del decennio 1981-1991, ad una tendenza alla dispersione sul territorio della mobilità, che assume caratteristiche più vicine ad un modello reticolare.

In generale, dai dati regionali emerge un significativo aumento della domanda di mobilità extraurbana (+ 33%), a fronte di un calo di quella urbana (- 8%) in linea con i cambiamenti insediativi già descritti.

---

<sup>3</sup> Nella Legge n. 142 del 1990 viene prodotto il primo elenco delle *città metropolitane*, facenti capo ad altrettante aree, designate come entità territoriali di riferimento nella pianificazione urbanistica di livello intra-regionale. L'area metropolitana milanese coincide di fatto con l'intera provincia.

Flussi pendolari	1981	1991	Variaz. %
<b>Mobilità complessiva</b>	3.372.683	3.718.740	+ 10,3 %
<b>Mobilità urbana</b>	1.894.368	1.747.495	- 7,8 %
<b>Mobilità Extraurbana</b>	1.478.315	1.971.245	+ 33,3 %
<b>Ripartiz. modale mob. extraurbana</b>	100 %	100 %	
<i>Piedi</i>	1 %	1 %	+ 12 % viaggi
<i>Ferro</i>	15 %	15 %	+ 33 % viaggi
<i>Autobus</i>	23 %	14 %	- 15 % viaggi
<i>Auto privata</i>	51 %	64 %	+ 66 % viaggi
<i>Altro</i>	10 %	6 %	+ 20 % viaggi

**tabella 2-1:** variazioni degli spostamenti sistematici in Lombardia nel decennio '81-'91. Fonte: Regione Lombardia – Settore Trasporti e Viabilità – Servizio Reti e Sistemi (elaboraz. dati ISTAT).

Il dato di maggior rilievo è l'importante aumento dell'utilizzo dell'auto privata negli spostamenti pendolari. Dalla tabella 2-1 emerge che questa è la modalità di trasporto che registra il maggiore incremento di numero di viaggi nel decennio e che assorbe il 9% del flusso di domanda che precedentemente era coperta dall'autobus. La tendenza in generale è dunque quella di un netto passaggio dalla modalità di trasporto pubblica (soprattutto su gomma) a quella privata.

Il fenomeno è riconducibile all'aumento del numero di auto per famiglia, il cambiamento delle figure professionali e la diminuzione degli studenti, principali utenti del servizio pubblico.

Si assiste poi all'evoluzione della domanda di mobilità, che assume sempre più caratteristiche miste (viaggi multiscopo di tipo poligonale a tappe) difficilmente soddisfabile dall'attuale sistema di trasporto collettivo, piuttosto rigido per definizione.

Anche a livello provinciale, le indagini sul quadro della domanda sistematica sono state svolte utilizzando le matrici O/D fornite dall'ISTAT con i Censimenti della Popolazione 1981 e 1991. Esse riportano, a livello comunale, il numero di residenti che giornalmente compiono uno spostamento pendolare, secondo lo scopo (lavoro o studio), il tempo impiegato e il tipo di mezzo utilizzato (se lo spostamento è intermodale, viene riportato solo il mezzo utilizzato per compiere il tratto a percorrenza maggiore in termini di distanza).

Dalle prime elaborazioni ottenute si ha la sostanziale conferma di quanto brevemente descritto a livello regionale. Ai fini della ricerca, sono stati presi in considerazione, in prima battuta, gli spostamenti con origine nei comuni della

provincia di Milano e con destinazione all'interno di tutta la Lombardia, focalizzando l'attenzione sulla localizzazione della generazione della domanda piuttosto che sulla direzione dei flussi. Non si è fatta distinzione quindi tra gli spostamenti *interni* al comune di origine e quelli *diretti* all'esterno, in un'area territoriale sufficientemente vasta e significativa per la descrizione del fenomeno del pendolarismo giornaliero, come può essere quella regionale.

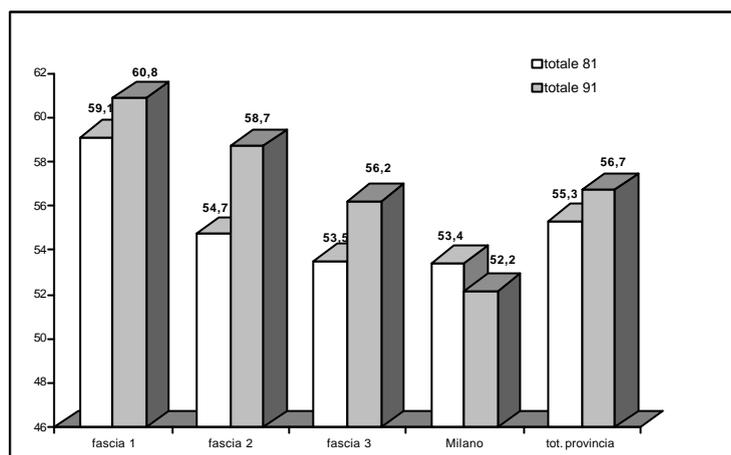
Res. MILANO	Interni a MI	MI – F. 1	MI – esterno	Interni F. 1	F. 1 – esterno	Esterno - esterno
Mezzo pubblico	93.7 %	4.0 %	2.3 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Mezzo privato	72.2 %	16.9 %	8.6 %	0.8 %	0.6 %	0.9 %
Res. FASCIA 1	Interni a MI	MI – F. 1	MI – esterno	Interni F. 1	F. 1 – esterno	Esterno - esterno
Mezzo pubblico	4.8 %	60.9 %	0.2 %	28.5 %	5.6 %	0.0 %
Mezzo privato	2.1 %	21.2 %	0.4 %	62.0 %	13.3 %	0.9 %
Res. ESTERNO	Interni a MI	MI – F. 1	MI – esterno	Interni F. 1	F. 1 – esterno	Esterno - esterno
Mezzo pubblico	5.3 %	-	80.0 %	-	14.6 %	-
Mezzo privato	4.0 %	2.3 %	41.8 %	1.8 %	39.4 %	10.9 %

**Tabella 2-2:** distribuzione percentuale dei flussi di spostamenti giornalieri dei residenti nelle diverse aree del territorio provinciale per tipo di mezzo utilizzato. Fonte: indagine ATM (1995).

Dalla tabella 2-2 emerge sostanzialmente che i flussi di collegamento con il capoluogo sono i più consistenti: i residenti nella fascia 1 presentano, coerentemente con l'assetto territoriale descritto, flussi interni di importanza paragonabile. Differente la situazione per i residenti nel resto del territorio: la dipendenza da Milano, soprattutto per gli spostamenti con mezzo pubblico, è assolutamente predominante, anche se gli spostamenti in auto registrano una entità notevole con la fascia 1.

---

Tutto ciò perchè, nel tempo, anche gli scambi interni tra i comuni della provincia tendono ad assumere una certa rilevanza: lo spostamento delle attività commerciali e dei servizi all'interno della prima cerchia dell'hinterland porta alla creazione di poli secondari, attrattori di mobilità sistemica.

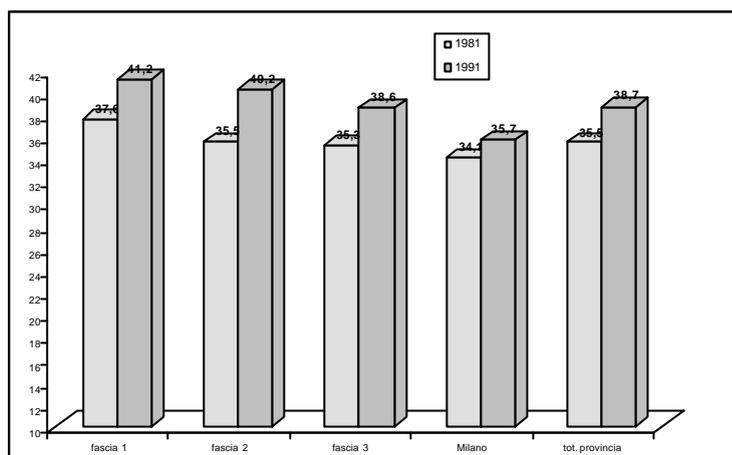


**Figura 2-1:** spostamenti sistematici totali (studio e lavoro) per 100 abitanti generati in provincia di Milano e diretti in tutta la regione. Fonte: elaboraz. matrici O/D ISTAT Censimenti della Popolazione 1981 e 1991.

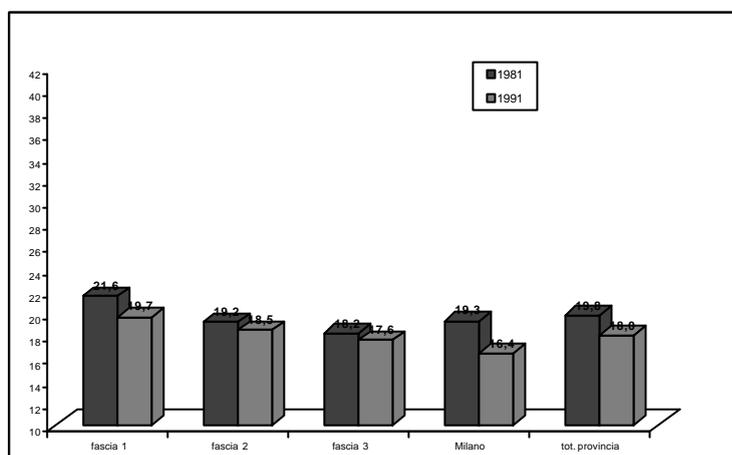
Dalla figura 2-1 si vede infatti come il generale aumento del numero medio di spostamenti per 100 abitanti sia particolarmente marcato nei comuni della fascia 2 e della fascia 3, mentre sia più contenuto in quelli della fascia 1.

Coerente con l'evoluzione territoriale descritta è anche il dato milanese: la popolazione del capoluogo è quella infatti con l'indice di vecchiaia più elevato e quindi con il minor numero di studenti e lavoratori.

L'incidenza dell'evoluzione della struttura d'età della popolazione provinciale sul numero di spostamenti generati è confermata dalle figure 2-2 e 2-3, dove risulta evidente che nel decennio '81-'91 l'aumento dell'indice di vecchiaia porta ad una riduzione degli spostamenti per studio mentre il generale aumento della mobilità sistemica è dovuto sostanzialmente a quelli per lavoro.



**Figura 2-2:** spostamenti sistematici per lavoro ogni 100 abitanti generati in provincia di Milano e diretti in tutta la regione. Fonte: elaboraz. matrici O/D ISTAT Censimenti della Popolazione 1981 e 1991.



**Figura 2-3:** spostamenti sistematici per studio ogni 100 abitanti generati in provincia di Milano e diretti in tutta la regione. Fonte: elaboraz. matrici O/D ISTAT Censimenti della Popolazione 1981 e 1991.

