

La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti*

Romeo Danielis

Università di Trieste e ISTIEE

Indice

1. Introduzione
 2. La teoria economica dei costi marginali esterni
 3. I costi e benefici totali
 4. Il concetto di esternalità
 5. Identificazione dei costi esterni
 6. La stima dei costi esterni
 7. Conclusioni generali
- Riferimenti bibliografici

* Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito di una ricerca promossa dall'ANFIA (Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche) e dall'ACI (Automobil Club d'Italia) ed è in parte pubblicato sul volume ANFIA-ACI "I costi e i benefici esterni del trasporto", Torino, 2001.

1. Introduzione

Nell'ultimo decennio si è manifestato un crescente interesse per la determinazione dei costi e benefici complessivi del trasporto, intendendo con il termine complessivi, i costi e benefici pubblici e privati, monetari e non monetari, intenzionali e non intenzionali. Questo interesse è strettamente connesso alle crescenti dimensioni del fenomeno dei trasporti e alle complesse interazioni che esso ha, non solo con il resto del sistema economico, ma anche con l'ambiente sociale e naturale. Per limitarci solo all'Italia basti citare che nel 1998 sono stati effettuati viaggi per complessivi 868.916 milioni di passeggeri-chilometro e 236.193 milioni di tonnellate-chilometro di merci, con un tasso di incremento rispetto al 1970 rispettivamente del 182% e del 109%. Sempre nel 1998 il numero dei veicoli circolanti in Italia è stato pari a 42,7 milioni, con un incremento più che doppio rispetto al 1970 ed una densità di 0,65 veicoli circolanti per abitante residente.

La rapida crescita dei trasporti ha considerevoli ripercussioni di carattere ambientale e sociale. Si stima che i trasporti abbiano impiegato il 30% dei 123,5 milioni di tonnellate equivalenti petrolio consumati in Italia nel 1995. I trasporti su strada¹ sono responsabili rispetto al totale emesso in Italia nel 1997 di circa il 25% delle emissioni di anidride carbonica, del 53% degli ossidi di azoto, del 46% dei composti organici volatili non metanici e del 72% delle emissioni di monossido di carbonio e del 3% degli ossidi di zolfo (fonte CORINAIR). Inoltre nel 1998 nei trasporti su strada sono stati registrati 204.615 incidenti che hanno causato 5.857 morti e 293.842 feriti.

La rapida espansione del trasporto e la forte predominanza della modalità stradale (che, soprattutto per le sue caratteristiche di flessibilità, ha soddisfatto nel 1998, rispettivamente, il 64% della domanda di trasporto merci ed il 92% della domanda di trasporto passeggeri per spostamenti interni al territorio nazionale) ha sollevato da più parti la richiesta di correggere la distribuzione modale prevalente sulla base dell'argomentazione che i prezzi dei trasporti, ed in particolare quelli del trasporto stradale, non riflettono i "veri" costi e benefici connessi ai trasporti, in quanto riflettono solo la componente di costo interna (privata) e non quella esterna. Questa argomentazione trova un sostegno teorico nella teoria microeconomica dell'equilibrio economico generale che mostra come l'esistenza di costi e benefici esterni (anche detti esternalità) comporti una allocazione delle risorse inefficiente (non Pareto ottimale). Da qui la richiesta di un intervento dello Stato attraverso misure fiscali (imposte o sussidi) o regolamentari che correggano le distorsioni e ripristinino la corretta allocazione modale.

Se sulla necessità di apportare alcune correzioni ai prezzi dei trasporti c'è un sostanziale consenso tra i commentatori, le opinioni divergono fortemente quando si passa alla definizione concettuale di costo e beneficio esterno, alla loro identificazione nel caso dei trasporti e, soprattutto, quanto si tenta una loro quantificazione monetaria². Uno dei motivi, a cui che è opportuno evidenziare già nell'introduzione, è che la definizione e la stima dei costi del trasporto dipende dalla finalità che si vogliono perseguire, le quali possono essere di tre tipi:

- promuovere l'efficienza economica;
- confrontare tra loro configurazioni alternative del sistema dei trasporti;
- valutare l'equità della distribuzione dei costi e dei benefici.

