

La congestione del traffico nelle aree urbane

di Edoardo Marcucci e Paolo Polidori

Introduzione

Nella maggior parte delle aree urbane all'aumento di domanda di mobilità per motivi di lavoro, di studio, di svago, ecc., non sempre ha fatto seguito un aumento delle infrastrutture stradali, che in molti casi è di assai difficile attuazione¹, nè un adeguato processo di razionalizzazione nell'utilizzo dell'esistente. Non è, quindi, sorprendente constatare il verificarsi, sempre più frequente, di fenomeni di congestione del traffico, in particolare all'interno delle aree urbane².

* *Presentato dall'Istituto di Scienze Economiche.*

¹ Le difficoltà legate all'espansione della rete stradale all'interno delle aree urbane dipendono da varie cause: vi sono problemi di ordine tecnico-economico in quanto aumentare la capacità delle strade o crearne delle nuove è una operazione di lungo periodo che richiede grandi sforzi organizzativi ed economici, assieme ad una chiara programmazione degli assetti urbani. In secondo luogo in molte realtà urbane, caratterizzate da un grande patrimonio storico artistico, interventi strutturali di qualunque genere incontrano spesso una forte opposizione sia politica sia da parte dell'opinione pubblica. Ciò scoraggia molto spesso questo tipo di interventi facendo preferire soluzioni rivolte al contenimento della domanda.

² Va ricordato che i nuovi sistemi di telecomunicazione potrebbero soddisfare una larga parte delle esigenze degli utenti che, allo stato attuale, producono una domanda di mobilità (si pensi alla richiesta di certificati alle autorità competenti, al pagamento delle imposte, delle contravvenzioni, ecc.). Tuttavia si deve anche sottolineare che, almeno nel nostro Paese, non esiste ancora una cultura telematica diffusa capace, nel breve periodo, di modificare le attuali esigenze di mobilità.

In questo lavoro si descrive uno dei possibili strumenti da utilizzare per cercare di risolvere il problema della congestione: il *road-pricing*.

Già nei primi anni '20, il dibattito tra Pigou e Knight si incentrava proprio sul *road-pricing*, anche se, in quel periodo, questo era di fatto uno strumento per illustrare il concetto di costo sociale all'interno del ben più ampio disaccordo tra i due sull'efficienza del settore privato. Il *road-pricing* era considerato uno strumento per risolvere uno specifico problema della società dovuto alla congestione. Nel corso degli anni, tuttavia, con l'accrescersi ed il diffondersi del problema della congestione nelle principali realtà urbane del mondo, l'interesse per il *road-pricing* come strumento di politica economica è diventato sempre più forte.³

Sebbene questo lavoro si concentri esclusivamente su uno dei possibili strumenti a disposizione per affrontare il problema della congestione urbana, è utile ricordare che il traffico non è una variabile indipendente, ma deriva da una serie di fattori di tipo socioeconomico, urbanistico, gestionale, di politica dei servizi, ecc., e su di esso si scaricano tutte le patologie ed i disservizi dei sistemi urbani. Da ciò si deduce che i problemi dei trasporti nelle aree urbane sono necessariamente molto complessi. I trasporti sono, infatti, solo una delle componenti dei sistemi urbani; intervenire su di essi senza tenere conto degli effetti a livello di sistema può portare a gravi errori. Infatti, caratteristica dei sistemi complessi, quali sono i sistemi urbani, è la presenza di interazioni che provocano effetti la cui previsione richiede studi accurati, basati sulla conoscenza dettagliata dei fenomeni. In altri termini: non esistono soluzioni semplici.

Premesso questo, la struttura del lavoro sarà la seguente: nel primo capitolo verranno individuati i principali impatti legati al fenomeno della congestione urbana. Nel secondo capitolo l'atten-

³ Si veda al riguardo F. H. Knight, *Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost*, in «Quarterly Journal of Economics» Vol. 38, 1924, pp. 582-606; S. A. Morrison, *A Survey of Road-Pricing*, in «Transportation Research» Vol. 20 A, N° 2, March 1986, p. 87. Per una descrizione più ampia dei problemi relativi al trasporto urbano si veda: J. M. Thomson, *Great Cities and their Traffic*, London, Victor Gonzalez 1977, ed anche J. R. Meyer & J. A. Gomez-Ibanez, *Autos, Transit, and Cities*, Cambridge, Harvard University Press MA 1981.

zione sarà rivolta all'analisi delle connessioni esistenti fra il traffico veicolare, la congestione stradale e l'uso della tariffazione come strumento per la soluzione dei problemi legati alla congestione urbana. Infine il terzo capitolo sarà dedicato all'analisi storica e teorica del *road-pricing*.

1. *I costi della congestione urbana*

Sebbene sia ormai uso comune richiamare il fenomeno della congestione come uno dei principali mali che affliggono le aree urbane, non sempre i danni causati dall'eccessivo carico della rete viaria urbana sono percepibili e facilmente quantificabili. Ciò che si tenterà di fare in questo paragrafo è discutere i principali impatti che il fenomeno della congestione produce sull'uomo e sull'ambiente e, successivamente, dare una misura di quelli che ne sono i costi monetari.

1.1 *Tempo*

In generale possiamo affermare che i costi della congestione dipendono dal fatto che ogni veicolo che si aggiunge al traffico stradale in un sistema chiuso, al quale è assimilabile il concetto di area urbana, riduce la velocità degli altri veicoli e, dunque, accresce il loro tempo di viaggio. Essenzialmente la «perdita di tempo» è l'impatto più diretto che gli utilizzatori della rete di trasporto percepiscono all'aumentare della congestione. Tale danno è solo in parte sopportato dall'utilizzatore marginale della rete viaria in quanto il «danno marginale», inflitto agli altri utenti è, solo in parte, internalizzato nella sua funzione di costo. In altre parole la congestione stradale è un tipico caso in cui si deve tentare di ridurre le esternalità negative prodotte da un ipotetico consumatore⁴.

Il modo usuale di calcolare il costo marginale di congestione

⁴ Si veda al riguardo D. M. Newberry, *Pricing and Congestion : Economics Principles Relevant to Pricing Roads*, in «Oxford Review of Economic Policy» Vol. 6, N°2, 1990.

di breve periodo di un extra-veicolo che si immette nel flusso stradale, considera la relazione fra velocità (v), espressa in chilometri orari (Km/h), e flusso (q), espresso in numero di veicoli o «veicoli equivalenti» (passenger car units, PCU), una misura della capacità di congestione di differenti veicoli in differenti assetti di guida⁵.

Se esprimiamo il costo chilometrico di un veicolo rappresentativo con la relazione:

$$[1] \quad c = a + b/v$$

dove a è una componente di costo fisso e b è il costo orario di un veicolo, comprensivo del costo opportunità del conducente e dei passeggeri, e v rappresenta la velocità media, allora il costo orario di un flusso q di veicoli è dato da: $C = cq$. Ora se un nuovo automezzo si aggiunge al flusso di traffico il costo sociale totale aumenta secondo la seguente relazione:

$$[2] \quad dC/dq = c + qdc/dq$$

Il primo termine è il costo privato sopportato dall'utente marginale, mentre il secondo termine rappresenta il costo marginale sostenuto dagli altri membri della collettività, o meglio l'esternalità prodotta dall'utente marginale.

Una volta stabilita la relazione velocità-flusso: $v = v(q)$, è possibile calcolare il costo sociale totale causato dalla congestione.

Un esempio di relazione velocità-flusso è rappresentato nella figura 1.1.

Il grafico mostra una relazione di tipo *backward-bending*; all'accrescersi del flusso di traffico al di sopra del livello q , la velocità è data da punti quali A e B. Una volta raggiunto il limite di capacità del sistema al punto C, il flusso passa ad una condizione di *stop-start* o di coda. Il punto critico è rappresentato dal probabile collo di bottiglia che si ha al punto D. Una volta supe-

⁵ Tale misura, per esempio, associa un più alto valore ad un automezzo pesante che transita su un tratto di strada ripido piuttosto che pianeggiante.

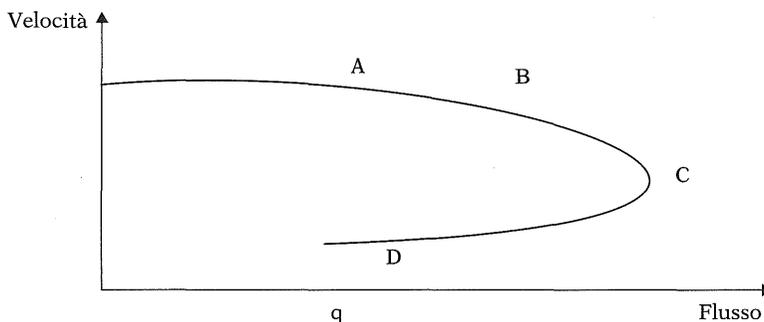


Fig. 1.1 Relazione Velocità-Flusso

rato questo punto la velocità cresce rapidamente per riportarsi di nuovo ad una situazione quale quella al punto A⁶.

Il problema principale da un punto di vista economico è che il nostro interesse non è tanto rivolto alla velocità che i veicoli hanno in ogni punto della rete viaria, quanto piuttosto, al tempo necessario per completare gli spostamenti desiderati una volta superato il collo di bottiglia; la nostra attenzione è dunque rivolta ai costi in termini di tempo perso causati da un eccesso di traffico⁷.

Una stima più attendibile della relazione media tra velocità e flusso è quella fatta dal «Road Research Laboratory» di Londra⁸, dove le stime sono ottenute attraverso l'uso di un automezzo

⁶ Si vedano D. M. Newbery, *Road User Charges and the Taxation of Transport*, in «FMI Working Paper» WP/87/5, Washington D.C., International Monetary Found 1987; F. L. Hall et al., *Empirical Analysis of Freeway Flow-Density Relationship*, in «Transportation Research» Vol. 20A, 1986.

⁷ L'interesse rivolto alla stima del rapporto velocità-flusso è funzionale al fatto che tale relazione è indispensabile per individuare i costi in termini di tempo indotti dalla congestione. Al riguardo si ricorda che i circa 135 milioni di automobili negli USA (una auto ogni 1,8 persone) quando si muovono pressochè contemporaneamente nelle ore di punta causano perdite di tempo collettive pari a 73 miliardi di dollari l'anno e, secondo il Dipartimento dei Trasporti di Washington, la perdita è destinata a quadruplicarsi entro la fine del secolo. Vedi: AA.VV., *Lenti e felici gli americani*, in «Quattroruote» Luglio 1993, pp. 190-91.

⁸ A questo proposito si veda: Department of Transport, *COBA 9*, London, Department of Transport 1987.

introdotto nel traffico stradale per un determinato periodo di tempo. La relazione stimata è la seguente:

$$[3] \quad v = a - gq$$

dove q misura il flusso in termini di PCU-orari. Il valore stimato di g è attorno a 0,035, ragionevolmente vicino ad altri valori ottenuti in studi analoghi⁹.