Dalla classificazione degli spostamenti secondo il tipo di mezzo utilizzato, in provincia di Milano emerge lo stesso fenomeno già descritto a livello regionale.

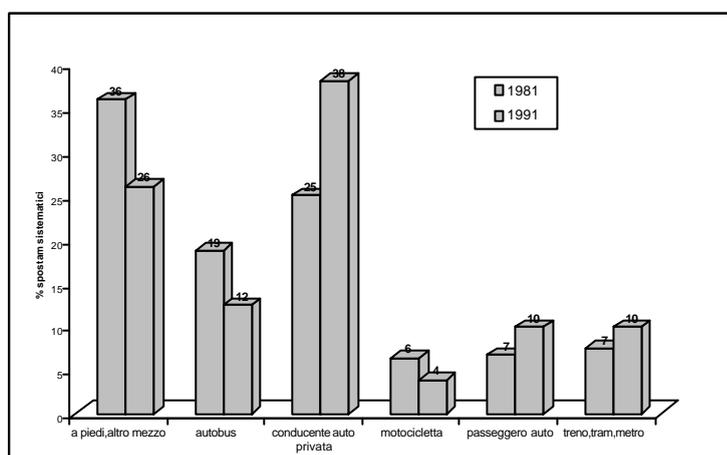
Anche in questo caso la diminuzione degli spostamenti per studio (tradizionalmente effettuati quasi esclusivamente con mezzo pubblico) e l'evoluzione dell'assetto occupazionale (frequenti spostamenti dalla sede di lavoro fissa, elasticità di orari) sono la causa della forte crescita dell'utilizzo dell'auto privata. Anche gli spostamenti in qualità di passeggero auto registrano un incremento: questo va ad avvalorare la tesi secondo cui il pendolarismo sta perdendo le sue originali caratteristiche (unico viaggio casa-lavoro), con la tendenza a trasformarsi in spostamento multitappe, secondo differenti scopi.

Dall'analisi dei flussi migratori dei residenti era già in precedenza emerso che i poli attrattivi di tipo residenziale non coincidono più con quelli di tipo

produttivo: l'evoluzione dell'assetto urbanistico sta modificando rapidamente la tipologia della domanda e il sistema della mobilità.

origine	mezzo privato 81	mezzo pubblico 81	totale 81	mezzo privato 91	mezzo pubblico 91	totale 91	residenti 81	residenti 91
fascia 1	43,0	16,1	59,1	45,1	15,7	60,8	1.090.243	1.139.956
fascia 2	41,2	13,6	54,7	46,5	12,2	58,7	770.895	835.356
fascia 3	42,4	11,1	53,5	45,8	10,5	56,2	373.095	394.142
Milano	27,4	26,0	53,4	30,8	21,4	52,2	1.604.773	1.369.231
tot. provincia	36,1	19,2	55,3	40,2	16,5	56,7	3.839.006	3.738.685

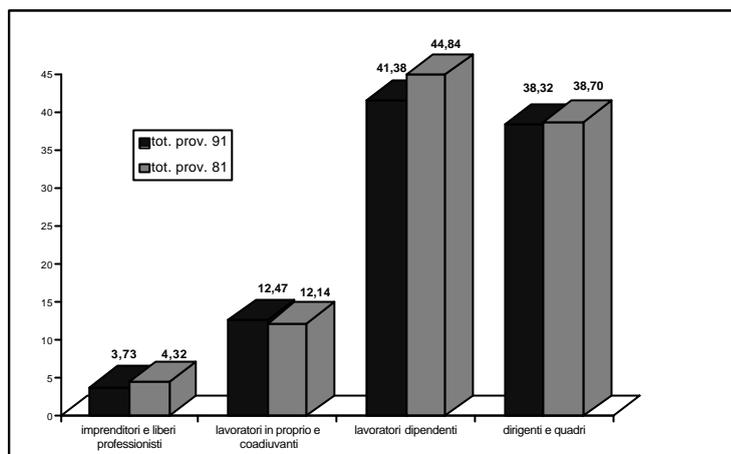
**Tabella 2-3:** spostamenti sistematici per 100 abitanti generati in provincia di Milano e diretti in tutta la regione, suddivisi secondo il tipo di mezzo utilizzato. Fonte: elaboraz. matrici O/D ISTAT 1981 e 1991.



**Figura 2-4:** distribuzione percentuale degli spostamenti sistematici (generati e diretti nella provincia di Milano) classificati per tipo di mezzo utilizzato. Fonte: elaboraz. matrici O/D ISTAT Censimenti della Popolazione 1981 e 1991.

territorio	anni	a piedi, altro mezzo	autobus	conducente auto privata	moto	passeggero auto	treno, tram, metro
provincia	1981	36	19	25	6	7	7
	1991	26	12	38	4	10	10
fascia 1	1981	35	18	26	3	7	9
	1991	25	13	38	2	10	13
fascia 2	1981	34	21	25	6	7	7
	1991	25	13	39	3	10	9
fascia 3	1981	39	16	23	9	6	6
	1991	29	12	37	6	10	8
Milano	1981	28	15	18	1	4	34
	1991	26	13	26	2	5	28

**Tabella 2-4:** distribuzione percentuale del numero medio di spostamenti sistematici generati e diretti nelle quattro aree della provincia di Milano secondo il tipo di mezzo utilizzato. Fonte: elaboraz. matrici O/D ISTAT Censimenti della Popolazione 1981 e 1991.



**Figura 2-5:** distribuzione percentuale degli attivi nella provincia di Milano per posizione professionale. Fonte: ISTAT, Censimenti della Popolazione 1981 e 1991.

## 2.2 La dipendenza dalla struttura d'età

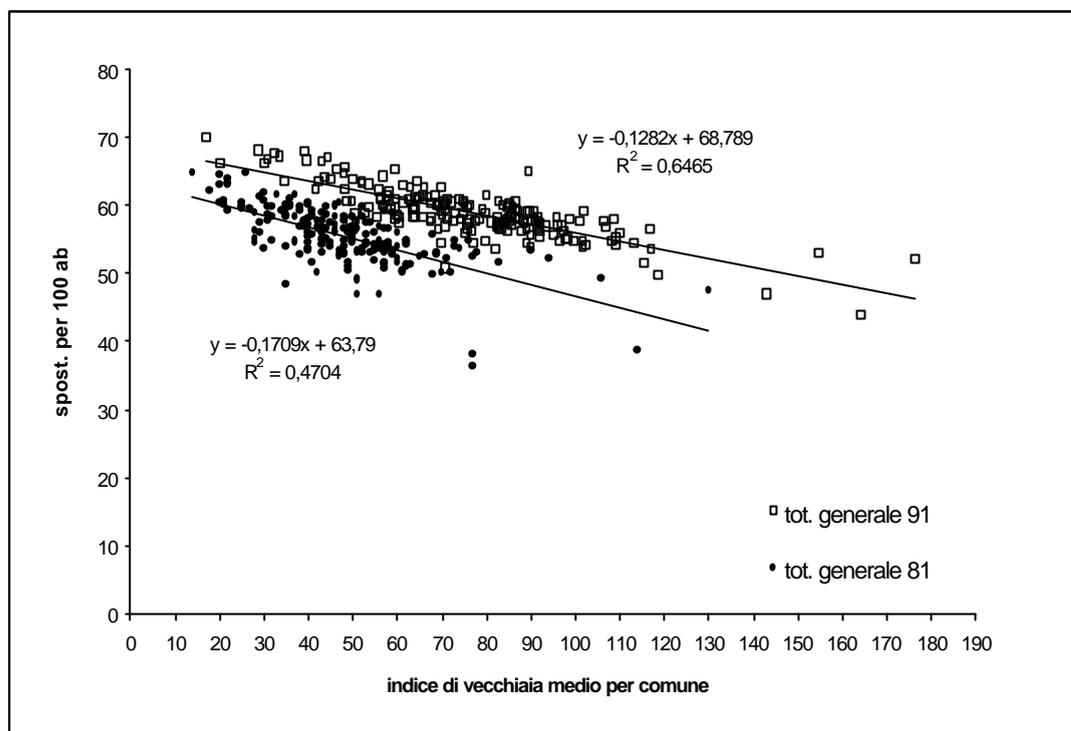
L'ipotesi che sta alla base di questa ricerca è quella, piuttosto intuitiva, che se la popolazione modifica la propria struttura interna, questo necessariamente si ripercuote sulla domanda di mobilità<sup>4</sup> da essa generata, indipendentemente dagli altri fattori che concorrono a modificarla.

Per verificarla è stata studiata la correlazione esistente tra **indice di vecchiaia** (percentuale del rapporto tra gli individui di 65 anni e più e quelli fino a 14 anni) dei residenti nei 188 comuni della provincia e **numero medio di spostamenti sistematici generati ogni 100 abitanti**.

Per ridurre al minimo il disturbo dovuto alla dipendenza dai fattori economici e la consapevolezza dell'influenza che assumono tipologia, flessibilità e quantità dell'offerta di trasporto pubblico sulla generazione della domanda, sono stati considerati, in prima battuta, *tutti gli spostamenti generati nel singolo comune, diretti sia al suo interno che nel resto del territorio lombardo e indipendentemente dal tipo di mezzo utilizzato*.

Le regressioni lineari ottenute in figura 2-6 per il 1981 e il 1991 confermano che la popolazione più anziana, a parità di passo temporale, tende a generare meno spostamenti.

<sup>4</sup> Lo studio precedente (rif. nota a pag. 1) contiene la ricerca delle correlazioni esistenti tra indice di vecchiaia e produzione pro capite di rifiuti nel territorio della provincia di Milano. Anche in quel caso si riscontrava un legame inversamente proporzionale tra età della popolazione e quantità di rifiuti solidi urbani prodotti.



**Figura 2-6:** spostamenti sistematici totali (interni ed esterni, per studio e lavoro, con tutti i mezzi) in funzione dell'indice di vecchiaia di ciascuno dei 188 comuni della provincia di Milano. Regressioni ottenute per il 1981 e il 1991.

L'influenza delle altre variabili socio-economiche, qualitativamente descritta nel paragrafo 2.1, si manifesta nell'incremento medio del numero di spostamenti nel decennio: è evidente che, nonostante il generale aumento nel tempo dell'indice di vecchiaia (figura 1-2), l'evoluzione del sistema economico insediativo provoca una crescita della domanda di mobilità.

Nel decennio '81-'91, la "nuvola" dei comuni tende a disperdersi maggiormente e distribuirsi meglio sulla retta di regressione. Questo segnala un processo di diversificazione della popolazione nei comuni della provincia (dovuto alla emigrazione degli individui dal capoluogo), anche se globalmente si può affermare che in dieci anni la retta sia traslata verso l'alto.