Questo capitolo è dedicato al problema della definizione, dell'identificazione e dei metodi di stima dei costi e benefici esterni sulla base delle teorie economiche. Il capitolo ha la seguente struttura. Il paragrafo 2 presenta la teoria microeconomica dei costi esterni, tramite gli esempi classici dell'inquinamento atmosferico e della congestione e discute i principali problemi della loro internalizzazione. Il paragrafo definisce i concetti di costi esterni e i costi totali dei trasporti. Il

¹ Per trasporti su strada si intende la somma delle emissioni delle automobili, dei veicoli pesanti e autobus, dei veicoli leggeri e dei motocicli. Inoltre nei composti organici volatili non metanici sono comprese anche le emissioni evaporative dai motori a benzina. Negli ossidi di zolfo il totale è al netto delle emissioni vulcaniche.

² Per una rassegna delle posizioni, con particolare riferimento al dibattito statunitense, si confronti Litman (sito web).

paragrafo 4 discute il concetto di esternalità. Nel paragrafo 5 vengono identificati e brevemente discussi i principali costi e benefici esterni e nel paragrafo 6 vengono presentati in dettaglio metodi di stima dei costi esterni. Chiudono il capitolo alcune conclusioni generali.

2. La teoria economica dei costi marginali esterni

Dalla microeconomia neoclassica sappiamo che l'eguaglianza tra i costi ed i benefici marginali rappresenta una condizione di efficienza di un sistema economico, in quanto assicura che il benessere totale sia massimizzato. La presenza di una esternalità altera questo equilibrio e porta ad una sovra- o sottoproduzione del bene, a seconda che l'esternalità sia positiva o negativa. Esaminiamo l'applicazione di questo principio a due casi classici di esternalità negativa del trasporto, l'inquinamento atmosferico e la congestione.

L'inquinamento atmosferico

L'inquinamento atmosferico derivante dalle attività di trasporto rappresenta un costo esterno (esternalità negativa) che chi esercita un'attività di trasporto impone a terzi³, senza che gli venga chiesta una compensazione per il danno arrecato e quindi senza che questi ne tenga conto nel decidere se e come effettuare il viaggio. L'allocazione delle risorse che ne risulta non è quindi Pareto ottimale. La dimostrazione di questo risultato è condotta nella teoria economico in questo modo.