Questa relazione può essere utilizzata per ricavare i costi medi e marginali del traffico e, dunque, il costo marginale dei ritardi dovuti alla congestione, nel momento in cui si possa monetizzare il valore del tempo. Questo è sicuramente un problema complesso e di difficile soluzione in quanto i problemi da affrontare sono molteplici. In primo luogo ci si può domandare se il tempo perso, causa la congestione, durante l'attività lavorativa debba avere lo stesso valore di quello dedicato ad attività ricreative. In caso di risposta negativa si dovrebbero valutare diversamente i ritardi da congestione che si hanno nelle giornate festive rispetto a quelli nelle giornate lavorative. In secondo luogo si deve risolvere il problema di un valore rappresentativo del «costo del tempo». La soluzione di questi quesiti è alla base della valutazione del tempo all'interno delle stime del «costo di viaggio», utilizzato come metodo di valutazione di aree di valore turistico-ambientale¹⁰.

1.2 Consumi di carburante

Un secondo tipo di impatto causato da un aumento della congestione stradale è l'incremento dei consumi. Questo dipende da

⁹ Si vedano W. J. Harrison et al., *Some Advances in Model Design Developed for the Practical Assessment of Road-Pricing in Hong-Kong*, in «Transportation Research» Vol. 20A, 1986, pp. 135-44.

¹⁰ In questo contesto, ad esempio, il valore del tempo di viaggio, e dunque del tempo utilizzato per gli spostamenti, viene calcolato principalmente in tre modi: 1) attraverso una stima diretta del reddito degli individui, 2) utilizzando un terzo di tale reddito, 3) utilizzando una porzione del reddito calcolata di volta in volta a seconda delle situazioni. A questo proposito si veda: A. Markandya & D. W. Pearce, *Environmental Policy Benefits: Monetary Valuation*, Paris, OECD 1989.

una serie di fattori. I consumi sono correlati positivamente con la velocità raggiunta dal veicolo. Il tipico diagramma velocità-consumo assume una forma ad U in cui il punto di minimo corrisponde ad una velocità attorno ai 60-70 Km. orari¹¹. Ciò evidenzia che livelli elevati di consumo si possono avere sia a velocità alte che basse; è dunque facile intuire che i fenomeni di congestione, i quali tendono a ridurre le velocità medie di percorrenza, hanno un effetto negativo sui consumi. A questo si deve aggiungere che, la necessità di modificare il proprio ciclo di guida per la presenza di traffico, molto spesso impone all'automobilista un elevato numero di fermate, di fasi di accelerazione e decelerazione, che sono, indubbiamente, le più gravose in termini di consumi di carburante.

Sembra possibile incorporare parte di questi costi nell'analisi svolta precedentemente. Infatti, il parametro b (della [1]), rappresentativo del costo orario di un veicolo, internalizza i costi di utilizzo di un automezzo in funzione del tempo di viaggio e, dunque, considera ogni eventuale extra consumo dovuto a ritardi sui tempi medi di percorrenza provocati dalla presenza di congestione stradale. Ciò che appare più difficile è incorporare direttamente in questo parametro anche i costi connessi a particolari dinamiche di guida dovute alla presenza di un elevato flusso di traffico. L'analisi di questo tipo di problema richiede un approccio particolare, in quanto, ogni tipologia di guida dipende dal flusso di traffico, dal tipo di utente, ma anche dalle caratteristiche dell'arco percorso e dalla rete in generale¹². Un'analisi accurata di questo problema necessita di una modellizzazione a sè stante che può essere difficilmente racchiusa all'interno di un unico parametro¹³.

¹¹ Per una trattazione più articolata delle relazioni velocità consumo si veda: R. Jourard, *Caractérisation des émissions unitaires des véhicules légers*, in «Recherche Transports Sécurité» n° 32, Dicembre 1991.

¹² Il tipo di guida dipende, infatti, dal numero e tipologia degli incroci stradali, dal tipo di segnaletica, etc.

¹³ Si vedano al riguardo A. Matzoros & D. VanVilet, *A Model of Air Pollution from Road Traffic, Based on the Characteristics of Interrupted Flow and Junction Control; Part I- Model Description and Part II- Model Results*, in «Transportation Research» Vol. 26A, 1992.

1.3 Incidenti stradali

Il fenomeno della congestione non produce soltanto costi in termini di ritardi e di maggiori consumi. Un ulteriore tipo di costi dovuti ad un eccesso di traffico è rappresentato dagli incidenti stradali.

Questi, rispetto agli altri tipi di impatto, sono uno dei costi più significativi¹⁴. Tale tipo di esternalità si verifica nel momento in cui il veicolo marginale che si immette nel flusso della circolazione aumenta la probabilità che gli altri utilizzatori siano coinvolti in un incidente. Sebbene il numero di incidenti dipenda dalla distanza percorsa e non solo dal traffico, questi possono essere considerati veri e propri costi di congestione¹⁵.

Secondo alcune stime, i costi dovuti agli incidenti stradali, comprensivi dei danni alle cose e alle persone, sono pari alla somma dei costi dovuti alle altre esternalità¹⁶. Ciò è dovuto, principalmente, al fatto che i risultati dipendono in maniera determinante dal valore assegnato alla vita umana. Ad esempio se si utilizzano le stime sul valore della vita calcolate attraverso la «disponibilità a pagare» per ridurre il rischio di incidente, queste risultano essere sostanzialmente maggiori rispetto a quelle basate sulla perdita di redditi futuri dovuti alla morte dell'individuo. A questo proposito è opportuno sottolineare che, per quanto riguarda le aree urbane, l'incidenza dei costi legati agli incidenti stradali sul totale delle esternalità prodotte dalla congestione deve necessariamente essere riconsiderato. Infatti, se è vero che l'alto valore dei danni è legato alla valutazione della vita umana, è altresì vero che, in area urbana, a fronte di un elevato numero di incidenti, positivamente correlati al traffico, si ha un numero minore di morti e feriti a seguito delle basse velocità di marcia. Dunque, assumere che gli incidenti stradali sono l'esternalità più rilevante della congestione urbana (cosa che invece può essere

¹⁴ Si veda D. M. Newbery, *op. cit.*, 1990. Quanto affermato risulta ancora più vero se si considera l'ulteriore aumento di congestione, con relativa perdita di tempo, causata dal verificarsi dell'incidente stesso.

¹⁵ Per una posizione critica si veda: M. W. Jones-Lee, *The Value of Transport Safety*, in «Oxford Review of Economics Policy» Vol. 6, N° 2, 1990.

¹⁶ Si veda D.M. Newbery, *Road User Charges in Britain*, in «The Economic Journal» 98, 1988.

affermata per percorsi extraurbani) può essere, a nostro avviso, errato.

I costi sociali indotti da un incidente stradale possono essere classificati nel seguente modo:

- danni ai veicoli ed al luogo;
- spese dovute all'intervento della polizia ed ai servizi di emergenza;
- spese per l'assistenza medica degli infortunati;
- costi legali, assicurativi e funerari;
- pene e sofferenze delle vittime e dei parenti delle vittime coinvolte in un incidente (*pretium doloris*);
- perdite di produzione dovute ai casi di morte od inabilità al lavoro;
- valore della vita umana o *pretium vivendi* (dove sia possibile e si consideri socialmente accettabile individuarne uno).

Una stima del danno materiale è possibile attraverso valutazioni legate all'ammontare dei compensi assicurativi percepiti dal danneggiato ed integrate, dove possibile, con stime di danni non compensati. Un valore medio dei danni fisici subiti dalle vittime di un incidente si basa su stime delle perdite dirette: spese mediche, legali, assicurative e delle perdite indirette: perdita di redditi dovuta ad inabilità temporanee e permanenti, ammontare delle somme richieste dal tribunale per compensare pene e sofferenze subite dai danneggiati.

Le tecniche usate per assegnare un valore alla vita umana sono di tipo diretto quando legate alla valutazione di tutti i costi quantificabili connessi con l'incidente stradale: spese mediche, di pronto intervento, funerarie, legali ed assicurative. Vengono invece considerate valutazioni indirette il metodo del capitale umano¹⁷ e la stima del valore che gli individui assegnano alla propria vita fatta attraverso questionari volti ad individuare la disponibilità a pagare per ridurre il rischio di incidente¹⁸.

¹⁷ Per metodo del capitale umano si intende la valutazione delle perdite di produzione lorde e nette integrate con elementi di valore più soggettivo.

¹⁸ Si veda al riguardo E. Quinet, *The Social Cost of Land Transport*, Paris, OECD 1990. L'alto valore assunto dalle stime dei costi legati agli incidenti stradali dipende anche dal fatto che, in assenza di differenti valori di stima, si

Le critiche che si possono sollevare a queste metodologie di stima sono diverse; ad esempio, la stima del valore della vita umana fatta attraverso metodi indiretti, quali l'utilizzo dei prezzi ombra espressi dal sistema assicurativo, presenta dei rischi in quanto, tale approccio, risente di tutte le distorsioni del mercato che tendono a vanificare la possibilità di ottenere delle stime attendibili.

La possibilità di stimare, attraverso l'uso di questionari e di interviste, la «disponibilità a pagare» per ridurre il rischio di incidente, apre il problema dell'affidabilità di queste tecniche. Queste, infatti, risentono della presenza di numerose distorsioni dovute: alla difficoltà di costruire questionari «neutri» nei confronti dell'intervistato, all'insufficiente livello di informazione che gli utenti hanno sui rischi di incidente, alla difficoltà di formulare domande che non siano percepite come situazioni meramente ipotetiche ma reali, alla possibilità che vi siano dei comportamenti strategici o di *free-riding* da parte dell'intervistato¹⁹.

La letteratura individua quattro tipi di distorsione:

- Distorsioni di tipo strategico – *Strategic bias* – dovute alla tendenza dell'intervistato ad attuare un comportamento da *free-rider* nel momento in cui percepisce la possibilità di fornire risposte che porterebbero a scelte sociali che lui stesso non rispetterà;
- Distorsioni legate alla struttura dell'intervista stessa –*Design bias*– che comprendono: a) distorsioni iniziali –*Starting point bias*–, cioè l'intervistato è influenzato dalla prima offerta che l'intervistatore gli propone, b) distorsioni di mezzo –*Vehicle bias*–, la risposta dell'intervistato dipende dal mezzo di paga-

assume che il numero di incidenti cresca rispetto al flusso di traffico, alla potenza di 1,25 del flusso, ovvero se il volume di traffico raddoppia la probabilità di essere coinvolti in un incidente cresce del 19%. Il significato di queste assunzioni è che un quarto dei costi causati dalla maggiore incidentalità sono esternalità non considerate nelle funzioni di utilità individuali, questo anche se ogni individuo coinvolto sostiene l'intero costo nel danno che si trova a dover sopportare. Si veda D. M. Newberry, *op. cit.*, 1990.