Per quanto la varianza spiegata dalla regressione sulla varianza dei dati sia ritenuta soddisfacente per affermare l'esistenza di un legame di dipendenza tra invecchiamento della popolazione e mobilità sistematica generata, è stato ritenuto opportuno effettuare qualche verifica sia sugli indicatori utilizzati che sulla tipologia degli spostamenti presi in considerazione.

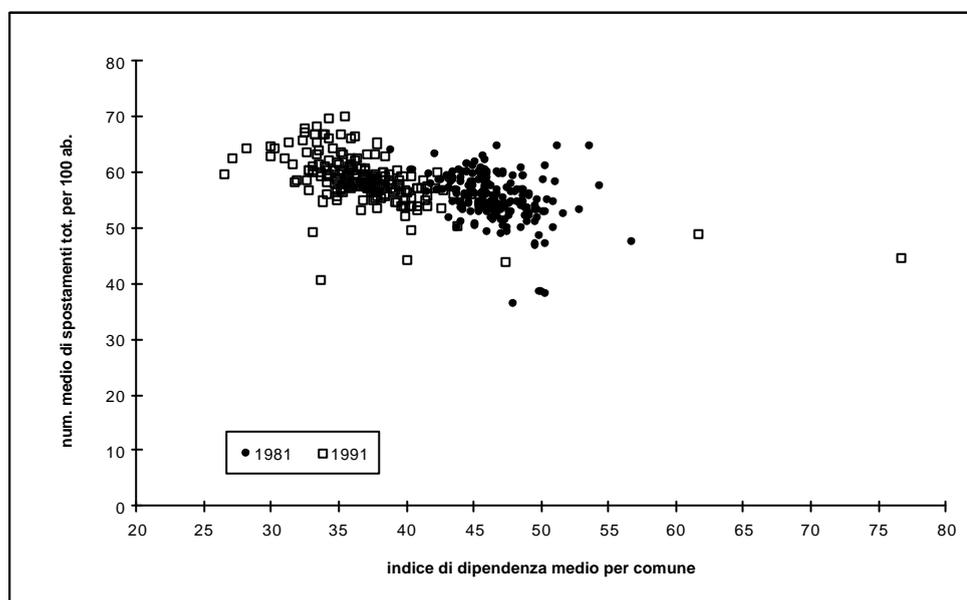
---

Per quanto riguarda gli indicatori demografici, una prima osservazione è che l'indice di vecchiaia quantifica il rapporto tra “vecchi” e “giovani”: esso restituisce la dimensione relativa delle estremità della piramide d'età senza dare alcuna informazione sulla distribuzione degli individui nelle classi centrali.

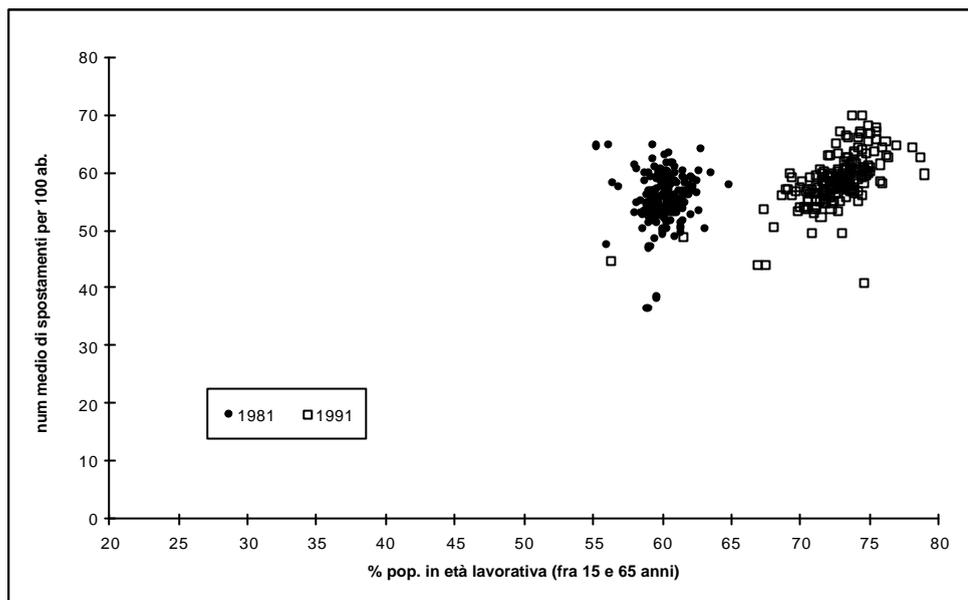
Poiché gli spostamenti sistematici sono effettuati sostanzialmente dalla popolazione attiva, cioè compresa fra i 15 e i 65 anni, teoricamente la riduzione del numero di spostamenti pro capite potrebbe dipendere da variabili legate a questo gruppo di individui. In particolare sono state presi in considerazione:

- *indice di dipendenza*, ovvero il rapporto percentuale tra la somma degli individui con più di 64 anni e con meno di 15 e quelli con età compresa tra i 15 e i 65;
- *frazione in età lavorativa*, ovvero la percentuale di individui tra i 15 e i 65 anni rispetto alla popolazione totale.

Dalle figure 2-7 e 2-8 emerge chiaramente che i dati risultano omogenei e molto addensati attorno ai valori medi: non si evidenzia un sensibile legame funzionale tra gli spostamenti generati e questi indicatori demografici.

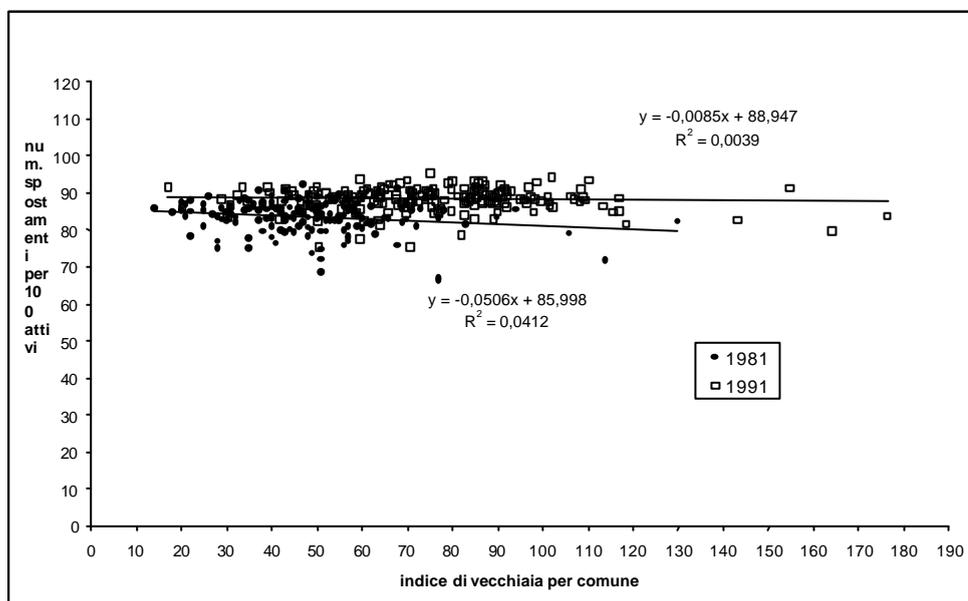


**Figura 2-7:** spostamenti sistematici totali per 100 ab. generati nei comuni della provincia di Milano e diretti verso tutta la Lombardia, in funzione dell'indice di dipendenza dei residenti. Anni 1981 e 1991.



**Figura 2-8:** spostamenti sistematici totali per 100 ab. generati nei comuni della provincia di Milano e diretti verso tutta la Lombardia, in funzione della % di residenti in età lavorativa. Anni 1981 e 1991.

Una importante conferma viene anche dall'analisi del numero di spostamenti rispetto al *numero di attivi* (e non rispetto alla globalità dei residenti).



**Figura 2-9:** num. medio di spostamenti ogni 100 attivi generati nei comuni della provincia di Milano e diretti verso tutta la Lombardia, in funzione dell'indice di vecchiaia. Anni 1981 e 1991.

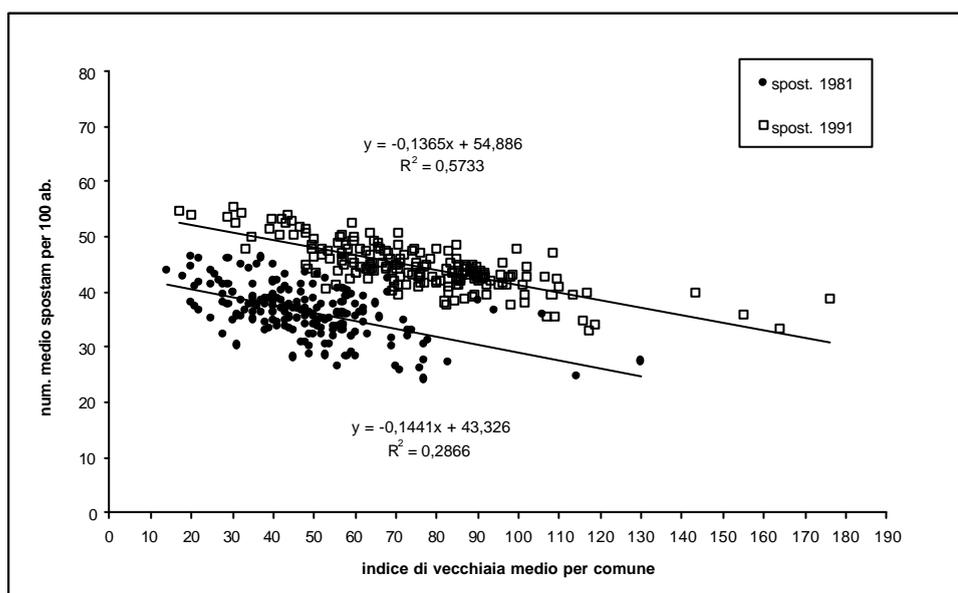
Dal grafico di figura 2-9 risulta evidente come tale dato sia indipendente dall'indice di vecchiaia dei comuni e non subisca un incremento significativo nel decennio '81-'91. La popolazione appartenente alle classi d'età centrali quindi, continua a spostarsi nello stesso modo e possiamo ragionevolmente affermare che:

1. L'incremento dell'indice di vecchiaia rispecchia fedelmente il fenomeno dell'invecchiamento della popolazione, ovvero il progressivo spostamento verso le classi d'età più elevate del picco della distribuzione (tendenza al "rovesciamento" della piramide d'età);