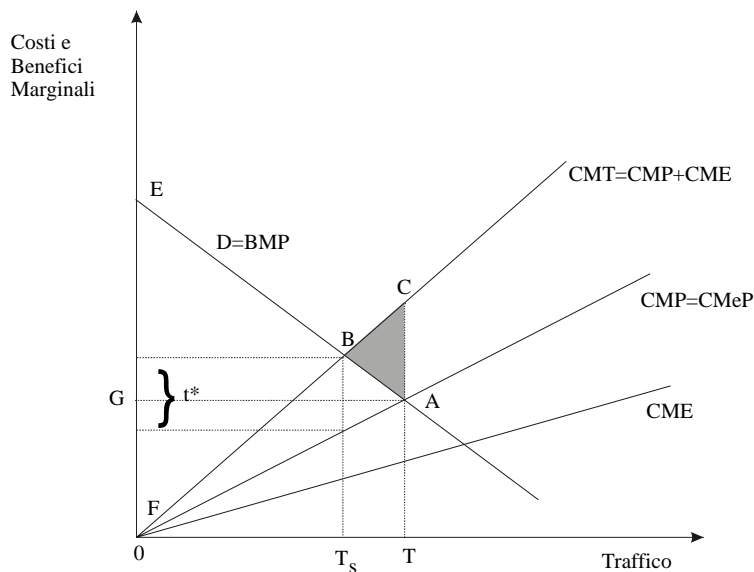


Fig. 1 - L'imposta sull'inquinamento atmosferico

Immaginiamo una strada che collega un'area residenziale con il centro città, sede di negozi ed uffici. Sia D la curva di domanda per usare quella strada. Essa riflette i benefici marginali privati (BMP) che si ricavano dal trasporto che si assumono decrescenti al crescere del numero dei veicoli. Sia CMP la curva dei costi marginali privati (consistenti prevalentemente nel carburante e nel tempo necessario per percorrere la strada). Essa è crescente al crescere del numero di veicoli che usano la strada in quanto ogni veicolo che si aggiunge diminuisce via via la velocità di percorrenza della strada, aumentando quindi il tempo di percorrenza. Si noti che l'aumento dei costi non riguarda solo il veicolo che si è aggiunto per ultimo, ma tutti i veicoli presenti sulla strada.

³ I terzi sono i residenti, compresi gli altri automobilisti, nel caso di impatti locali o anche i non residenti nel caso di impatti globali.

Nell'ipotesi che gli individui siano uguali, la curva dei costi marginali privati CMP equivale a quella dei costi medi privati CMeP. Sulla base di criteri di scelta economici privati, il livello di traffico che si sviluppa è pari a T , perché in quel punto i benefici marginali sono uguali ai costi marginali. Fino al livello di traffico T ogni nuovo veicolo realizza un guadagno perché il beneficio marginale del viaggio è superiore al suo costo marginale, oltre il livello T ogni eventuale veicolo realizzerebbe una perdita, per cui T è il livello di equilibrio stabile del mercato. Il surplus totale privato è massimizzato ed è composto dal surplus del consumatore (area EAG) e dal surplus del produttore (FAG). Il livello di traffico T , però, non è il livello ottimo dal punto di vista sociale se sono presenti costi esterni quali l'inquinamento atmosferico, che impone costi a terzi ed agli stessi automobilisti. Ipotizziamo che le emissioni e, dunque, i costi dell'inquinamento, aumentino all'aumentare del livello di traffico come indicato dalla curva CME, in quanto a minori velocità l'efficienza energetica ed ambientale dei motori diminuisce. La curva CMT, somma della curva CMP e CME, indicherà i costi marginali totali (privati ed esterni) del trasporto. In corrispondenza del livello di traffico T , punto di ottimo dal punto di vista privato, si ha una perdita di benessere sociale pari all'area CBA, in quanto nel tratto da T_s a T i costi marginali sociali sono superiori ai benefici marginali (in T il benessere sociale è pari all'area EBF meno l'area CBA). Riducendo il livello di traffico al livello T_s tale perdita viene eliminata, ripristinando le condizioni di massimizzazione del benessere totale sociale, pari questa volta all'area EBF.

Il nuovo livello di traffico T_s , ottimo dal punto di vista sociale, può essere raggiunto imponendo ad ogni automobilista un'imposta t^* , pari al costo marginale esterno (differenza tra i costi totali ed i costi privati nel punto T_s), in questo modo internalizzando l'esternalità.

La congestione

Un altro esempio di costo esterno è la congestione. Rispetto all'inquinamento atmosferico la congestione presenta due differenze: è un costo esterno al singolo automobilista ma interno al settore dei trasporti ed è una esternalità di tempo, cioè entra nella funzione di produzione o consumo di altri individui aumentando il tempo loro necessario per compiere il viaggio. L'illustrazione di questa esternalità avviene solitamente in questi termini (fig. 2).