¹⁹ Si vedano D. W. Pearce & R. K. Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Exeter, Harvester Wheatsheaf 1990.

mento attraverso il quale l'autorità amministrativa esigerà la somma offerta, c) distorsioni di informazione – *Informational bias* –, ovvero l'intervistato non dispone delle informazioni necessarie affinché la sua risposta possa realmente coincidere con la sua reale disponibilità a pagare per un determinato bene;

- Distorsioni ipotetiche – *Hypothetical bias* –, connesse alla possibilità che le offerte espresse in un mercato ipotetico, quale quello dell'intervista, non siano percepite come situazioni reali per cui vengono trattate con superficialità da parte degli intervistati;
- Distorsioni operative – *Operational bias* – legate al rischio che le condizioni dei mercati ipotetici siano di fatto non consistenti con quelle dei mercati reali per cui i primi non possono fornirci informazioni utili sulla reale struttura delle preferenze individuali²⁰

Sicuramente queste metodologie possono essere perfezionate e sviluppate in maniera consistente ma, al momento, il loro utilizzo nel campo della stima dei danni causati dagli incidenti stradali appare limitato.

Un'ulteriore considerazione va fatta sulla possibilità di quantificare la correlazione esistente fra congestione ed aumento di incidenti stradali. A questo riguardo la letteratura non è concorde; alcuni autori addirittura affermano che il tasso di incidenza, ovvero, il rischio di incidente per Km. percorso, è indipendente dal flusso del traffico e, dunque, le esternalità dovute ad incidenti imputabili alla congestione potrebbero essere considerate nulle²¹. Si deve inoltre sottolineare che questo tipo di analisi risente molto delle caratteristiche dei dati utilizzati; infatti, i risultati possono essere diversi da area ad area. Ciò evidenzia la necessità di verificare, quando si intraprende un'analisi dei costi causati dalla congestione in una determinata area, l'effettiva con-

²⁰ Per una più ampia trattazione si vedano D. W. Pearce & R. K. Turner, *op. cit.*, 1990 ed anche R. C. Bishop, *The Contingent Valuation Method*, in R. L. Johnson & G. V. Johnson, (eds.), *Economic Valuation of Natural Resources: Issues, Theory and Applications*, Boulder, Westview Press 1990.

²¹ Si veda M. W. Jones-Lee, *op. cit.*, 1990.

sistenza di tali impatti prima di iniziare un qualunque tentativo di stima del loro ammontare²².

È importante sottolineare che i valori appaiono piuttosto stabili nel tempo, a fronte di una diminuzione del numero di incidenti. Questo sembra dovuto all'aumento del loro costo medio a seguito di un incremento del reddito pro capite e, probabilmente, ad una diversa percezione del valore della vita²³.

1.4 *Inquinamento da emissioni gassose*

Un'ultima categoria di impatti legati al fenomeno della congestione è quella connessa all'ambiente ed in particolare all'inquinamento dovuto alle emissioni gassose e al rumore. Nel tempo le varie categorie di impatto legate al fenomeno della congestione hanno assunto importanza diversa e, attualmente, l'inquinamento dell'aria e l'inquinamento acustico sono due dei fenomeni più studiati e dibattuti. Ciò è probabilmente dovuto alla dimensione che questi fenomeni hanno assunto all'interno delle aree urbane, ma anche ad una diversa percezione e valutazione da parte della collettività, degli impatti legati all'ambiente ed alla qualità delle aree in cui viviamo.

L'inquinamento atmosferico, causato dal trasporto su strada, è principalmente dovuto ai gas di scarico della combustione del carburante nei motori degli autoveicoli, all'evaporazione del carburante ed al rilascio di altre sostanze volatili contenute nei veicoli, immagazzinate nei depositi o nelle stazioni di rifornimento. A queste fonti primarie si deve aggiungere il rischio, difficilmente quantificabile, del rilascio nell'ambiente di sostanze pericolose a seguito di incidenti stradali.

Per quanto riguarda le fonti fisse, le stime sono relativamente attendibili²⁴ mentre ben più complessa ed incerta è la stima delle

²² Un tentativo di raccogliere i risultati di diverse stime dei costi dovuti agli incidenti stradali, come frazione del PIL, è stato fatto da E. Quinet ed è riassunto nella tabella 1. Come si può osservare la stima dei danni, fatta per diversi paesi, oscilla fra l'1,5% ed il 2,5% del PIL, valori non trascurabili. Si veda E. Quinet, *op. cit.*, 1990.

²³ Si veda al riguardo E. Quinet, *op. cit.*, 1990.

²⁴ Per l'Italia si veda la, Ministero dell'Ambiente, *Relazione sullo stato dell'ambiente 1992*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato 1992.

TAB. 1. *Costi sociali dovuti agli incidenti stradali espressi come percentuale del PIL*

Paese	Costo sociale (% del PIL)	Anno
Germania	2,4	1977
	2,54	1982
Olanda	1,67	1987
Inghilterra	1,5	1986
Lussemburgo	1,85	1978
Francia	2,4	1978
	2,6	1985
Belgio	2,5	1983
USA	2,0-2,4	1975

Fonte E. Quinet, 1990.

emissioni di inquinanti da traffico veicolare²⁵. Infatti, queste emissioni dipendono dal tipo di benzina usata, dalla cilindrata del veicolo, dal tipo di percorso²⁶, dalla velocità di guida ed, infine, dall'età e dallo stato di manutenzione dei veicoli.

Gli impatti dell'inquinamento sono molteplici. In primo luogo vi sono degli effetti sulla salute; infatti, l'accumolo di inquinanti nell'aria può creare seri problemi al sistema respiratorio. Di notevole importanza sono anche i costi derivanti dal deterioramento degli edifici in seguito all'erosione degli agenti inquinanti e quelli legati alla loro perdita di valore dovuta alla vicinanza a fonti di emissione. Infine, ci sono le perdite di produttività umana legate al dover lavorare in condizioni di maggiore stress: un ambiente inquinato e rumoroso aumenta i tempi di recupero e diminuisce l'efficienza individuale²⁷.

La stima dei costi legati all'inquinamento non è facile, soprattutto perché non esistono degli indicatori in grado di individuare

²⁵ Le sostanze per le quali ancora non si dispone di stime attendibili sono: biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti organici volatili, particelle sospese, idrocarburi e piombo.

²⁶ Si consideri la differenza sostanziale tra le emissioni nei percorsi di tipo urbano, extra-urbano ed autostradale.

²⁷ Per una rassegna di tali effetti si veda: OECD, *Transport and the Environment*, Paris, OECD 1988.

con esattezza il prezzo ombra di questi impatti. Il più delle volte si è costretti a ricorrere a metodi indiretti che forniscono solo una approssimazione dei valori reali. A questo riguardo si deve dire che la maggior parte delle stime dei danni dell'inquinamento sono basate sulla spesa necessaria a ridurli. Tali costi consistono, per la maggior parte, nei costi che le imprese produttrici di automezzi, od i settori di raffinazione dei carburanti, devono sostenere per adeguarsi alle normative antinquinamento.

Una stima dell'ammontare di tali costi in rapporto al PIL è riportata nella tabella 2.

Tab. 2. *Costi dell'inquinamento dell'aria dovuti al settore dei trasporti*

Paese	% del PIL	Note
Olanda	0,15-0,2	costo del danno
Germania	0,4	costo del danno
EEC	0,5	costo di abbattimento
Finlandia	0,45-1,4	costo di abbattimento
USA (1981)	0,3	
Francia (1977)	0,21	

Fonte E. Quinet, 1990.

Sebbene vi sia una certa dispersione dei dati, probabilmente dovuta a differenze regionali e/o ai metodi di stima, un valore medio si colloca fra lo 0,3 e lo 0,4% del PIL. Valore notevolmente inferiore a quello ottenuto per i costi legati agli incidenti stradali²⁸.

1.5 *Inquinamento da rumore*

Considerazioni simili a quelle per gli impatti legati all'inquinamento dell'aria possono essere fatte per i costi legati al ru-

²⁸ Ancora una volta è opportuno ricordare che queste stime non considerano le differenze esistenti fra l'intensità degli impatti urbani e quelli extraurbani, ma forniscono piuttosto un ordine di grandezza puramente indicativo del valore assunto dalle esternalità legate all'attività di trasporto.

more. Questo problema assume particolare rilevanza nelle aree urbane sia per il numero di persone esposte sia perché l'inquinamento da rumore è un fenomeno tipicamente locale non soggetto a particolari effetti di trasporto come, ad esempio, accade per l'inquinamento da emissioni gassose. Si deve, comunque, sottolineare che, nonostante quanto detto, il rumore sembra ricevere minor attenzione rispetto all'inquinamento dell'aria, sia da parte dei cittadini che da parte delle amministrazioni pubbliche. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che la percezione del rumore, da parte dell'organismo umano, tende a decrescere quando le esposizioni sono numerose e continue, anche se ciò non diminuisce in alcun modo l'entità del danno subito dall'individuo.

In Italia il problema del rumore investe ormai quasi tutte le aree urbane grandi e piccole, con livelli di rumore, per il traffico veicolare, stimati in 65-70 dB (decibel) di notte e 70-75 dB di giorno, a fronte di limiti stabiliti per le aree residenziali in 40-50 dB e 50-60 dB rispettivamente²⁹.

Come nel caso dei costi da inquinamento dell'aria, il rumore provoca una diminuzione di benessere in quanto una continua esposizione ad esso genera:

- perdite di produttività dovute alla difficoltà di concentrarsi, di comunicare o, semplicemente, alla stanchezza indotta da un riposo insufficiente;
- costi legati alle cure sanitarie necessarie a prevenire o curare disturbi fisici causati dal rumore (sordità, stress, insonnia);
- costi legati ad una generale perdita di benessere individuale in quanto il silenzio è generalmente preferito al rumore ;
- perdite di valore degli immobili situati in aree ad elevata rumorosità quali ad esempio, aeroporti, stazioni ferroviarie, zone industriali, autostrade, sopraelevate, ecc.³⁰.

²⁹ Si veda al riguardo, Ministero dell'Ambiente, *op.cit.*, 1992. È opportuno ricordare che i decibel sono espressi in scala logaritmica e, quindi, in termini fisici, ad un aumento di 3 dB si ha un corrispondente raddoppio dell'intensità del rumore. Si veda J. P. Barde & K. Button, (eds.), *Transport Policy and the Environment*, London, Earthscan Publ. 1990.

³⁰ Per una trattazione dettagliata si veda OECD, *Transport and the Environment*, Paris, OECD 1988.

Anche in questo caso i costi di abbattimento vengono spesso assunti come metro di misura per stimare il valore monetario dei danni da rumore. Le spese in provvedimenti di protezione possono essere così classificate: spese per l'abbattimento alla fonte, con particolare riguardo alle caratteristiche tecniche dei veicoli ed alla loro capacità di limitare le emissioni rumorose in fase di esercizio; spese sociali, quali quelle indirizzate alla costruzione di barriere anti rumore lungo la strada o tunnel; infine, spese private quali doppi vetri, doppie finestre, isolanti, ecc.