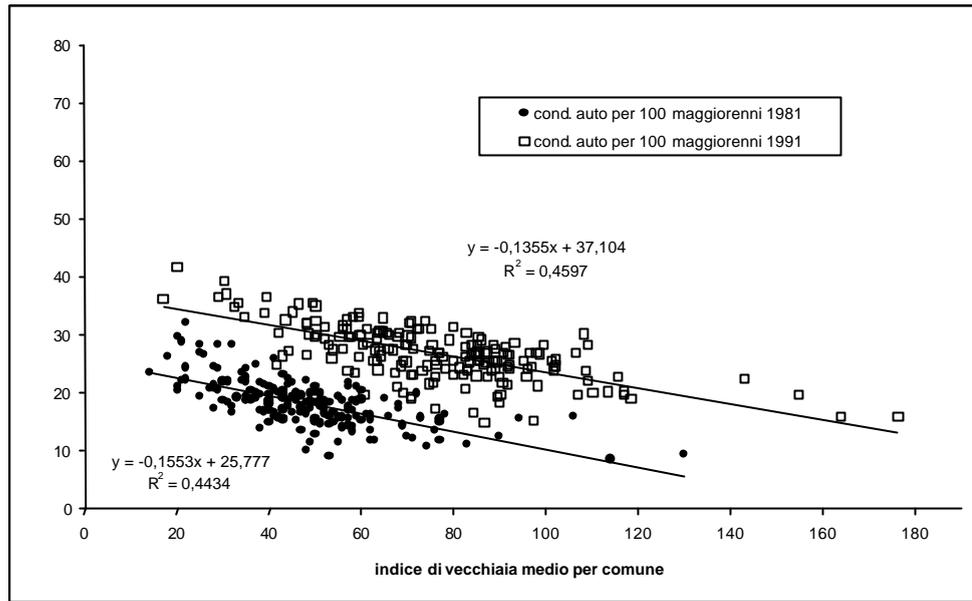
2. la riduzione del numero di spostamenti sistematici generati è effettivamente dovuto all'invecchiamento della popolazione e non ad una modifica nel gruppo di individui in età lavorativa.

Per meglio focalizzare l'attenzione sugli spostamenti pendolari veri e propri e costruire un possibile scenario che in qualche modo interessi gli impatti prodotti sul sistema della viabilità e sulle emissioni in atmosfera, sono stati successivamente presi in considerazione:

- gli spostamenti con mezzo a motore, cioè i totali esclusi quelli effettuati a piedi o in bicicletta (figura 2-10);
- gli spostamenti con auto privata, effettuati in qualità di conducente (figura 2-11).



**Figura 2-10:** num. medio di spostamenti con mezzo a motore (pubblico e privato) ogni 100 ab. generati e diretti nei comuni della provincia di Milano, in funzione dell'indice di vecchiaia. Anni 1981 e 1991.



**Figura 2-11:** num. medio di spostamenti con auto privata (conducente) ogni 100 maggiorenni generati e diretti nei comuni della provincia di Milano, in funzione dell'indice di vecchiaia. Anni 1981 e 1991.

Le regressioni lineari trovate confermano tutte l'inversa proporzionalità tra numero di spostamenti generati e indice di vecchiaia della popolazione (a parità di anno). I parametri corrispondenti ai coefficienti angolari  $m$  delle rette di regressione sono stati sottoposti a *test t* (tabella 2-4) che restituisce, in tutti i casi, un intervallo di confidenza molto ristretto e, soprattutto, sempre compreso nel semiasse negativo. Questo garantisce l'affidabilità del parametro, anche a fronte di un coefficiente di determinazione  $R$  non elevato.

Anno 1981	m	varianza di m	estremi intervallo confidenza	
spostamenti per lavoro	-0,0562	0,0001	-0,0564	-0,0560
spostamenti per studio	-0,1147	0,0001	-0,1148	-0,1146
spostamenti totali	<b>-0,1709</b>	<b>0,0002</b>	<b>-0,1712</b>	<b>-0,1706</b>
spostamenti con mezzo a motore	-0,1441	0,0003	-0,1446	-0,1435
spostamenti in auto priv. (conduc.)	-0,1553	0,0002	-0,1556	-0,1550

**Tabella 2-4:** coefficienti angolari delle rette di regressione, loro varianza e intervallo di confidenza calcolato con test t ( $\alpha = 10\%$ ). Ampiezza del campione: 188.

anno 1991	m	varianza di m	estremi intervallo confidenza	
spostamenti per lavoro	-0,0624	0,00004	-0,0625	-0,0623
spostamenti per studio	-0,0658	0,00002	-0,06584	-0,06575
spostamenti totali	<b>-0,1282</b>	<b>0,0001</b>	<b>-0,1283</b>	<b>-0,1281</b>
spostamenti con mezzo a motore	-0,1365	0,0001	-0,1366	-0,1363
spostamenti in auto priv. (conduc.)	-0,1355	0,0001	-0,1357	-0,1353

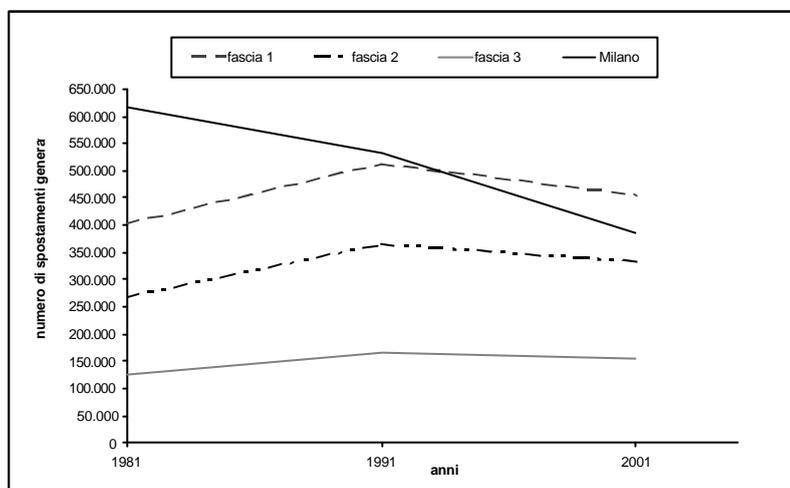
### **2.3 Ipotesi di scenario futuro**

Le funzioni trovate e le previsioni del valore dell'indice di vecchiaia ottenute applicando il modello demografico descritto nel capitolo 1 hanno permesso di costruire uno scenario della stima del numero di spostamenti generati nel 2001 nelle 4 fasce omogenee della provincia di Milano.

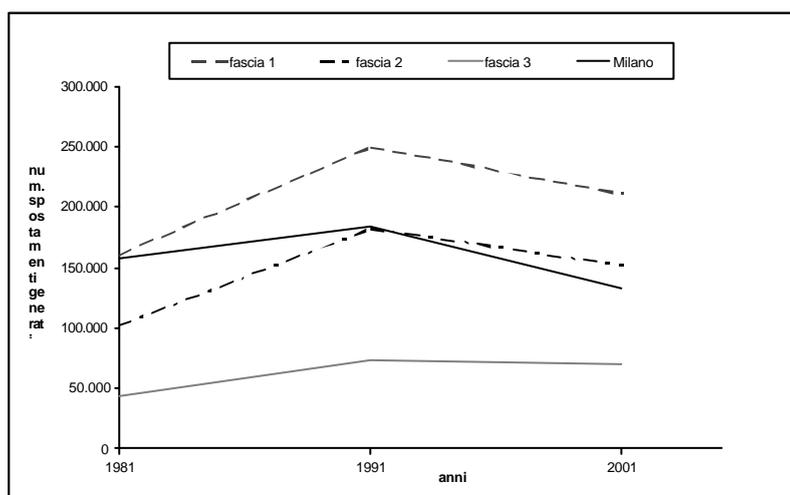
In mancanza di ulteriori serie storiche di dati e partendo dal presupposto che, data la situazione al 1991, non è pensabile un ulteriore aumento del numero di spostamenti pro capite generati, tali previsioni sono state ottenute utilizzando le equazioni delle regressioni di quest'ultimo anno.

origine	indice di vecchiaia	indice dipendenza	% pop. età lav.	spostam. per 100 ab.	num. abitanti previsti	spostam. tot.
fascia 1	112	41	71	39,6	1.148.516	<b>455.104</b>
fascia 2	118	43	70	38,8	858.049	<b>333.255</b>
fascia 3	123	44	69	38,1	409.533	<b>155.956</b>
Milano	188	54	65	29,3	1.316.207	<b>385.324</b>
<b>tot. provincia</b>	139	46	68	35,9	3.732.305	<b>1.339.868</b>

**Tabella 2-5:** applicazione del modello demografico (Leslie con migrazione) e previsione al 2001 degli abitanti e degli spostamenti totali generati nelle 4 aree della provincia di Milano, ottenuti utilizzando la regressione relativa al 1991.



**Figura 2-12:** andamento nel tempo del numero di spostamenti sistematici generati con un mezzo a motore. Previsione al 2001 con regressione del 1991.



**Figura 2-13:** andamento nel tempo del numero di spostamenti sistematici generati da conducente di auto privata. Previsione al 2001 con regressione del 1991.

Provincia	spostam mezzo motore per 100 ab	spostam mezzo motore ass.	spostam. auto priv. per 100 magg.	spostam auto priv. ass.	abitanti
1981	36	1.413.004	16	462.090	3.839.006
1991	45	1.575.682	22	689.499	3.738.685
2001	36	1.339.868	18	574.429	3.732.305
Milano	spostam mezzo motore per 100 ab	spostam mezzo motore ass.	spostam. auto priv. per 100 magg.	spostam auto priv. ass.	abitanti
1981	38	617.284	12	157.339	1.604.773
1991	39	532.176	16	184.658	1.369.231
2001	29	385.324	12	132.037	1.316.207
fascia 1	spostam mezzo motore per 100 ab	spostam mezzo motore ass.	spostam. auto priv. per 100 magg.	spostam auto priv. ass.	abitanti
1981	37	402.864	20	160.492	1.090.243
1991	45	513.385	27	249.866	1.139.956
2001	40	455.104	22	210.586	1.148.516
fascia 2	spostam mezzo motore per 100 ab	spostam mezzo motore ass.	spostam. auto priv. per 100 magg.	spostam auto priv. ass.	abitanti
1981	35	268.335	18	101.547	770.895
1991	44	365.631	27	182.392	835.356
2001	39	333.255	21	151.438	858.049
fascia 3	spostam mezzo motore per 100 ab	spostam mezzo motore ass.	spostam. auto priv. per 100 magg.	spostam auto priv. ass.	abitanti
1981	33	124.521	15	42.712	373.095
1991	42	164.490	23	72.583	394.142
2001	38	155.956	20	69.792	409.533

**Figura 2-14:** andamenti nel tempo del numero di spostamenti assoluti e pro capite generati nella provincia di Milano. Previsioni al 2001 degli spostamenti pro capite effettuati con le regressioni del 1991.