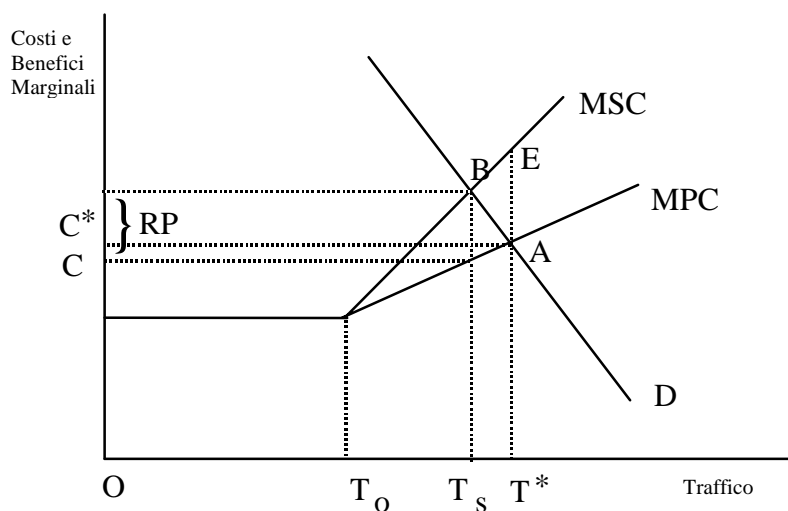


Fig. 2 - L'imposta sulla congestione

All'aumentare del flusso di veicoli (numero di mezzi di trasporto che passano sull'asse stradale nell'unità di tempo) su una data strada, da un certo valore di soglia⁴ T_0 in poi, ogni veicolo aggiuntivo non soltanto si trova ad operare ad un costo privato sempre più elevato, ma provoca un aumento di costo anche agli altri veicoli già circolanti, in quanto il suo ingresso nella strada aumenta il loro tempo di viaggio. Si determina così una biforcazione tra la curva dei costi marginali (medi) privati e quella dei costi marginali sociali. Siccome il guidatore considera solo i costi privati, e non i costi esterni (esternalità) che impone agli altri, si ha un problema di efficienza e di perdita di benessere sociale pari a ABE. Infatti, il livello di traffico che si genera è T^* (costi marginali privati pari ai benefici marginali descritti dalla funzione di domanda D), mentre quello socialmente desiderabile sarebbe T_s . Il flusso effettivo tende ad essere quindi più elevato di quello socialmente ottimale. Per ottenere il flusso ottimale si può ricorrere ad un'imposta pari a RP (*road pricing*) che riflette la differenza tra il costo marginale privato e quello sociale e rende l'automobilista consapevole del rallentamento che impone agli altri utenti della strada. Con l'imposta non si mira ad eliminare tutta la congestione, ma solo quella economicamente eccessiva. L'ammontare totale che affluisce alle casse dello Stato è pari all'imposta RP per il flusso T_s .

2.1 L'internalizzazione dei costi esterni: problemi aperti

La presentazione grafica della teoria dei costi esterni che abbiamo appena presentato ha già introdotto la soluzione alla perdita di benessere che essi causano: l'internalizzazione tramite imposte fiscali pari al costo marginale esterno provocato, soluzione definita ottimale o di *first best*. Tale soluzione, se difficilmente contestabile nel mondo asettico della teoria dell'equilibrio economico parziale in cui è collocata, appare via via più debole quando si allarga l'orizzonte teorico o si tenta di calare nella realtà i suggerimenti della teoria. Non potendo in questa sede, esporre in dettaglio tutte le questioni che si presentano, ci limiteremo ad accennarle, rimandando all'ampia letteratura per gli approfondimenti.

Se da un contesto di equilibrio economico parziale - cioè relativa ad un solo mercato (i viaggi in automobile) considerato isolatamente - sia allarga il punto di vista prendendo in considerazione più mercati - nel gergo economico, si passa ad un contesto di equilibrio economico generale - la soluzione prospettata (imposta fiscale pari al costo marginale esterno) non è più corretta se esistono distorsioni nei mercati concorrenti. Ad esempio, se il mercato dei viaggi in autobus non rispetta il principio del "prezzo uguale al costo marginale" (*marginal cost pricing*), ma è distorto dalla presenza di sussidi, la soluzione che abbiamo prospettato va rivista per tener conto della distorsione. In termini tecnici, sulla base del teorema del *second best*⁵, il migliore intervento non è, in questo caso, un'imposta di *first best* ma un'imposta ottimale di *second best*. Lo stesso ragionamento vale se il costo del viaggio in automobile è distorto da imposte o sussidi. Siccome le distorsioni possibili sono numerose (cfr. Danielis, 1996, cap. 3 per una rassegna), è evidente che il problema è tutt'altro che facile sia dal punto di vista teorico che del calcolo dell'imposta ottimale (cfr. De Borger et al. (199X), per un tentativo di calcolo per Bruxelles).