Non è semplice quantificare il valore del danno perchè è assai difficile, ad esempio, stimare la perdita di produttività individuale o l'ammontare di spese sanitarie attribuibili all'inquinamento acustico. Una misura della disponibilità a pagare per eliminare o ridurre il rumore è deducibile dalla variazione nel valore degli immobili esposti ad intense fonti di rumore. Questa stima risulta veritiera solo se si suppone una perfetta razionalità ed informazione; in questo caso la perdita di valore degli immobili, o la spesa in misure di abbattimento, dovrebbe uguagliare la somma delle spese sanitarie e della perdita di produttività e di benessere indotta dall'inquinamento. Ciò è, ovviamente, lontano dalla realtà per cui queste tecniche devono essere considerate come delle semplici approssimazioni dei valori reali.

La tabella 3 mostra una stima del costo sociale dovuto al rumore da traffico.

Il valore medio si colloca attorno allo 0,1% del PIL.

Come già detto, questi valori sono del tutto indicativi, in quanto non solo risentono dei problemi di stima ma possono incorporare effetti esogeni al settore dei trasporti. Utilizzare direttamente questi dati per una valutazione dei danni causati dalla congestione in area urbana può condurre a stime fuorvianti. Ciò che, invece, è interessante osservare sono gli ordini di grandezza in quanto forniscono la dimensione dei costi indotti dalla congestione ed inducono ad approfondire lo studio del fenomeno ed a rafforzare i tentativi rivolti ad una sua eliminazione.

TAB. 3. *Stime del costo sociale del rumore da traffico (1983)*

Paese	% del PIL
USA 1981	0,06-0,12
USA 1975	0,06
Francia 1976	0,20
Francia 1986	0,08
Olanda	0,10
Norvegia	0,06
Germania	1,00
Finlandia	0,30

Fonte E. Quinet 1990.

2. *Traffico e congestione*

2.1 *Tipi di intervento a lungo, medio e breve periodo*

È opportuno, ai fini della chiarezza analitica dell'indagine, distinguere i tipi di intervento proponibili in base all'orizzonte temporale in cui sono realizzabili, ovvero: lungo, medio e breve periodo.

Breve periodo

Nel breve periodo sarà opportuno puntare sul recupero globale di efficienza del sistema, ottenibile tramite un uso ottimale delle risorse esistenti (servizi di trasporto, strade, spazio urbano). Questo significa garantire una migliore gestione del *land-use* e dei servizi di trasporto nonché una più attenta pianificazione della circolazione³¹.

³¹ I tipi di intervento che una pianificazione di breve periodo potrebbe attuare riguardano: caratterizzazione funzionale delle strade; itinerari preferenziali per trasporti pubblici di superficie; soste; parchimetri e parcheggi; isole pedonali organizzate ed opportunamente localizzate; riassetto globale della segnaletica; barriere fisiche per evitare l'occupazione dei marciapiedi.

Medio Periodo

Nel medio periodo occorre prima di tutto affrontare la questione della sosta, con un'ubicazione di parcheggi attuata avendo come obiettivo la riduzione dell'ingombro delle sedi stradali ed il potenziamento del trasporto pubblico. La disponibilità di spazi di sosta regolamentati permetterà, conseguentemente, di intervenire con severità sulla sosta illegale che è una delle cause primarie di congestione.

A supporto di questo tipo di interventi si dovrà effettuare un uso intensivo della tecnologia tramite l'impiego di sistemi integrati di controllo e gestione del traffico. Tra gli interventi da porre in essere si ricordano:

- regolazione semaforica a livello di rete;
- monitoraggio del traffico ed informazione in tempo reale all'utente;
- campagna di educazione per gli utenti.

Lungo periodo

Nel lungo periodo l'impatto sui trasporti deve costituire un elemento della progettazione e della pianificazione urbanistica. Le localizzazioni di nuovi insediamenti, verificate da questo punto di vista, saranno definite e fatte rispettare stabilendo standard relativamente ai servizi di trasporto, ai posti auto, nonché alle caratteristiche delle nuove strade. Occorre favorire il decentramento e la ri-localizzazione delle funzioni urbane promuovendo l'uso della telematica e dell'innovazione, in generale, favorendo la realizzazione della città metropolitana³². La pianifica-

³² «La vasta letteratura esistente su questi temi ha per lo più indicato le città metropolitane o come spazi locali e subregionali dotati di propri caratteri funzionali ed ambientali, che richiedono forme specifiche di intervento e di gestione, o come articolazioni di un tessuto connettivo in grado di assicurare l'integrazione delle varie parti del territorio nazionale e i collegamenti di questo con il livello internazionale.» Vedi: Unione degli Industriali di Roma e Provincia, *Verso la città metropolitana. Un contributo al nuovo progetto di Roma*, Roma, Giugno 1991.

zione dei trasporti non potrà, realisticamente, essere disgiunta dalla pianificazione urbanistica.

Si deve, inoltre, affrontare e risolvere il problema infrastrutturale, ovvero lo squilibrio tra domanda ed offerta di trasporto sia pubblico che privato. Gli interventi da effettuare sono:

- ristrutturazione del sistema ferroviario;
- costruzione di metropolitane e metropolitane leggere sui principali corridoi urbani;
- ridefinizione della rete di autobus con funzione complementare a quella delle ferrovie e delle metropolitane;
- costruzione di infrastrutture per il trasporto privato: tangenziali e grandi assi di penetrazione.

Bisogna, infine, chiedersi con che probabilità si porterà a termine un insieme così articolato di interventi. L'interrogativo va esplorato sul piano delle possibilità tecnologiche, finanziarie, organizzative e politiche. Dal punto di vista tecnologico il *gap* tra la disponibilità e ciò che è stato fino ad ora realizzato è tale da assicurare ampi margini di intervento in questo campo. Sotto l'aspetto finanziario si dovranno operare delle scelte di lungo periodo e valutare la rilevanza sociale di questo particolare tipo di investimenti avendo cura di non modificare gli obiettivi in corso d'opera. Sul piano organizzativo sarà indispensabile sviluppare la conoscenza e l'analisi dei fenomeni tramite l'impiego dell'ampio patrimonio di metodi disponibili per approfondire i problemi su base scientifica ed individuarne soluzioni razionali.

2.2 Perché tariffare

Descritti i vari tipi di intervento e stimati i costi che la società nel suo complesso dovrà sostenere, si deve passare alla descrizione dei metodi per cercare di risolvere il problema. Indubbiamente, il *road-pricing*, ovvero la tariffazione per l'utilizzo di una risorsa scarsa, in questo caso quella di strade, è uno dei più diretti ed efficaci metodi per affrontare il problema della congestione, almeno nel breve-medio periodo.

È importante chiarire subito che il *road-pricing* deve sempre,

sia da un punto di vista teorico che pratico, essere tenuto distinto da altre forme di tassazione o tariffazione per il normale utilizzo delle strade il cui scopo è quello di imputare all'utente il costo per il semplice utilizzo dell'infrastruttura³³. Con il *road-pricing* si intende, invece, tariffare per l'utilizzo di una risorsa che, magari solo temporaneamente, è divenuta scarsa. In altre parole, scopo del *road-pricing* non è tanto, ad esempio, tassare di più i camion perché il loro passaggio comporta una maggiore usura del manto stradale, quanto piuttosto tariffare quei veicoli che intendono attraversare un'area passando per una strada o ponte in cui si sia già raggiunto un certo livello di congestione.

Con la crescita continua del traffico urbano e con l'associata crescita della congestione, con il degrado ambientale ed il conseguente abbassamento del livello della qualità della vita, i responsabili della gestione del traffico dovranno prendere in considerazione metodi radicali per affrontare e risolvere questo problema.

La congestione del traffico nelle aree urbane presenta alcuni aspetti particolari da un punto di vista dell'economia del benessere. Alla base del fenomeno c'è la mancanza di un mercato per un bene ormai scarso: lo spazio stradale. Si ha congestione, ovvero inefficienza, quando una quota di utenti marginali impone al resto degli automobilisti che esprimono domanda costi superiori ai benefici che essi traggono dall'effettuare il viaggio. Come è già stato descritto nei paragrafi precedenti, il singolo utente non percepisce i costi che genera agli altri e, quindi, continua ad effettuare il viaggio nell'area congestionata a meno che il danno sociale da lui provocato non gli venga fatto percepire attraverso un segnale preciso: una tariffa³⁴.

Il bene mobilità, in effetti fino ad alcuni anni fa assimilabile ad un bene pubblico il cui consumo poteva essere effettuato con-

³³ Sostanzialmente le forme di tassazione dalle quali va tenuto distinto il *road pricing* sono tutte quelle pensate e realizzate per imputare all'utente parte della quota di costruzione, manutenzione e ripristino dell'infrastruttura.

³⁴ Chiaramente, si sta supponendo che l'intervento vada effettuato nell'ipotesi di «infrastrutture disponibili costanti» ovvero, senza un aumento dell'offerta. Quest'ipotesi sembra tutt'altro che irrealistica nel panorama politico-economico della finanza pubblica italiana. Oltre al summenzionato vincolo economico sussistono, in molte realtà urbane, vincoli di tipo tecnico-urbanistico ed anche paesaggistico.

giuntamente da tutti i potenziali utenti senza che si generassero delle perdite nette di efficienza per la società nel suo complesso, è ormai diventato scarso.

2.3 *Che cosa tariffare*

Dato per assodato che è ormai indispensabile trovare soluzioni che siano non solo efficienti ma anche efficaci per recuperare gli indispensabili fondi necessari al miglioramento della situazione del traffico e della viabilità urbana, bisogna individuare tra i possibili tipi di tariffazione della circolazione veicolare urbana³⁵ quelli che meglio si prestano al perseguimento degli obiettivi che intendiamo perseguire. La logica che dovrebbe sostenere l'operazione rimane chiaramente quella di un travaso di utenza dal sistema di trasporto individuale a quello collettivo.