E' evidente che la previsione mostrata nelle figure 2-12, 2-13 e 2-14 si basa sull'ipotesi di uno scenario al 2001 molto semplificato: l'assenza di dati più recenti di quelli dei Censimenti Nazionali ISTAT e la consapevolezza di una probabile sottostima (data la vicinanza temporale dell'anno 2001) richiederebbero una elaborazione più approfondita dell'evoluzione nel tempo delle variabili in gioco.

L'obiettivo principale delle stime calcolate resta comunque quello di sottolineare l'importanza degli indicatori della struttura d'età della popolazione sull'evoluzione del sistema della mobilità, introducendo un nuovo fattore di cui tenere conto in fase di pianificazione.

---

## 3 Mobilità non sistematica

### 3.1 Quadro generale della domanda

*Per mobilità non sistematica si intende l'insieme degli spostamenti non costanti nel tempo in termini di frequenza, destinazione e motivazione del viaggio.*

Nonostante tale mobilità stia assumendo peso sempre maggiore, proprio a causa della sua non sistematicità risulta ancora oggi la meno nota e indagata. Le difficoltà sono sostanzialmente dovute ai costi di realizzazione di campagne di raccolta dati di media e vasta scala e la scarsa attendibilità dei risultati di una elaborazione statistica ottenuta da un campione non sufficientemente rappresentativo.

Le ricerche esistenti in termini di numero di spostamenti generati, si limitano perciò a situazioni piuttosto circoscritte, in generale non estendibili, se non a livello qualitativo, su scala provinciale.

L'inquadramento generale del fenomeno si basa quindi sulla ricerca pubblicata da IRER nel 1995 (in particolare si farà riferimento alle indagini svolte dal CENSIS in 13 comuni del nord-est milanese) e su quella realizzata da ATM di Milano nel 1995 (campagna di indagine svolta a Milano e 38 comuni dell'hinterland).

Da quest'ultima emerge che il motivo principale degli spostamenti sia a Milano che nell'hinterland resta il lavoro (36–37%), seguito dagli acquisti e commissioni (oltre 16%). Subito dopo si posizionano gli spostamenti per svago (10-11%). Le visite a familiari e le visite mediche, sono la causa di circa il 15% degli spostamenti. Questo dato assume un certo interesse alla luce degli obiettivi di questo studio: ancora una volta l'evoluzione della struttura d'età della popolazione incide infatti sui bisogni che generano dei cambiamenti nella domanda di mobilità. Dal confronto con la precedente analisi, svolta nel 1984, i dati ATM mettono in evidenza, per i residenti a Milano, il calo degli spostamenti per lavoro (da 43 a 37%) e l'aumento di quelli per acquisti e commissioni (da 11 a 16%). Anche questo dato risulta coerente con le considerazioni già introdotte:

---

l'aumento di una mobilità dovuta a cause diverse dal lavoro rispecchia la crescita dell'articolazione delle esigenze della popolazione e del peso che assumono le motivazioni personali, non vincolate da motivi di lavoro e studio.

Il mezzo prevalente con cui in generale sono effettuati gli spostamenti è l'auto (43% a Milano e 60% nell'hinterland). Ad eccezione dello studio, l'autoveicolo privato risulta il più utilizzato in ogni classe di motivazioni, sia nel capoluogo che nei 38 comuni limitrofi.

Dai dati relativi al numero di spostamenti generati a Milano e hinterland suddivisi in base alla condizione dei residenti, risulta che i pensionati e le casalinghe sono i principali generatori di mobilità non sistematica ed effettuano il 40% degli spostamenti per acquisti e commissioni.

Anche lo studio di IREER fornisce un quadro sostanzialmente analogo. Dall'indagine emerge infatti che i motivi principali di mobilità non sistematica sono ancora le visite a parenti e amici e gli acquisti (globalmente oltre il 50% degli spostamenti).

Anche da questa fonte viene la conferma che la modifica del sistema insediativo e della struttura d'età della popolazione hanno provocato l'aumento della frazione di mobilità giornaliera occasionale che, stimata intorno al 33% nel 1986 dal CENSIS in uno studio svolto su alcune città italiane, passa a quasi il 50% nel 1995 (studio ATM). Per quanto sia impossibile effettuare dei confronti su fonti omogenee, il solo dato relativo alla percentuale di spostamenti non sistematici effettuati dai residenti di Milano tra il 1984 e il 1995 (studio ATM), passa dal 49 al 56%. Come già sottolineato, risulta particolarmente interessante il legame tra questa mobilità e le categorie di residenti che la effettuano.

Nonostante non si abbiano a disposizione i dati disaggregati per formalizzare il legame di dipendenza tra questo tipo di spostamenti e l'indice di vecchiaia della popolazione, le indagini in merito mettono in evidenza la sostanziale aderenza delle ipotesi di fondo con la realtà del sistema urbano milanese. In sintesi dal quadro esposto emerge che:

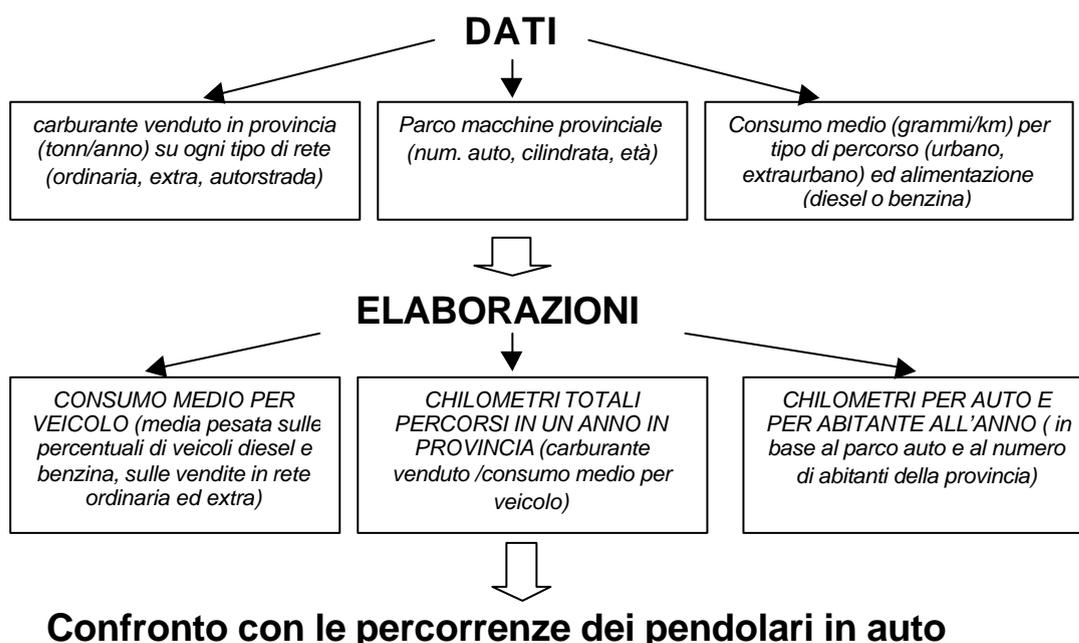
1. Nell'arco di un decennio l'area milanese (in particolare Milano e la fascia 1) vede crescere la frazione di domanda di mobilità non sistematica; in particolare a Milano l'incremento è stimabile attorno al 6% e le percentuali di questa tipologia di spostamenti nel capoluogo (indice di vecchiaia più elevato, riduzione sensibile del numero di residenti),

---

sono nettamente più alte che nell'hinterland. Esiste quindi un legame (anche se non definito in termini quantitativi) tra struttura d'età della popolazione e domanda di mobilità non sistematica;

2. In generale i motivi principali degli spostamenti occasionali sono gli acquisti o le commissioni e le visite a parenti o amici: questo è diretta conseguenza del nuovo assetto insediativo non più concentrato nel capoluogo ma più disperso sul territorio e dell'ascesa delle strutture di servizio concentrate in grandi poli a discapito della distribuzione puntuale omogenea sul territorio;
3. Gli spostamenti non sistematici sono effettuati quasi esclusivamente con l'auto privata: solo a Milano, per la presenza di una offerta più elastica e capillare, il mezzo pubblico riesce ad intercettare mediamente il 25 – 30% della domanda non sistematica, contro l'8 – 10% dell'hinterland.
4. I generatori di spostamenti che esulano da impegni di lavoro e studio sono soprattutto i pensionati e le casalinghe, che presentano un indice di mobilità superiore alla media sia a Milano che nell'hinterland.

Nel paragrafo 3.2 sarà ricercata una metodologia di indagine che permetta di formalizzare le osservazioni qualitative esposte in questa fase di inquadramento generale, basata sulla quantificazione del chilometraggio per auto circolante, ottenuta secondo una procedura che può essere così schematizzata:



### 3.2 Stima delle percorrenze con autoveicoli

La difficoltà nella quantificazione della mobilità non sistematica pone il problema della scelta di un approccio metodologico comparabile a quello utilizzato nel capitolo 2.

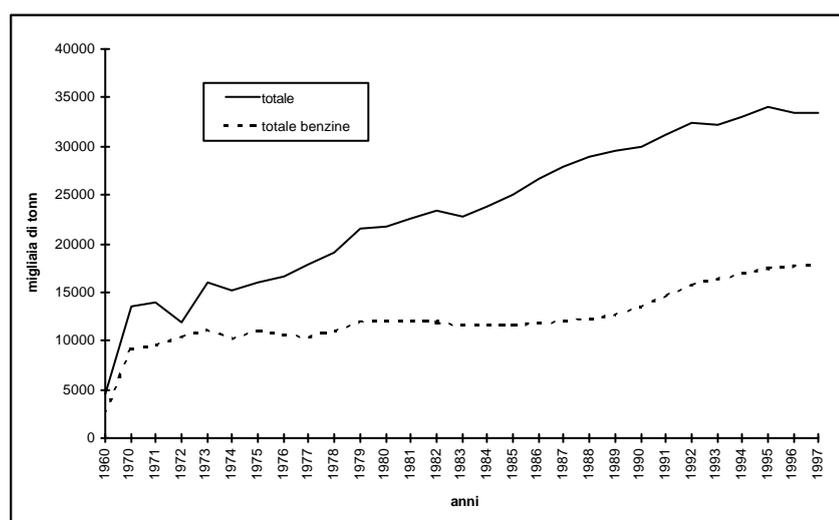
In questo caso infatti, non è possibile risalire al numero di spostamenti relativi a un campione di comuni sufficientemente ampio e cercare le correlazioni esistenti con il corrispondente indice di vecchiaia.

Abbandonata la ricerca diretta della dipendenza dalla struttura d'età, si è deciso di procedere in modo diverso. La quantificazione degli spostamenti non sistematici è stata ottenuta indirettamente attraverso la stima dei chilometri percorsi dalle autovetture in provincia di Milano.