Un secondo problema che si pone nel calcolo dell'imposta è che è necessario conoscere la posizione e l'inclinazione della curva dei costi marginali privati, dei benefici marginali privati e della curva dei costi marginali esterni. L'esistenza di asimmetrie informative rende però evidentemente raramente note ai decisori pubblici queste informazioni. In particolare, c'è un serio problema di conoscibilità della curva dei costi marginali esterni, come verrà ampiamente discusso nel paragrafo 6 di questo capitolo.

⁴ E' questa, evidentemente, un'ipotesi ad hoc. Si ipotizza che la congestione si generi solo per valori superiori ad un certo numero (soglia) di automobili per tratto di strada. La soglia è in relazione alla capacità della strada.

⁵ Il teorema del *second best* dimostra che perseguire una strategia di efficienza in un mercato che presenta distorsioni può essere sub-ottimale.

Inoltre, c'è un grave problema di applicabilità dell'imposta fiscale che, ricordiamo, per avere la natura di imposta efficiente deve soddisfare i seguenti criteri:

- deve essere uguale o proporzionale al danno causato⁶: perciò deve essere differenziata per tipo di viaggio, tenendo conto del luogo e dell'ora del viaggio e del tipo di veicolo con cui è effettuata⁷. In assenza di una sufficiente differenziazione diminuisce l'efficienza dell'imposta, cioè la sua capacità di mandare gli opportuni segnali correttivi agli utenti e viene meno il vantaggio di efficienza che le imposte fiscali hanno rispetto agli strumenti regolamentari di tipo tradizionale;
- deve essere nota prima che gli utenti scelgono se, come e dove usare l'automobile. Il segnale agli utenti deve essere cioè noto ex-ante e non ex-post affinché essi tengano conto dei costi esterni. Questo può essere un problema rilevante se le condizioni di traffico sono variabili, spazialmente e temporalmente, e se c'è un'interazione non prevedibile tra fissazione dell'imposta e comportamento degli automobilisti⁸.

Oltre che di tipo teorico, i problemi di applicazione di imposte fiscali efficienti sono anche di tipo tecnico-ingegneristico ed economico. Esiste infatti un problema di attrezzature tecniche necessarie alla loro attuazione, che sembrano risolvibili nel caso dell'imposta da congestione (*road pricing*), ma ancora a livello di ideazione nel caso dell'imposta ambientale. E si pone anche la necessità di confrontare i costi di implementazione del sistema ed i benefici effettivi (riduzione della perdita di benessere) della sua applicazione.

Infine, e forse soprattutto, le prospettive delle misure di internalizzazione dei costi esterni devono confrontarsi con la loro accettabilità politica e sociale, finora estremamente bassa a causa di diversi motivi. Uno di questi è l'effetto redistributivo sia tra utenti (a pagare sarebbero soprattutto gli utenti del trasporto su strada), che tra modalità, che tra settori produttivi (a maggiore o minore contenuto di trasporto) in parte forse risolvibile attraverso l'uso, direttamente o indirettamente, compensativo del gettito dell'imposta⁹. Inoltre, c'è un'avversione a nuove imposte, per di più su beni, l'uso della strada, finora gratuiti e associati a sentimenti di libertà, imposte che possono rappresentare anche una minaccia alla riservatezza della vita privata¹⁰.