Con riferimento ad una determinata zona urbana si possono proporre i seguenti tipi di tariffa:

1. *accesso*: ovvero il pagamento di una tariffa in concomitanza con il semplice ingresso in una determinata zona;

2. *sosta*: il pagamento della tariffa è commisurato alla durata della sosta;

3. *permanenza*: la tariffa viene decisa sulla base della permanenza di un veicolo in una data zona indipendentemente dall'uso che viene fatto dello spazio disponibile, ovvero, indipendentemente dalla sosta o dallo spostamento;

4. *movimento*: il pedaggio è misurato sulla base del chilometraggio percorso all'interno della zona in questione;

5. *circolazione*: è il frutto dell'associazione del concetto di sosta a quello di movimento, vale a dire la tariffa è determinata

³⁵ Come è noto gli interventi di tipo *command and control*, non hanno né un effetto di incentivo né sono fonte di reddito per le casse della Pubblica Amministrazione. In questo caso per interventi di tipo *command and control* si intendono tutte quelle forme di restrizione, spesso imposte a livello locale sulla base di specifiche esigenze, tanto della circolazione quanto della sosta, che vengono attuate, ad esempio, emettendo solo un limitato numero di permessi di accesso per il centro storico e/o realizzando un controllo dei varchi.

dalla ponderazione della durata della sosta con il chilometraggio percorso;

6. *integrale*: quest'ultimo tipo di tariffa, comprende in sé tanto il concetto di circolazione quanto quello di accesso, analogamente a quanto avviene per il servizio di trasporto pubblico individuale³⁶.

I diversi tipi di tariffazione qui proposti si differenziano per il tipo di logica che sottende la loro implementazione, cioè per il concetto di mobilità cui si intende fare riferimento.

Seppure i diversi tipi di tariffazione presuppongano l'utilizzo di tecnologie specifiche differenti fra loro, in questo lavoro è interessante analizzare non tanto l'aspetto tecnologico quanto quello di politica dei trasporti. Sarà pertanto opportuno semplificare l'analisi dei differenti tipi di tariffazione raggruppandoli in due macro-aggregati:

1. sosta;
2. movimento³⁷

Indubbiamente, l'onere della sosta risulta il tipo di tariffa che più direttamente permette di garantire il rispetto dello scopo per il quale l'infrastruttura è stata creata, ovvero il libero movimento della popolazione e non il deposito di veicoli che, palesemente, costituisce una funzione accessoria³⁸.

2.4 Come tariffare

Definito l'obiettivo che si vuole raggiungere con la tariffazione, si deve decidere come tariffare. È indispensabile che

³⁶ Si veda al riguardo L. Quaglia, *La logica di piano*, relazione presentata alla 46esima Conferenza del Traffico e della Circolazione di Stresa, in *Atti del convegno Mobilità anni '90 - Informazione Comunicazione Comportamenti*, Stresa, 7-8 Ottobre 1992, p. 101.

³⁷ Si veda L. Quaglia, *op. cit.*, 1992, pp. 100-102.

³⁸ Il principale ostacolo alla fluidità della mobilità urbana è rappresentato proprio dalla sosta dei veicoli, non effettuata in modo regolare sulle strade. È chiaro, quindi, che la tariffazione deve colpire prima di tutto l'aspetto statico della circolazione privata. Si veda L. Quaglia, *op. cit.*, 1992, p. 102.

l'azione coinvolga ampie zone dell'area urbana comprendenti quelle che sono particolarmente congestionate o dove maggiori risultano le esigenze di recupero ambientale urbano, senza consentire la creazione di sacche d'utenza privilegiata³⁹. Lo svantaggio di applicare la tariffazione su zone di ridotte dimensioni, anche se diffuse nella realtà urbana, consiste nel semplice trasferimento di congestione da una zona all'altra della città⁴⁰. Alla puntualità e all'ampiezza spaziale della manovra si dovrebbe associare una differenziazione delle tariffe sulla base dei livelli di congestione effettiva che probabilmente dovranno tenere conto dell'andamento della domanda di mobilità durante le ore della giornata ed anche dei differenti tipi di utenza⁴¹.

3. *Road-Pricing*

3.1 *Sviluppo storico del concetto di tariffazione*

Fin dalle prime fasi dello sviluppo della motorizzazione di massa si è posto il problema, data la mancanza di un mercato delle risorse viarie, della stima dei benefici ottenuti dall'effettuazione di uno spostamento dell'utente marginale e della riduzione dei benefici imposta agli altri utenti.

Un'esposizione divenuta classica è quella di Pigou proposta già nel 1920⁴². Questa si incentra sul problema della scelta tra una strada stretta e veloce ed un'altra meno scorrevole ma con una capacità maggiore. Il Pigou dimostra che se gli utenti sono liberi di scegliere, utilizzeranno la strada stretta e veloce fino al

³⁹ Si veda al riguardo gli *Atti del 48° Conferenza del Traffico e della Circolazione*, Stresa 7-9 Ottobre 1992, in particolare la sezione relativa al *Road and Park Pricing: politiche moderne per le aree urbane*, pp. 93-111.

⁴⁰ A questo proposito è importante ricordare che si dovrà garantire la totale assenza di sacche di immunità che delegittimano l'azione stessa agli occhi dei più.

⁴¹ I problemi connessi alla tariffazione sono molti e di varia natura, ma bisogna ricordare che lo scopo di questo lavoro non è quello di affrontare tutti i problemi connessi alla tariffazione del traffico urbano, bensì offrire uno spunto per riflettere criticamente sugli aspetti che hanno un'impatto maggiore e di più breve periodo sul livello della qualità della vita dei cittadini.

⁴² Si veda A. C. Pigou, *Wealth and Welfare*, London, Mac Millan 1924.

momento in cui l'incremento della congestione impone un aumento dei costi di percorrenza tale da rendere attraente la strada meno veloce ma senza limitazioni di capacità. Tuttavia è ovvio che il benessere sociale deve crescere se alcuni utenti vengono indotti a desistere dall'effettuare lo spostamento lungo la via veloce e stretta, la condizione di ottimo paretiano, infatti, verrà rispettata in quanto coloro che decideranno di utilizzare la seconda strada non sceglieranno una situazione relativamente peggiore, mentre coloro che continuano ad utilizzarla potranno godere di una riduzione della congestione e pertanto di un aumento della velocità di percorrenza.

Nel 1964 quando lo Smeed Committee pubblicò il suo rapporto utilizzò il classico schema interpretativo di domanda e offerta⁴³. Si dimostrò come gli utenti della strada, in condizioni di congestione, godono di fatto di una forma di sussidio da parte della comunità pagando un prezzo più basso di quanto effettivamente costano le risorse che utilizzano. Si può, specularmente, affermare che gli utenti del trasporto pubblico sono tassati poiché pagano un prezzo troppo alto per le risorse impiegate. Per ottenere un razionale e, quindi, efficiente uso delle risorse si dovrà imporre una tariffa sulla domanda di mobilità su mezzo privato per compensare il sussidio ottenuto dalla società; allo stesso tempo il denaro così raccolto potrà essere usato per ricompensare gli utenti del trasporto pubblico della tassa implicita che hanno dovuto pagare. Il risultato finale sarà ottenere una parità di costo percepito tra tutti coloro che esprimono domanda di mobilità raggiungendo il massimo beneficio sociale netto⁴⁴.

Un'ulteriore argomentazione a favore della tariffazione delle strade urbane viene dall'analisi dei costi ambientali indotti dal traffico privato e dei costi causati dagli incidenti.

L'inquinamento atmosferico da traffico ha molte caratteristiche simili ai costi indotti dalla congestione ed ha anche una prossimità geografica nella sua manifestazione con i fenomeni di congestione. Solitamente si cerca di incidere sui costi di tipo

⁴³ Si veda R. J. Smeed, *Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities*, London, HMSO 1964.

⁴⁴ Si veda M.J.H. Mogridge, *Travel in Towns: Jam Yesterday, Jam Today, and Jam Tomorrow*, London, Mac Millan 1990.

ambientale attraverso leggi che fissano gli standard di emissione e di tassazione differenziale dei vari tipi di carburante in base alla loro capacità inquinante⁴⁵. Supposto che questi costi siano correttamente riflessi nelle tasse sui carburanti e nelle imposizioni sui costruttori per rispettare le norme sulle emissioni, si può affermare che i costi di tipo ambientale sono, almeno in parte, internalizzati. Tuttavia, in situazioni di grave congestione le elevate quantità di inquinanti immessi nell'atmosfera non sono più, nemmeno lontanamente, riflesse nelle tasse sui carburanti. La corrispondenza tra inquinamento e tassazione, di fatto, è di tipo indiretto. Infatti, più sono i veicoli in marcia più aumentano le immissioni in atmosfera di inquinanti, più è bassa la velocità commerciale più aumentano le emissioni di idrocarburi e di monossido di carbonio, sia nello stato di marcia che di stazionamento, dunque, anche se in maniera indiretta, più aumenta il consumo di carburante più cresce il prelievo fiscale.

La quantificazione di questo tipo di costi potrebbe essere incorporata in una più ampia strategia di tariffazione stradale. È tuttavia necessario ricordare che fattori indipendenti dal traffico veicolare e dalla congestione, come le condizioni del terreno e quelle atmosferiche, costituiscono fattori importanti nel determinare il risultato finale in termini di inquinamento atmosferico.

Allo stesso modo, anche l'inquinamento acustico aumenta con l'accrescersi dell'intensità della congestione provocando un incremento del numero di fermate-partenze e di accelerazioni-decelerazioni. Se si potesse determinare una relazione tra flusso, velocità e rumore, i costi dell'inquinamento acustico potrebbero essere internalizzati in una tariffa d'utilizzo, anche se l'ipotesi sembra difficilmente realizzabile in quanto l'effetto finale dipende anche da fattori non legati al traffico quali: tipo di manto stradale, localizzazione della popolazione, presenza di barriere antirumore, tipo di pneumatico utilizzato, etc.

Anche i costi dovuti agli incidenti potrebbero, in linea di prin-

⁴⁵ Tralasciando gli effetti distributivi dei due diversi tipi di intervento è, comunque, necessario precisare che gli oneri imposti ai membri della società, seppure non dettati dall'obiettivo diretto di ridurre la domanda di mobilità per motivi di ingombro delle strade, tuttavia, lo perseguono indirettamente attraverso la riduzione delle emissioni inquinanti.

cipio essere inseriti in una tariffa d'utilizzo. Infatti, dato che uno dei principali fattori che influenzano la possibilità di un incidente è la distanza di sicurezza tra due veicoli, i costi derivanti dagli incidenti potrebbero essere trattati come quelli dovuti alla congestione⁴⁶. Purtroppo, questa relazione non è univocamente determinata in quanto, in condizioni di flusso basso la probabilità d'incidente è elevata a causa delle alte velocità, ma è altresì alta la probabilità di incidente in condizioni di flusso elevato a causa della riduzione della distanza di sicurezza, anche se la pericolosità degli incidenti in questo caso è inferiore.

3.2 Aspetti teorici della tariffazione

Il caso più semplice e più noto di flusso di traffico è il cosiddetto «flusso ininterrotto» che si verifica sugli archi di autostrada in cui non siano presenti «punti di conflitto» come ad esempio le corsie di accelerazione e decelerazione per l'immissione e l'uscita dall'autostrada⁴⁷.