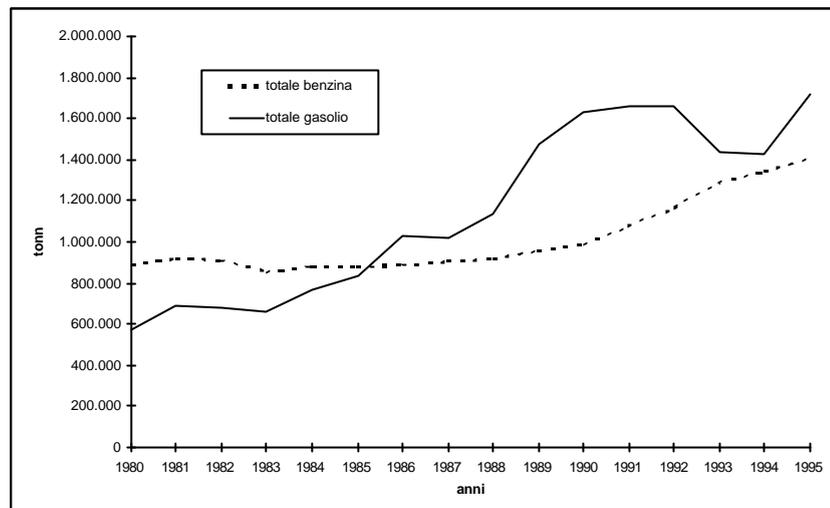
Questa scelta è motivata dal fatto che l'autovettura privata è il mezzo più utilizzato per gli spostamenti non sistematici (par. 3.1) e che un interessante sviluppo dello studio potrebbe essere la valutazione degli impatti sul sistema viario.

Ottenute le stime di percorrenza e sottratta la frazione calcolabile dovuta agli spostamenti sistematici, è possibile avere un'idea dell'entità di questo tipo di domanda.

Si sono così in primo luogo considerati i dati relativi al consumo di carburante per autotrazione (in assenza del consumo provinciale, sono stati presi in considerazione i dati relativi alla vendita).



**Figura 3-1:** Andamento del consumo totale(benzine + diesel) di carburante per autotrazione in Italia dal 1960 al 1997. Fonte: Unione Petrolifera.



**Figura 3-2:** tonnellate di carburante per autotrazione venduto in provincia di Milano. Fonte: Unione Petrolifera.

E' da sottolineare che i dati riportati in figura 3-1 sono riferiti alla totalità del carburante per autotrazione; questo spiega il gap tra consumi di benzina e quelli di gasolio, carburante impiegato soprattutto nel trasporto merci e in generale dal sistema produttivo. Entrambe le tipologie di carburante registrano, a livello nazionale, un continuo incremento nell'arco dell'ultimo trentennio. La benzina, più strettamente correlata alle percorrenze effettuate a scopo privato, presenta tuttavia periodi di relativa stazionarietà (decennio '80 - '90 e triennio '95 - '97). Tra il 1980 e il 1995 si registra un incremento di consumi nazionali del 44%; nello stesso periodo, a livello provinciale si registra un incremento delle vendite di benzina del 58%. Tenendo conto della diversa origine dei dati, si può globalmente considerare il fenomeno come paragonabile. Sicuramente la persistenza di un incremento moderato è fortemente legata all'evoluzione tecnologica dei motori, che porta alla costante riduzione dei consumi, ma dalle informazioni riportate in tabella 3-1 sembra effettivamente che l'incremento di chilometraggio percorso sia relativamente contenuto.

anni	auto a benzina	auto a gasolio
1980	9.563	22.032
1981	9.109	20.269
1982	8.766	20.343
1983	8.524	19.387
1984	8.759	20.101
1985	8.535	19.051
1986	8.584	20.632
1987	8.725	20.690
1988	8.844	20.288
1989	8.988	20.464
1990	9.489	20.735
1991	9.709	20.749
1992	10.092	21.039
1993	10.357	21.048
1994	10.467	21.145
1995	10.539	21.497
1996	10.594	21.682

**Tabella 3-1:** percorrenze annuali medie nazionali delle autovetture espresse in Km/auto anno. Fonte ACI.

E' stata poi valutata la composizione del parco autovetture circolanti, rispettivamente in Italia, Lombardia e provincia di Milano.

	Lombardia			Italia		
	totale	di cui diesel	% diesel	totale	di cui diesel	% diesel
1990	4.836.307	604.393	12,5	27.415.828	3.600.381	13,1
1991	5.004.785	573.527	11,5	28.434.923	3.497.951	12,3
1992	5.179.365	551.590	10,6	29.429.628	3.439.398	11,7
1993	5.202.287	545.312	10,5	29.652.024	3.457.510	11,7
1994	5.022.453	436.740	8,7	29.665.308	3.103.048	10,5
1995	5.116.354	414.938	8,1	30.301.424	3.137.340	10,4

**Tabella 3-2:** parco autovetture circolanti in Italia e in Lombardia, suddivise per tipo di alimentazione. Fonte ACI.

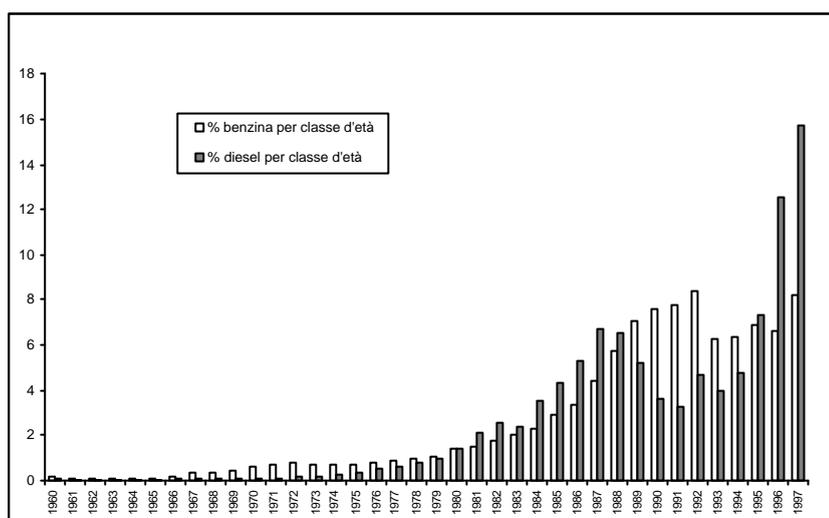
anni	prov. MI	prov senza MI	Lombardia
1981	1.554.672	932.803	3.320.436
1984	1.706.378	1.023.827	3.670.797
1988	2.026.983	1.216.190	4.428.348
1989	2.137.458	1.282.475	4.632.436
1990	2.241.332	1.344.799	4.836.307
1991	2.319.411	1.391.647	5.004.785
1992	2.406.108	1.433.541	5.179.365
1994	2.177.806	1.319.383	5.022.453
1995	2.210.602	1.347.441	5.116.354

**tabella 3-3:** parco autovetture circolanti in provincia di Milano e in Lombardia. Fonte ISTAT (dati ACI).

---

Dai dati raccolti il quadro della situazione non è di facile interpretazione. Si ha una crescita, seppure moderata, dei consumi di carburante, sostanzialmente coerente con il dato nazionale relativo alle percorrenze medie per autovettura. In entrambi i casi si evidenzia una contrazione negli anni '80, seguita da una ripresa negli ultimi anni.

Il numero di autovetture circolanti continua a crescere nel tempo e l'età del parco ne mette in evidenza il forte ricambio.

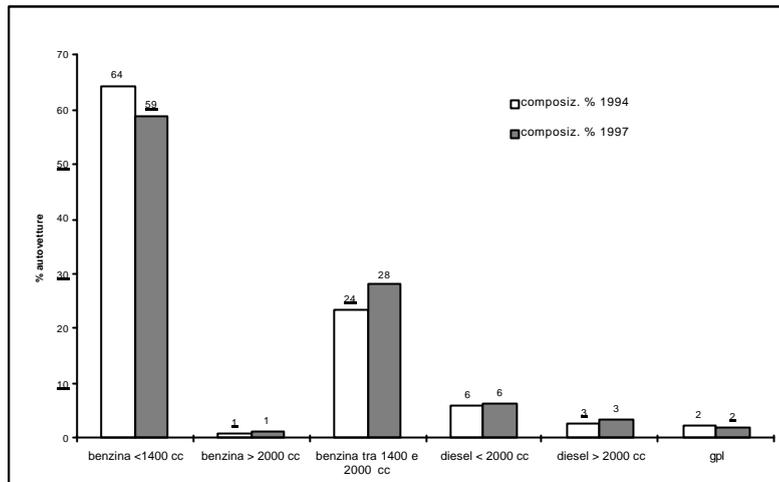


**Figura 3-3:** distribuzione percentuale delle autovetture circolanti nel 1997 in provincia di Milano per anno di immatricolazione e tipo di alimentazione. Fonte ACI.

Alla luce delle indagini fatte si è proceduto alla stima delle percorrenze annuali in chilometri delle auto in provincia di Milano, sulla base di alcune ipotesi di calcolo.

Le percentuali di veicoli diesel in Lombardia (tabella 3-2) e quelli della città di Milano (qui non riportate), sono sostanzialmente coincidenti. Tali percentuali sono state quindi assunte come valide anche per il parco auto provinciale, che non riportava questa informazione.

I consumi medi per veicolo sono stati ottenuti sulla base dei dati in tabella 3-4; data l'età del parco circolante e la grande uniformità di consumi delle autovetture delle diverse case produttrici (a parità di cilindrata), tali dati sono stati considerati attendibili, nonostante risalgano al 1992.



**Figura 3-4:** distribuzione percentuale delle autovetture circolanti per classe di cilindrata e tipo di alimentazione. Fonte ACI.

Anche per quanto riguarda la percentuale di consumo in regime di traffico urbano ed extraurbano, le ipotesi assunte si basano sulle considerazioni tratte dai dati relativi al tipo di rete di vendita del carburante in provincia di Milano.

veicolo	percorso	litri per 100 km	grammi/km
auto benzina	urbano	11,6	85
auto benzina	extraurb.	5,3	39
auto diesel	urbano	9,4	69
auto diesel	extraurb.	5,8	43

**Tabella 3-4:** consumi medi per autovettura. I dati sono molto probabilmente mediati sulle cilindrata dei veicoli (esempio da fig. 3-4): a questo si deve l'elevato valore del consumo extraurbano diesel rispetto a quello della benzina. Fonte Ambiente Italia, 1992.

Il calcolo del valore dei consumi medi utilizzati per la stima del chilometraggio percorso, è stato ottenuto da una media pesata sulle serie storiche della quantità di carburante venduto in rete extra (benzina: 0,23%, gasolio: 0,65%) oppure in rete ordinaria (benzina: 0,87%, gasolio: 0,35%).

Il consumo di benzina e gasolio è stato poi ulteriormente unificato (ancora attraverso una media pesata dei due consumi precedenti sulla percentuale di auto alimentate con quel carburante nella regione Lombardia). Si è ottenuta così una approssimazione del consumo medio del parco autovetture circolanti nella provincia.