Il caso teorico classico di tariffazione per l'uso delle infrastrutture viarie è basato sulla teoria della congestione relativa alla relazione tra velocità e flusso. Se viene considerato un solo arco, a bassi livelli di domanda di spostamento sono raggiungibili alte velocità commerciali senza alcuna riduzione dei flussi teorici ottenibili sull'arco stesso. Tuttavia, con l'aumento del numero di veicoli che utilizzano l'arco nell'unità di tempo, la velocità media di percorrenza inizia a decrescere; per poter mantenere una distanza di sicurezza sufficiente tra i veicoli, quest'ultimi devono ridurre la loro velocità. Con l'accrescersi progressivo della domanda di mobilità questo effetto diventa sempre più pronunciato fino a pervenire al punto in cui la domanda raggiunge la capacità massima dell'arco e si verifica una drastica riduzione della velocità. L'effetto qui descritto è rappresentabile

⁴⁶ Si veda D. M. Newbery, *Road Damage Externalities and Road User Charges*, in «Econometrica» Vol. 2, N° 56, pp. 295-316.

⁴⁷ Si veda Institute of Transportation Engineers, *Transportation and Traffic Engineering Handbook*, 2.nd ed., Engelwood Cliffs NJ, Prentice Hall 1992, p. 476.

attraverso una relazione simile a quella riportata nella figura 1 del primo capitolo.

Lo stesso fenomeno può venir considerato in termini di una relazione tempo/flusso come rappresentato nella figura. 3.1.

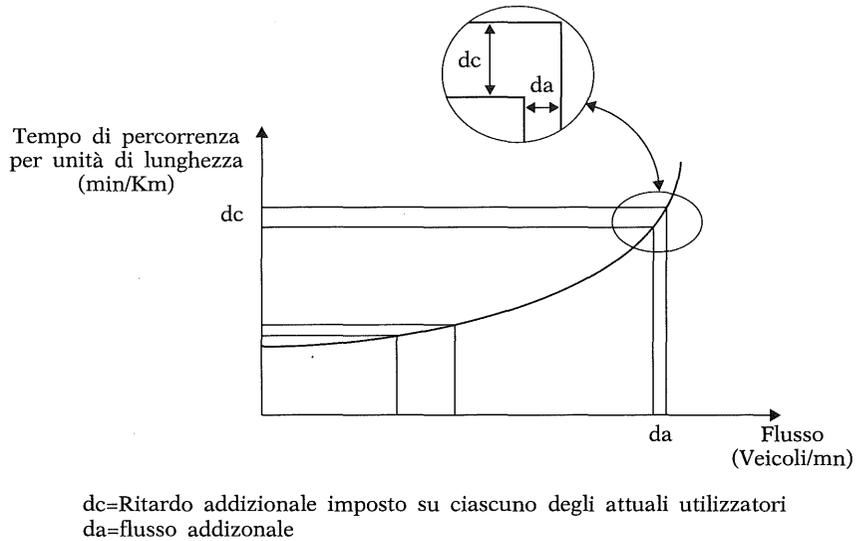


Fig. 3.1

Il diagramma mostra chiaramente l'effetto dell'aggiunta di un veicolo sul tempo totale impiegato per percorrere l'arco in questione a diversi livelli di domanda. A livelli elevati l'utente aggiuntivo genera un ritardo per tutti gli altri che è di gran lunga superiore a quello che si verifica con un livello di domanda più basso.

Il principio base per la tariffazione dell'uso delle infrastrutture viarie poggia sulla considerazione che l'utente marginale, per agire razionalmente, deve percepire tutto il costo che sta imponendo alla società. La scelta circa l'effettuazione o meno del viaggio, circa il tempo od il mezzo da utilizzare, si deve basare sulla corretta percezione dei costi «sociali» che l'azione comporta. La situazione può essere rappresentata come segue.

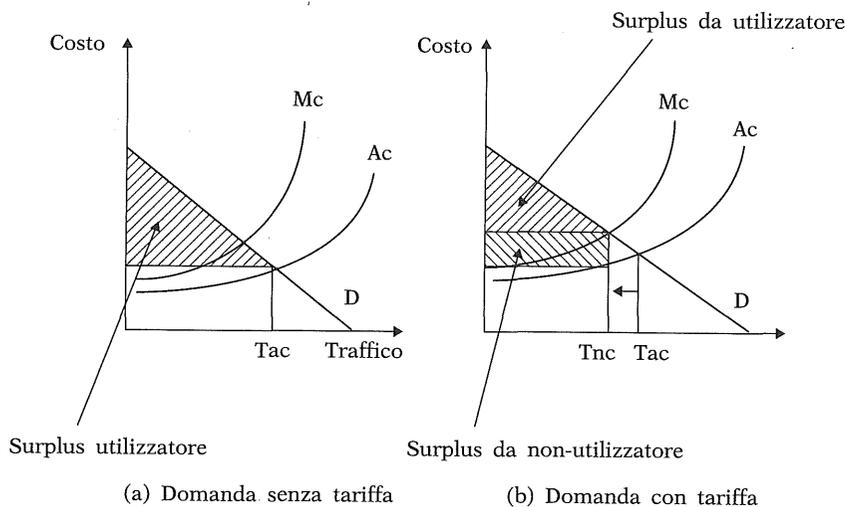


Fig. 3.2

La curva di costo marginale (Mc) mostra come al crescere della domanda di mobilità, gli spostamenti addizionali incrementano più che proporzionalmente il costo dovuto al ritardo imposto su tutti gli utilizzatori. Tuttavia, questi costi sono divisi tra tutti gli spostamenti e, quindi, la curva di costo medio (Ac) non cresce molto rapidamente.

Se un costo di congestione viene imputato sull'utilizzatore addizionale in modo tale da spostare la percezione del costo medio fino al «vero» costo, allora si assisterà ad una riduzione della domanda per spostamenti fino al livello in cui la curva del costo marginale interseca la curva di domanda. Il risultato finale è che vengono effettuati solo quegli spostamenti per i quali il beneficio ottenuto è almeno uguale o superiore ai suoi costi sociali.

Va, comunque, ricordato che un prerequisito indispensabile per attuare con successo una politica di *road-pricing* volta ad una effettiva riduzione della congestione, è la creazione di un'adeguata offerta di trasporto pubblico sulla quale dirottare parte della domanda di mobilità se non si vuole provocarne una riduzione.

Qui di seguito si analizzano i principi precedentemente descritti e si cercherà di individuare i benefici conseguibili con una tariffazione delle infrastrutture attraverso un sistema di permessi

giornalieri⁴⁸. L'analisi qui riportata si riferisce alla stima dei benefici ottenibili dall'introduzione di un permesso giornaliero del costo di Rand 1,00 per le automobili che si spostano, a scopo privato, all'interno del Central Business District (CBD) a Città del Capo.

I dati necessari per la stima dei benefici sono stati i seguenti:

- dati di traffico;
- osservazione sui tempi di spostamento;
- stima dei costi d'esercizio dei veicoli;
- stima dei risparmi in termini di tempo;
- curva della domanda di traffico;
- analisi dello *split* modale degli spostamenti per lavoro.

Nella figura 3.3, V rappresenta il volume di traffico, $v(V)$ la domanda di spostamenti, $c(V)$ il costo medio di spostamento sostenuto dai conducenti dei veicoli privati e $m(V)$ il costo marginale di spostamento.

Anche se $v(V)$ è stato assunto come dato sulla base di una relazione empirica, la curva di domanda non svolge un ruolo cruciale in questo particolare esercizio e potrebbe, addirittura, essere tralasciata⁴⁹.

Il costo medio per spostamento può essere rappresentato così:

$$[1] \quad c(V) = Et(V) + k$$

dove t rappresenta il tempo di spostamento ed è una funzione del volume di traffico V , E rappresenta il valore del tempo, e k sono le spese del tipo *out-of-the-pocket* che si suppongono costanti per tutti i tipi di traffico⁵⁰.

⁴⁸ Il caso si riferisce ad uno studio effettuato per il Central Business District (CBD) di Città del Capo, si veda al riguardo B. C. Floor, *Cost-Benefit Analysis in the Transport Sector*, in «The South African Journal of Economics» Vol. 43, N° 2, 1975, pp. 205-220.

⁴⁹ Si veda al riguardo E.J.Mishan, *Cost-Benefit Analysis*, London, Allen & Unwin 1971, p. 26.

⁵⁰ Ad onor del vero si dovrebbe assumere che questo tipo di costi aumenti con l'acuirsi del livello di congestione, tuttavia, l'errore che viene introdotto attraverso un'assunzione di questo tipo risulta tollerabile per il livello di dettaglio che si intende raggiungere nel caso in analisi.

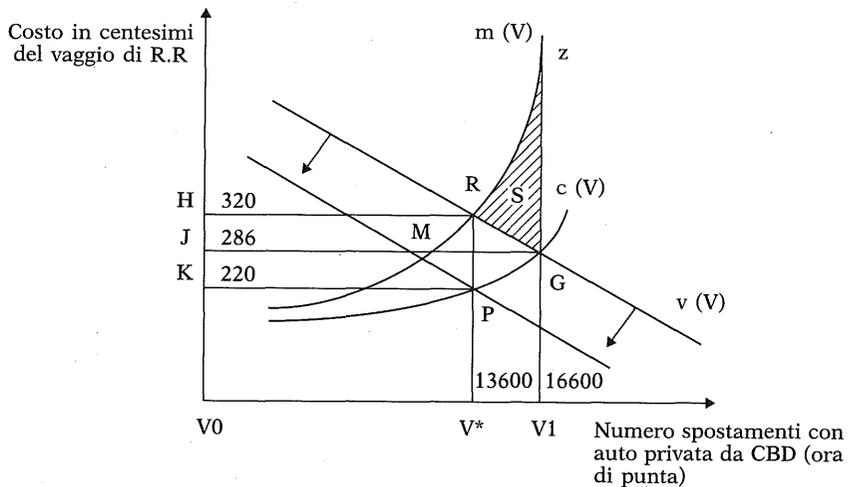


Fig. 3.3 Città del Capo: Spostamenti con auto privata verso il Central Business District durante le ore di punta: costo e funzione di domanda.

Il costo sociale della congestione è fatto pari ai costi in termini di tempo e di costo marginale per spostamento e quindi:

$$[2] \quad m(V) = dVc(V)/dV = c(V) + Vdc(V)/dV$$

L'intersezione della curva di domanda $v(V)$ e la curva di costo $c(V)$ in G, indica il flusso di equilibrio dei veicoli privati durante l'ora di punta mattutina, se non viene imposta alcuna tariffa per l'accesso al CBD. Con riferimento alla FIG. 3.3 il corrispondente flusso di traffico è di 16.600 veicoli. Dal momento che il costo sociale della congestione non è stato preso in considerazione dai singoli automobilisti il volume di traffico di 16.600 unità indicato in G non è ottimale. Il flusso ottimale si avrebbe al punto R in corrispondenza dell'intersezione fra la curva di domanda $v(V)$ e la curva del costo marginale $m(V)$; l'imposizione di una tariffa per disporre di un permesso di entrata, infatti, avrebbe lo scopo di ottenere una riduzione del flusso fino a quel livello. Nella FIG: 3.3 la riduzione sarebbe da $V1$ a V^* , ovvero da 16.600 a 13.600. Il prezzo del permesso dovrebbe essere pari a RP , che è l'equiva-

lente di HK, cioè 1 Rand. La tariffa $f(V)$ è, infatti, equivalente alla differenza tra $m(V)$ e $c(V)$. Cioè:

$$[3] \quad f(V) = m(V) - c(V) = Vdc(V)/d(V)$$

o partendo dalla [1]:

$$[4] \quad f(V) = VE \cdot dt/dV$$

Come risultato dell'imposizione della tariffa si otterrebbe un'entrata pari a $f(V) \cdot V^*$ che è rappresentato dall'area KHRP nella FIG.3.3. La riduzione del traffico da V_1 a V^* comporterà una riduzione del surplus del consumatore rappresentato dall'area JHRG; si otterrebbe, quindi, un beneficio netto pari alla differenza tra queste due aree ovvero il trapezio JMPK. La tariffa può essere vista come l'effetto reddito dell'innalzamento del prezzo per lo spostamento che comporta, conseguentemente, una riduzione della domanda⁵¹. La differenza è, infatti, equivalente al surplus addizionale creato dalla tariffa per il permesso rappresentata dall'area S, ovvero:

$$[5] \quad S = \int_{V^*}^{V_1} [m(V) - v(V)]dV$$

La riduzione del traffico implica che alcuni automobilisti che utilizzano un mezzo di trasporto privato hanno scelto delle soluzioni alternative. Supponendo che il trasporto pubblico sia la sola alternativa, si può proseguire nella nostra analisi nel seguente modo:

Nella Fig. 3.4 si descrive una curva di ripartizione del traffico tra trasporto pubblico e trasporto privato.

⁵¹ Sarebbe interessante anche se aldilà dello scopo di questo lavoro, stimare anche l'effetto sostituzione indotto dalla manovra. In altre parole, *ceteris paribus*, con una tariffa sugli spostamenti effettuati con auto propria si rende, automaticamente, meno costoso il trasporto pubblico che dovrebbe pertanto vedere aumentata la propria domanda.

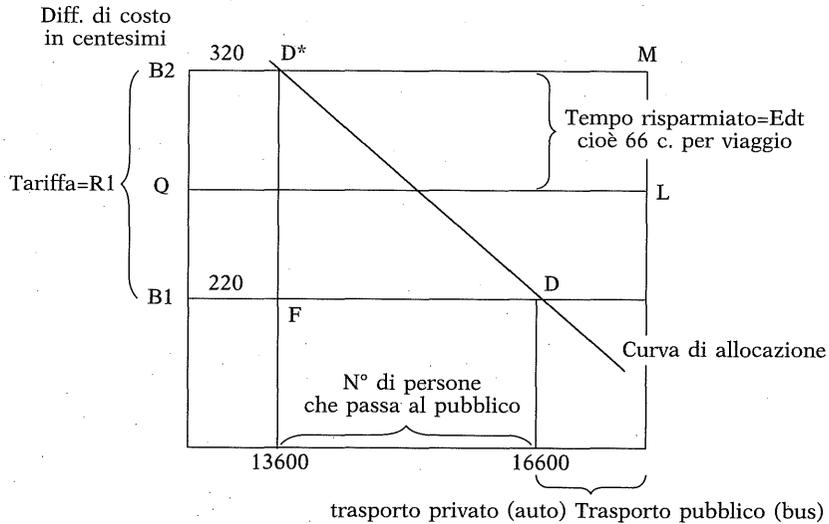


Fig. 3.4 *Split* modale tra spostamento in autobus e auto privata verso il CBD durante le ore di punta.

Assumendo che il trasporto privato sia rappresentato da v_p e quello pubblico da v_b , che la domanda di trasporto sia rigida e che lo *split* modale dipenda solamente dalla differenza di costo $|C_{pv} - C_{bv}|$ ⁵², allora possiamo dire che:

$$[6] \quad V_{pv} + V_{bv} = K$$

dove V_{pv} e V_{bv} rappresentano rispettivamente il volume di traffico privato e pubblico, mentre K è una costante, e

$$[7] \quad V_{pv}/K = \Phi(C_{pv} - C_{bv})$$

che è rappresentato dalla curva di ripartizione.

Gli autobus sono più economici delle macchine private in termini di utilizzo delle infrastrutture per numero di persone tra-

⁵² Chiaramente questa rappresenta un'assunzione forte che andrebbe verificata tramite un'analisi sul campo al fine di verificarne l'attendibilità. Tale verifica non rientra tra gli obiettivi che si intendono perseguire in questo lavoro.

sportate e permettono una riduzione della congestione tramite una riduzione del tempo speso dai mezzi sulla rete⁵³. La riduzione, però, non sarà sempre proporzionale al numero di utenti di veicoli privati che passano al trasporto pubblico in quanto gli autobus tendenzialmente aumentano, per il loro ingombro, la congestione più che proporzionalmente rispetto alle macchine.

Il tempo di spostamento sarà, quindi, una funzione della somma dei veicoli privati e pubblici che compongono il volume totale di traffico, che può essere formalizzata così:

$$[8] \quad t = t(V_{pv} + n \cdot V_{bv})$$

dove n rappresenta il rapporto di congestione tra il traffico di veicoli privati e quello di veicoli pubblici⁵⁴.

Se l'equilibrio dello *split* modale senza la tariffa per il permesso d'accesso è rappresentato da D nella FIG. 3.4, allora l'imposizione della tariffa d'entrata innalzerà la differenza di costo ($C_{pv} - C_{bv}$) e sposterà l'equilibrio al punto D^* . Il tempo di spostamento sarà conseguentemente ridotto per tutti i tipi di traffico ma, nell'ipotesi che le spese *out-of-the-pocket* k rimangano costanti, la differenza di costo rimarrà inalterata. Si verificheranno diversi cambiamenti nei benefici come evidenziato nella FIG. 3.4. Innanzitutto, il surplus dei conducenti di veicoli privati si ridurrà di un ammontare pari al trapezio $B^1B^2D^*D$ che è approssimativamente uguale a:

$$[9] \quad f \cdot [(V^* + V^1)/2]$$

In secondo luogo, le autorità riceveranno $B^1B^2D^*F$ che sarà uguale a $f \cdot V^*$, così che la riduzione nel surplus derivante dalla tariffa per il permesso è rappresentata da FD^*D che è approssimativamente uguale a:

$$[10] \quad f \cdot [(V^1 - V^*)/2]$$

⁵³ In questo caso si sta ipotizzando che il trasporto pubblico sia effettuato solo su autobus.

⁵⁴ Nel nostro caso $n = 0,05$, ovvero per ogni 20 conducenti che passano dal mezzo privato a quello pubblico, la congestione scenderebbe di un equivalente di 19 macchine.

In terzo luogo, la riduzione nel tempo di spostamento farà crescere il surplus di entrambi gli utilizzatori di mezzi, sia pubblici che privati, di un ammontare pari a QB^2ML che è equivalente a $EDtK$. L'aumento netto nel surplus totale S è quindi:

$$[11] \quad \Delta S = E\Delta tK - f[(V1 - V^*)/2]$$

Da un punto di vista individuale, l'utente che aveva sempre utilizzato il mezzo di trasporto pubblico ottiene un beneficio pari a $E\Delta t$; i nuovi utenti del trasporto pubblico beneficiano o perdono approssimativamente $E\Delta t \cdot 1/2f$.

La riduzione nel volume di traffico da 16.600 a 13.600 veicoli come indicato nelle FIG. 3.3 e FIG. 3.4 comporterebbe una riduzione della congestione ed un conseguente risparmio di tempo per gli spostamenti sull'insieme, combinato di spostamenti da e per il CBD, di circa 22 minuti. Ad un costo orario di R 1,80 che rappresenta il valore ponderato del tempo (lavoro e tempo libero) dei pendolari per il CBD a Città del Capo, il risparmio sarebbe di circa 66 centesimi per viaggio di andata/ritorno per utente. Soltanto coloro che già utilizzavano il mezzo pubblico e coloro che passeranno al suo utilizzo beneficiranno completamente del miglioramento per un totale di circa R 3.300 al giorno o approssimativamente di R 990.000 nel primo anno. Coloro che continueranno ad utilizzare il mezzo privato dovranno pagare R 1 per mantenere il loro privilegio e, quindi, la loro posizione si peggiorerebbe di 34 centesimi per ciascun viaggio di andata/ritorno. All'incirca sarebbero 13.600 gli automobilisti che continuerebbero ad usare il loro mezzo cosicché la loro perdita complessiva sarebbe di circa R 1387 l'anno. Con l'aumentare dell'impatto della tariffa nel tempo⁵⁵ circa altri 3.000 automobilisti potrebbero passare dalla macchina all'autobus e, ipotizzando una curva di ripartizione approssimativamente lineare per ampi tratti di differenze di costi, il loro beneficio sarebbe di 16 centesimi per viaggio di andata/ritorno ($R 1.80 \cdot 22/60 - 50$ centesimi) e quindi R 144.000 all'anno con riferimento agli automobilisti che cam-

⁵⁵ L'impatto nel tempo diverrà sempre più forte in quanto anche coloro che saltuariamente si recano al CBD inizieranno a percepire l'effetto della tariffa e, quindi, potranno prendere in considerazione l'ipotesi di utilizzo del mezzo pubblico.

bierebbero il loro mezzo di trasporto. L'autorità locale che incassa i proventi della tariffa riceverebbe R 13.600 al giorno ovvero R 4.080 milioni l'anno⁵⁶.

Questi cambiamenti sono indicati nella FIG. 3.4. Il costo annuale dell'amministrazione e delle spese per imporre il rispetto dello schema di tariffazione è stimato in 0.3 milioni di Rand⁵⁷.

3.3 Requisiti pratici per la tariffazione

Oltre agli aspetti teorici della tariffazione per l'uso delle strade si dovranno analizzare anche gli aspetti pratici in quanto qualsiasi sistema che soddisfi le richieste di scientificità e di rigore teorico ma che non risponda a criteri di applicabilità pratica sarà difficilmente accettato dal pubblico e, quindi, ne rallenterà l'introduzione in uno specifico contesto. Stessa sorte seguirà quel sistema che pur rispettando le condizioni ed i requisiti pratici, non si attenga ai canoni di rigore e scientificità comunemente intesi.