---

	<b>benzina</b>	<b>gasolio</b>	<b>totale</b>
<b>grammi / km</b>	82,9	52,1	79,5
<b>litri per 100 km</b>	6,1	4,3	5,9

**Tabella 3-5:** valori medi di consumo per veicolo in provincia di Milano, mediati sulla quantità di carburante venduto su rete ordinaria ed extra e successivamente sulla percentuale di auto per tipo di alimentazione.

Nota la quantità totale di carburante venduta, è stata ricavata la frazione utilizzata dalle autovetture, in base ai dati ACI, (valori nazionali, serie dal 1980 al 1986) sulla distribuzione di carburante per tipo di utilizzo. Noto il numero di autovetture circolanti e il consumo medio al chilometro, è stata fatta una valutazione del numero di chilometri complessivamente percorsi dalle auto nella provincia e successivamente è stato stimato il numero medio di chilometri per auto e per abitante percorsi in un anno negli anni 1981 e 1991.

<b>anni</b>	<b>benzina (tonn)</b>	<b>gasolio (tonn)</b>
<b>1980</b>	800.929	59.959
<b>1981</b>	828.876	96.331
<b>1982</b>	821.807	134.723
<b>1983</b>	755.722	131.063
<b>1984</b>	780.722	172.947
<b>1985</b>	790.536	192.232
<b>1986</b>	790.983	223.633
<b>1987</b>	808.890	247.535
<b>1988</b>	820.630	277.095
<b>1989</b>	855.532	373.414
<b>1990</b>	904.617	426.625
<b>1991</b>	987.071	429.001
<b>1992</b>	1.072.428	412.056
<b>1993</b>	1.190.388	354.408
<b>1994</b>	1.239.512	350.565
<b>1995</b>	1.301.972	416.647

**Tabella 3-6:** tonnellate di carburante totale per autovetture vendute nella provincia di Milano. Dato calcolato in base alle percentuali di utilizzo del carburante per autotrazione in Italia. Fonti: Unione Petrolifera e ACI.

anni	benzina (*10^6 km)	diesel (*10^6 km)	totale (*10^6 km)
1980	9.650	1.153	10.829
1981	9.986	1.853	11.638
1982	9.901	2.591	12.032
1983	9.105	2.520	11.155
1984	9.406	3.326	11.996
1985	9.525	3.697	12.362
1986	9.530	4.301	12.762
1987	9.746	4.760	13.288
1988	9.887	5.329	13.808
1989	10.308	7.181	15.458
1990	10.899	8.204	16.745
1991	11.892	8.250	17.812
1992	12.921	7.924	18.673
1993	14.342	6.816	19.431
1994	14.934	6.742	20.001
1995	15.686	8.012	21.618

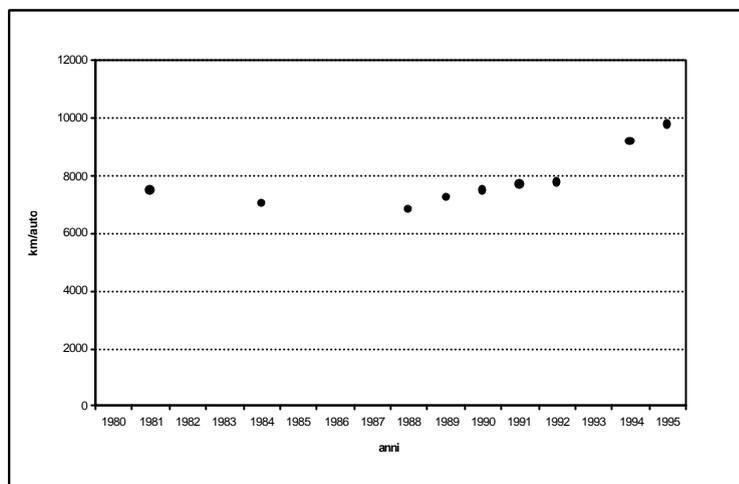
**Tabella 3-7:** stima percorrenza totale annua delle autovetture circolanti in provincia di Milano, calcolata in base alla media pesata dei consumi su rete ordinaria ed extra.

anni	benzina (km/auto)	diesel (km/auto)	totale (km/auto)	totale (km/ab)
1980				
1981	6677	31357	7486	3031
1982				
1983				
1984	6011	23483	7030	
1985				
1986				
1987				
1988	5632	19619	6812	
1989	5581	24703	7232	
1990	5596	27943	7471	
1991	5846	28918	7680	4764
1992	6007	31069	7761	
1993				
1994	7503	35995	9184	5368
1995	7721	44748	9779	5810

**Tabella 3-8:** stima della percorrenza media annua per auto e per abitante in provincia di Milano. I dati mancanti sono dovuti all'assenza del dato relativo al parco auto circolanti.

Mentre dalla tabella 3-7 emerge un inequivocabile andamento crescente della percorrenza complessiva annua (mostrato in figura 3-2), in tabella 3-8 e in figura 3-5 è evidente il calo delle percorrenze per auto e la successiva ripresa negli ultimi anni. Tale andamento è di difficile interpretazione. Anche la tabella 3-1, che riporta le percorrenze medie nazionali per auto nello stesso periodo di tempo, rispecchia debolmente lo stesso fenomeno. Una possibile spiegazione può essere legata all'aumento, negli anni '80, delle autovetture circolanti

(tabella 3-3) seguito da un ridimensionamento negli ultimi anni (forte ricambio di autovetture ma non forte incremento del numero delle stesse).



**Figura 3-5:** stima della percorrenza media annua delle autovetture (diesel e benzina) in provincia di Milano.

Sono riportate infine le variazioni percentuali delle percorrenze nell'arco dell'intero periodo, nel decennio '81 - '91 e negli ultimi 5 anni. Il decennio '81 - '91 sarà il riferimento principale nella fase finale di confronto con i risultati ottenuti nello studio della mobilità sistematica.

variaz. %	benzina (km/autovettura)	diesel (km/autovettura)	totale (km/autovettura)
81 - 95	15,6	42,7	30,6
<b>81 - 91</b>	<b>-12,4</b>	<b>-7,8</b>	<b>2,6</b>
91 - 95	32,1	54,7	27,3

variaz. %	benzina (*10^6 km)	diesel (*10^6 km)	totale (*10^6 km)
81 - 95	57,1	332,5	85,8
<b>81 - 91</b>	<b>19,1</b>	<b>345,3</b>	<b>53,1</b>
91 - 95	31,9	-2,9	21,4

**Tabella 3-9:** variazioni percentuali delle stime di percorrenza per autovettura e totali in provincia di Milano.

---

## 4 Conclusioni

### 4.1 La fase di confronto

Ottenute le stime delle percorrenze, si pone ora il problema di confrontare i risultati ottenuti per la mobilità sistematica e quella non sistematica. Le due metodologie di indagine sono infatti profondamente differenti a causa della natura stessa delle fonti disponibili.

La scelta che è stata fatta consiste nel *riportare il numero di spostamenti sistematici in termini di percorrenze effettuate*. Tale stima è ottenibile conoscendo le origini e le destinazioni degli spostamenti e le distanze in chilometri tra Milano e tutti i comuni della provincia.

anni	1981	1991
<b>Km totali da MI verso la prov.</b>	219.780.480	326.596.800
<b>Km totali da prov. verso MI</b>	534.010.560	843.736.320
<b>Km totali (in entrambe le direz.)</b>	753.791.040	1.170.333.120

**Tabella 4-1:** stima dei chilometri percorsi in un anno per spostamenti sistematici con auto privata da Milano verso tutti i comuni della provincia e viceversa. L'anno lavorativo è stato considerato di 240 giorni.

I valori in tabella 4-1 sono stati ottenuti partendo dal numero di spostamenti sistematici giornalieri (compiuti in auto come conducente) riportati dalle matrici O/D introdotte nel capitolo 2. Le semplificazioni introdotte causano una sottostima dei chilometri percorsi per spostamenti che avvengono fra comuni interni alla provincia di cui si può avere una idea della proporzione relativa da tabella 2-2. Bisogna inoltre ricordare che i dati riportati nelle matrici ISTAT sono riferiti allo *spostamento principale* (in termini di distanza) compiuto dal pendolare. Anche questo introduce un errore di sottostima dei chilometri percorsi realmente.

Successivamente è stato calcolato il numero medio di chilometri percorsi per autovettura, nell'ipotesi che il numero di spostamenti compiuti come conducente di auto coincida con il numero di auto private impegnate nella mobilità sistematica.

anni	auto circolanti	auto pendolari	% auto pend.
<b>PROVINCIA</b>			
1981	1.554.672	360.127	23
1991	2.319.411	438.619	19
<b>MILANO</b>			
1981	621.869	156.945	25
1991	927.764	183.695	20
<b>PROV SENZA MI</b>			
1981	932.803	203.182	22
1991	1.391.647	254.924	18

**Tabella 4-2:** percentuale delle auto circolanti in provincia di Milano impegnate nei flussi pendolari tra Milano e i comuni della provincia. (Confronto tra i dati ACI sul parco auto e le matrici O/D ISTAT relative agli spostamenti effettuati da conducente auto).

anni	1981	1991	variaz. %
<b>KM/AUTO PENDOLARI</b>			
<b>Km totali da MI verso la prov.</b>	1.400	1.778	<b>27</b>
<b>Km totali da prov. verso MI</b>	2.628	3.310	<b>26</b>
<b>Km totali (in entrambe le direz.)</b>	2.093	2.668	<b>27</b>
<b>KM/ABITANTE</b>			
<b>Km totali da MI verso la prov.</b>	137	239	<b>74</b>
<b>Km totali da prov. verso MI</b>	239	356	<b>49</b>
<b>Km totali (in entrambe le direz.)</b>	376	595	<b>58</b>

**Tabella 4-3:** stima delle percorrenze annue degli spostamenti sistematici (flusso MI-prov.) nel 1981 e nel 1991 con relativa variazione percentuale.

La fase di confronto si limita al contesto provinciale nel suo insieme. Ottenute le stime annuali dei chilometri percorsi dai flussi pendolari tra Milano e il resto della provincia, è possibile valutare la frazione di percorrenza impegnata per mobilità sistematica rispetto alla totale e quindi quantificare, anche se in modo estremamente indiretto, le percorrenze per viaggi di altro scopo.

Dividendo i valori di tabella 4-1 per quelli di tabella 3-7, si ottengono le percentuali cercate.

anni	1981	1991
<b>% mobilità sistematica (km)</b>	6,5	6,6
<b>% mobilità sistematica (km/abitante)</b>	12,4	12,5

**Tabella 4-4:** percentuale dei km percorsi per mobilità sistematica (flusso MI-prov.) rispetto ai totali.

---

Nel decennio '81-'91 si ha la sostanziale stazionarietà della frazione di percorrenza dovuta a spostamenti sistematici. Tenuto conto del quadro generale dell'evoluzione della domanda sistematica descritto nel paragrafo 2.1, quella parte di mobilità trascurata nel computo del chilometraggio (spostamenti pendolari tra comuni della provincia) è destinata ad aumentare nel tempo.

I processi di migrazione già descritti portano ad un ridimensionamento del flusso pendolaristico più significativo (quello con il capoluogo) e di conseguenza i valori in tabella 4-4, in realtà più alti, con ogni probabilità segnalano effettivamente un incremento, seppure molto lieve, della frazione sistematica della mobilità provinciale.

#### **4.2 Considerazioni finali**

Lo studio effettuato ha portato al raggiungimento di alcuni risultati che possono essere sintetizzati in alcuni punti:

1. Esiste una correlazione lineare tra numero medio di spostamenti sistematici per abitante generati nei comuni della provincia di Milano e l'indice di vecchiaia medio della popolazione che vi risiede; le correlazioni trovate per le serie storiche del 1981 e 1991 esprimono la proporzionalità inversa tra anzianità della popolazione e mobilità pendolare generata. Nel paragrafo 2.2 sono descritte le regressioni trovate e i test statistici sui loro parametri.
2. Se da un lato il numero di spostamenti generati diminuisce con l'aumentare dell'indice di vecchiaia, dall'altro risulta evidente che nel decennio '81-'91 si è verificato un generale aumento della mobilità pendolare. La dinamica del fenomeno risulta quindi dalla combinazione della dipendenza dalla struttura d'età (fattore riducente) e da altri indicatori di tipo sociale ed economico quali il reddito pro capite, la struttura del sistema insediativo, la localizzazione dei poli di attrazione (fattori di incremento). Nel paragrafo 2.3 viene riportata, al fine di esempio applicativo, la formulazione di uno scenario semplificato e la previsione al 2001 della mobilità sistematica nelle diverse aree della provincia.
3. La domanda di mobilità non sistematica, per le sue caratteristiche intrinseche, non è quantificabile attraverso l'utilizzo degli indici di mobilità

---

precedentemente elaborati. Da una analisi di tipo più circoscritto essa si presenta in aumento nel tempo e legata alla fascia di popolazione non attiva, in particolare appartenenti alle classi d'età più elevate. Ancora una volta l'evoluzione del sistema insediativo induce una domanda di mobilità occasionale per l'accesso ai servizi sanitari, commerciali o di aggregazione sociale. Nel paragrafo 3.1 viene descritto come la dipendenza dalla struttura d'età non può essere, per il momento, formalizzata, ma risulta evidente l'influenza che essa abbia nella generazione di tale domanda.

4. Il confronto tra l'evoluzione delle due tipologie di mobilità è effettuato attraverso la stima delle percorrenze annuali in chilometri con auto privata, mezzo preferenziale di spostamento verso cui tendono entrambe. Dalle elaborazioni descritte nei paragrafi 3.2 e 4.1 emerge, nel decennio '81-'91, l'aumento generale della percorrenze medie per autoveicolo circolante, in linea con quanto visto per gli indici di mobilità sistematica. La frazione di percorrenza stimata per spostamenti pendolari resta però stazionaria nel decennio: l'invecchiamento della popolazione e la spinta migratoria dei residenti verso le fasce più esterne della provincia abbinata all'evoluzione del sistema produttivo e della sua distribuzione sul territorio (già studiata in dettaglio nella ricerca precedentemente svolta), provocano l'aumento del numero medio di chilometri percorsi, senza che si modifichi in modo significativo la distribuzione percentuale secondo la tipologia della domanda.

Se nel caso della mobilità sistematica è stato possibile prevedere i valori degli indici di mobilità in ciascuna delle quattro aree omogenee della provincia, per quella occasionale non si è stati in grado di raggiungere risultati quantitativi soddisfacenti. La stima del numero medio di chilometri all'anno percorsi per ogni auto e per ogni abitante nel 1981 e 1991 sembra comunque confermare lo scenario di previsione formulato nel capitolo 2.

---

## 5 Riferimenti bibliografici

### 5.1 Bibliografia

#### ***Inquadramento generale del territorio e del sistema della mobilità***

Brignone A., *Nuovi modelli dell'interazione territorio – trasporti: un prototipo per la regione Lombardia*, tesi di laurea, relatori: Prof. G. A. Rabino, Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali del Politecnico di Milano, Arch. S. Occeoli, 1997;

Camagni R., *Scenari di evoluzione della domanda di trasporto in Lombardia*, Rigamonti P., *Nota sugli scenari insediativi*, IRER – Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia, Aggiornamento del Piano Regionale dei Trasporti – Stralcio Funzionale del Programma di Lavoro, *Il Quadro della Domanda di Mobilità al 2005 – Acquisizione degli elementi caratteristici dell'evoluzione del sistema produttivo e insediativo*, 1995;

Provincia di Milano, Piano Provinciale Territoriale di Coordinamento, 5.3 - *Viabilità*, 5.4 - *Trasporto Pubblico*, 5.5 – *Quadro Regionale per le Infrastrutture di Mobilità*, 1998;

Regione Lombardia, *Piano Regionale dei Trasporti, Parte Prima – Il quadro generale, gli obiettivi e le condizioni*, 1982;

Regione Lombardia – D.G. Trasporti e Mobilità – Servizio Reti e Sistemi di Trasporto – U.O.O. “Assetto dei Servizi e Mobilità”, *La riorganizzazione del trasporto pubblico locale*, (copie del supplemento al n. 6/1996 e n. 1-2/1996 della rivista “Trasporti in Lombardia”);

Sachero V., *Dinamica della popolazione e produzione di rifiuti solidi urbani: analisi del Piano Provinciale Milanese*, tesina di laurea, relatori: Prof. G.

---

Guariso, Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, Ing. S. Caserini, Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento del Politecnico di Milano, 1998;

***Mobilità sistematica***

Foresti E., Tagliavini P., *La riorganizzazione del trasporto pubblico interurbano su gomma in lombardia: la definizione delle aree omogenee per il passaggio dal regime di concessione alle gare*, tesi di laurea, relatore: Prof. E. Laniado, Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, 1996;

Regione Lombardia – Servizio Programmazione per l'Area degli Interventi sul Territorio – Settore Territorio Trasporti e Mobilità – U.O.O. “Programma Informativo Mobilità”, *Analisi della mobilità sistematica al 1991 – Poli e Aree di Gravitazione in Lombardia*, 1995;

***Mobilità non sistematica***

ATM Azienda Trasporti Municipali di Milano, Comune di Milano – Ripartizione Trasporti Traffico e Viabilità, *Milano & Traffico – indagini sulla mobilità primi risultati*, 1984;

ATM Azienda Trasporti Municipali di Milano, Comune di Milano – Assessorato Trasporti e Traffico, *La mobilità delle Persone nell'Area Milanese*, 1995;

Foresti E., Tagliavini P., *La riorganizzazione del trasporto pubblico interurbano su gomma in lombardia: la definizione delle aree omogenee per il passaggio dal regime di concessione alle gare*, tesi di laurea, relatori: Prof. E. Laniado, Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, 1996;

IRER – Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia, Aggiornamento del Piano Regionale dei Trasporti – Stralcio Funzionale del Programma di Lavoro, *Il Quadro della Domanda di Mobilità al 2005 – Formulazione di ipotesi di scenari di sviluppo alternativi della domanda di mobilità per relazioni di vario livello. Mobilità non pendolare*, 1995;

---

### **Traffico veicolare**

M. Giugliano, S. Cernuschi, A. Cemin, *Il modello EMISMOB 2 per la stima delle emissioni da traffico*, capitolo 2 della pubblicazione *Dati di Inquinamento atmosferico dell'area metropolitana milanese e metodologie per la gestione della qualità dell'aria*, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, volume della collana *Ricerche e Risultati – Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994-1997*, a cura di B. Rindone, P. Beltrame e A.L. De Cesaris, 1998.

## **5.2 Elenco delle fonti**

### **Mobilità sistematica**

ISTAT – Censimenti Nazionali della Popolazione 1981 e 1991, spostamento giornaliero del residente, foglio di famiglia sez. II, foglio individuale della persona; matrici origine-destinazione (in formato file di testo) degli spostamenti generati nei comuni della provincia di Milano e diretti verso tutta la regione Lombardia, classificati secondo la professione, il tipo di mezzo utilizzato, il tempo di percorrenza.

ISTAT – Censimenti nazionali della popolazione, dati disponibili sul sito dell'Università di Venezia, [http:// cidoc.iuav.unive.it/sintesi/](http://cidoc.iuav.unive.it/sintesi/);

### **Mobilità non sistematica**

ATM Azienda Trasporti Municipali di Milano, Comune di Milano – Assessorato Trasporti e Traffico, *La mobilità delle Persone nell'Area Milanese*, Milano 1995.

### **Percorrenze, parco auto, consumi e vendita di carburante per autoveicoli**

ACI, *percorrenze medie annue dei veicoli – Prezzi e consumi di carburanti*, 1997;

Istituto di Ricerche Ambiente Italia, *Mobilità, consumi, energia*, Ed. Ambiente, dati su emissioni e consumi delle autovetture su varie percorrenze, 1992;

---

ISTAT, Annuari Statistici, *veicoli circolanti per categoria, provincia e regione*  
(fonte ACI);

Ministero dell'Industria (MICA), dati sulle vendite di carburante provinciali e regionali, [http:// mica-dgfe.casaccia.enea.it/bollettino/](http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/bollettino/);

*Quattroruote*, modelli, dati economici e tecnici, prestazioni e consumi delle autovetture nuove in commercio, novembre 1998;

Unione Petrolifera, *Bollettino*, dati su prezzi, consumi e categorie di utilizzo del petrolio, [http:// www.unione petrolifera.it/statistica/](http://www.unione petrolifera.it/statistica/);

---

## **Indice**

1	Introduzione.....	1
1.1	<i>Finalità dello studio.....</i>	3
1.2	<i>Il modello matematico della popolazione.....</i>	4
2	Mobilità sistematica.....	8
2.1	<i>Quadro generale della domanda.....</i>	8
2.2	<i>La dipendenza dalla struttura d'età.....</i>	14
2.3	<i>Ipotesi di scenario futuro.....</i>	20
3	Mobilità non sistematica.....	23
3.1	<i>Quadro generale della domanda.....</i>	23
3.2	<i>Stima delle percorrenze con autoveicoli.....</i>	26
4	Conclusioni.....	34
4.1	<i>La fase di confronto.....</i>	34
4.2	<i>Considerazioni finali.....</i>	36
5	Riferimenti bibliografici.....	38
5.1	<i>Bibliografia.....</i>	38
5.2	<i>Elenco delle fonti.....</i>	40