⁵⁶ I benefici precedentemente menzionati nel primo anno sarebbero i seguenti (in milioni di Rand):

- Benefici addizionali per coloro che già utilizzano il mezzo pubblico	R.	0,990 Mio.
- Benefici netti per i nuovi utilizzatori del mezzo pubblico		0,144
- Entrate generate dalla tariffa d'accesso		4.080
<hr/>		
TOTALE		5.214
Riduzione del surplus degli automobilisti		- 1.378
<hr/>		
Beneficio netto addizionale		3.872

⁵⁷ Prendendo in considerazione le precedenti previsioni di incremento di traffico ed applicando il criterio del «con o senza» progetto, il tasso di rientro sul capitale investito (IRR) su questo tipo di spesa sarebbe, nei prossimi 10 anni, di circa il 184%. Si è tralasciata l'analisi di altri tipi di benefici che si potrebbero ottenere tramite l'implementazione di un tipo di progetto come quello descritto. Si pensi, infatti, all'incentivo ad effettuare il car-pooling, maggiore utilizzo della rete ferroviaria, costi di investimenti in infrastrutture evitati, etc.. Bisogna, infine, ricordare che l'analisi si basa solo sull'ora di punta, ma i benefici sicuramente aumenterebbero se si estendesse l'analisi a tutto l'arco della giornata.

Qui di seguito si riportano alcuni dei criteri suggeriti nello Smeed Report che, seppure datato, rappresenta a tutt'oggi un valido punto di riferimento. I requisiti indispensabili per la tariffazione dell'uso delle strade, secondo lo Smeed Report sono:

1. relazione stretta tra utilizzo delle infrastrutture e tariffa;
2. possibilità di variare le tariffe imposte;
3. i prezzi dovrebbero essere stabili e conoscibili prima di intraprendere il viaggio;
4. possibilità di prepagare la tariffa;
5. la tariffa deve essere percepita dagli utilizzatori come equa;
6. il sistema di tariffazione deve essere di facile comprensione da parte dei singoli utenti;
7. qualsiasi metodo utilizzato per l'esazione dovrebbe essere molto affidabile;
8. il sistema di controllo dovrebbe essere in grado di impedire frodi ed evasioni;
9. il sistema dovrebbe essere pensato e realizzato in modo tale da poterne estendere l'applicazione a tutto il Paese⁵⁸.

Dopo la pubblicazione di questo Rapporto, si è avvertita la necessità di rispettare altri criteri per l'effettiva realizzazione di un sistema di tariffazione e precisamente:

- *Anonimità*: alcuni sistemi avanzati di tariffazione basati su sistemi elettronici di controllo dei flussi veicolari possono prestarsi ad un uso improprio di controllo delle vetture ed indirettamente delle persone. Un sistema per essere accettato dalla popolazione deve poter garantire l'anonimato di coloro che desiderino mantenerlo;
- *Costo*: solitamente si preferiscono i sistemi che garantiscano un rapido rientro dei costi di investimento, solitamente due anni;
- *Intrusione*: un sistema dovrebbe essere realizzato in maniera visualmente non intrusiva;
- *Flessibilità*: il sistema dovrebbe essere impostato in maniera

⁵⁸ The Smeed Committee (1964) *Assessment of the Operational Requirements of a Road Pricing System* (based on CIT, 1990).

flessibile, ovvero in modo tale da poter garantire una tariffazione differenziata sulla base dei diversi indicatori di congestione.

Conclusioni

In molte città il problema della congestione è fra quelli di maggior rilievo. Ad esempio, a Londra il tasso di congestione del traffico è il problema più rilevante comunemente riscontrato dalle persone che vi abitano. Nel corso dell'indagine si è verificato che il 43% dei londinesi avrebbero accettato una tariffazione per l'uso delle strade, e che tale percentuale sale al 63% se si propone di utilizzare le entrate per investimenti volti a migliorare la rete di trasporto pubblico.

Si può ragionevolmente affermare che esiste una domanda latente per la tariffazione delle infrastrutture viarie. Un sistema di *road-pricing* potrebbe essere realizzato nel prossimo futuro se si terrà conto della domanda di mobilità espressa dalle persone, dei problemi di impostazione teorica e dei requisiti pratici da soddisfare.

I sistemi che si possono utilizzare vanno da semplici soluzioni a basso contenuto tecnologico fino a metodi per il calcolo dinamico della scarsità della risorsa utilizzata.

I vari metodi utilizzabili generano benefici e costi in relazione all'applicazione che ne viene fatta ed in funzione degli obiettivi che si intende perseguire. Ad esempio, se una semplice restrizione all'entrata in una certa zona è l'obiettivo da perseguire, allora il metodo del cordone, con pagamento all'accesso, è la soluzione più appropriata e può dimostrarsi come un buon metodo per generare rilevanti entrate come dimostra il caso norvegese. Se, d'altro canto, l'obiettivo che si intende perseguire è quello di riportare il costo marginale sociale all'interno della curva di costo marginale percepita dall'utente internalizzando i costi della congestione, allora, teoricamente, il metodo migliore è quello del *metering*⁵⁹ della congestione, anche se, in pratica, non

⁵⁹ Il *metering* della congestione è un sistema, che verrà sperimentato a Cambridge, teso al superamento dei problemi che il rigore teorico impone per giun-

pochi sono i problemi da risolvere per poterne garantire l'effettiva applicabilità.

Qualunque sia il sistema di tariffazione che verrà introdotto, il risultato finale dipenderà dall'obiettivo che l'autorità locale intende perseguire e da come si riuscirà a rendere accettabile il sistema ai cittadini. Per questa ragione un sistema che soddisfi contemporaneamente i prerequisiti teorici e pratici di applicabilità è, quasi sicuramente, anche il solo che potrà essere accettato.

Infine si ricorda che il *road-pricing* è uno strumento la cui efficacia è confinata ad interventi di breve periodo basati su un'imposta aggiuntiva. Nel medio-lungo periodo, come è stato già detto in questo lavoro, altri dovrebbero essere gli interventi da porre in essere che, necessariamente, devono passare attraverso una incentivazione del trasporto pubblico ed un coordinamento delle varie modalità di trasporto urbano⁶⁰.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *Lenti e felici gli americani*, «Quattroruote», Luglio 1993, pp. 190-91.
Atti del 48° Conferenza del Traffico e della Circolazione, Stresa 7-9 Ottobre 1992.
J. P. Barde & K. Button, *Transport policy and the environment*, London, Earthscan Publ. 1990.
R. C. Bishop, *The contingent valuation method* in R. L. Johnson & G. V. Johnson (eds.) *Economic valuation of natural resources: issues, theory, and applications*. Boulder, Westview Press 1990.
Department of Transport, *COBA 9*, London, Department of Transport 1987.
B. C. Floor, *Cost-benefit analysis in the transport sector* in «The South African Journal of Economics» Vol. 43, N° 2, 1975.
F. L. Hall, B. L. Allen & M. A. Gunter, *Empirical analysis of freeway flow-density relationship* in «Transportation Research» Vol. 20A, 1986.
W. J. Harrison, C. Pell, P. M. Jones & H. Asthon, *Some advances in model design developed for the practical assesement of road-pricing in Hong-Kong*, in «Transportation Research» Vol. 20A, 1986.

gere ad una tariffazione corretta. I sistemi basati sul concetto di cordone o di area-licensing non incorporano completamente le variazioni temporali e spaziali del verificarsi della congestione e, quindi, solo un monitoraggio in tempo reale della congestione permette una corretta tariffazione.

⁶⁰ Seppure il presente lavoro è frutto di riflessioni comuni ed entrambi gli autori condividono le tesi qui sostenute, Paolo Polidori ha scritto il primo capitolo pp. 439-453 ed Edoardo Marcucci il secondo ed il terzo pp. 453-472.

- F. H. Knight, *Some fallacies in the interpretation of social cost*, «Quarterly Journal of Economics» Vol. 38, 1924.
- Institute of Transportation Engineers, *Transportation and traffic engineering handbook*, 2.nd ed., NJ, Prentice Hall, Engelwood Cliffs 1992.
- ISTAT note e relazioni, *L'incidentalità stradale attraverso le statistiche anni 1970-1991*, n. 2, Roma, Istat 1992.
- M. W. Jones-Lee, *The value of transport safety*, in «Oxford Review of Economic Policy» Vol. 6, N° 2, 1990.
- R. Joumard, *Caractérisation des émissions unitaires des véhicules légers*, in «Recherche Transport Sécurité» n° 32, 1991.
- A. Markandya & D. W. Pearce, *Environmental policy benefits: monetary valuation*, Paris, OECD 1989.
- A. Matzoros & D. Van Vilet, *A model of air pollution from road traffic, based on the characteristics of interrupted flow and junction control: part I – model description*, in «Transportation Research» Vol. 26A, 1992.
- A. Matzoros & D. Van Vilet, *A model of air pollution from road traffic, based on the characteristics of interrupted flow and junction control: part II – model results*, in «Transportation Research» Vol. 26A, 1992.
- J. R. Meyer & J. A. Gomez-Ibanez, *Autos, transit, and cities*, Cambridge, Harvard University Press 1981.
- Ministero dell'Ambiente, *Relazione sullo stato dell'ambiente 1992*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato 1992.
- E. J. Mishan, *Cost-benefit analysis*, London, Allen & Unwin 1971.
- M.J.H. Mogridge, *Travel in towns: jam yesterday, jam today, and jam tomorrow*, London, MacMillan 1990.
- S. A. Morrison, *A survey of road-pricing*, in «Transportation Research» Vol. 20 A, N° 2, March 1986.
- D. M. Newbery, *Pricing and congestion: economics principles relevant to pricing roads*, in «Oxford Review of Economic Policy» Vol. 6, N° 2, 1990.
- D.M. Newbery, *Road damage externalities and road user charges*, in «Econometrica» Vol. 2, N° 56, 1988.
- D. M. Newbery, *Road user charges and the taxation of transport*, in «FMI Working Paper» WP/87/5, Washington D.C., International Monetary Fund 1987.
- D.M. Newbery, *Road user charges in Britain*, in «The Economic Journal» 98, 1988.
- OECD, *Transport policy and the environment*, Parigi, OECD 1988.
- D. W. Pearce & R.K. Turner, *Economics of natural resources and the environment*, Exeter, Harvester Wheatsheaf 1990.
- A. C. Pigou, *Wealth and welfare*, Londra, MacMillan 1924.
- L. Quaglia, *La logica di piano*, relazione presentata alla 46esima Conferenza del Traffico e della Circolazione, in *Atti del convegno Mobilità anni '90 – Informazione, Comunicazione, Comportamenti*, Stresa, 7-8 Ottobre 1992.
- E. Quinet, *The social cost of land transport*, Paris, OECD 1990.
- R. J. Smeed, *Road pricing: the economic and technical possibilities*, London, HMSO 1964.
- J. M. Thomson, *Great cities and their traffic*, London, Victor Gonzalez 1977.
- Unione degli Industriali di Roma e Provincia, *Verso la città metropolitana. Un contributo al nuovo progetto di Roma*, Roma, giugno 1991.

- A. A. Walters, *Theory and measurement of private and social cost of highway congestion*, in «Econometrica» Vol. 29, 1961.
- A. A. Walters, *Track costs and motor taxation*, in «Journal of Industrial Economics» Vol. 2, No 2, 1954.