3. I costi e benefici totali

In alternativa al principio dell'efficienza, basato sui costi marginali, in applicazione del principio di costo-efficacia si propone il confronto tra i costi totali del trasporto. Per una loro definizione, nella fig. 4 indichiamo con CMP la curva dei costi marginali privati, con CMS la curva dei costi marginali sociali - derivante dalla somma dei costi privati ed esterni relativi a tutte le esternalità identificate - e con D la curva di domanda.

⁶ A seconda che sia di *first best* o di *second best*.

⁷ La tipologia del veicolo è particolare per l'inquinamento atmosferico in quanto il danno dipende, per la gran parte, dalla cilindrata, dal carburante usato e dal livello di manutenzione.

⁸ Su questo argomento la ricerca è ancora nelle fasi iniziali. Si veda in proposito Emmerink (199X).

⁹ E' stato questo il caso dell'introduzione del *road pricing* in alcune città norvegesi per finanziare la costruzioni di ponti di accesso alla città.

¹⁰ Con questa argomentazione è stato bocciato da cittadini di Honk Hong il sistema AVI (Automated Vehicle Identification) introdotto in via sperimentale negli anni '80.

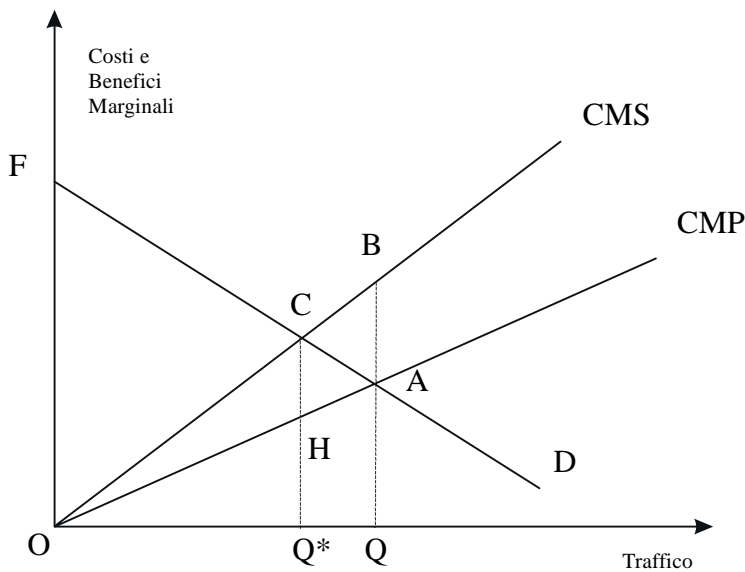


Fig. 4 - I costi e benefici totali

I costi totali sociali del trasporto corrispondono all'area OCQ* se siamo nel punto di ottimo sociale Q* ed all'area OBQ se siamo nel punto di ottimo privato Q. Essi sono così suddivisi. Se l'equilibrio si realizza nel punto Q, OAQ sono i costi totali privati ed OAB i costi esterni. Se l'equilibrio si realizza nel punto Q*, OQ*H sono i costi totali privati ed OHC i costi esterni. Nei prossimi paragrafi discuteremo delle metodologie per stimare OAB, ammontare totale dei costi esterni nel punto di equilibrio in assenza di intervento pubblico. Mentre i benefici totali sociali corrispondono all'area OFCQ* se siamo nel punto di ottimo sociale ed a OFAQ se siamo in quello di ottimo privato. La differenza tra i benefici ed i costi totali rappresenta il surplus o beneficio netto del trasporto.

4. Il concetto di esternalità

Sebbene il concetto di esternalità occupi un ruolo centrale nella teoria microeconomica neoclassica e nella teoria dell'economia del benessere e sia stato discusso da molti autorevoli autori (Marshall 1920, Pigou 1920, Scitovsky 1954, Bator 1958, Coase 1960, Buchanan e Stubblebine 1962, Arrow 1970, Meade 1973), la definizione di tale concetto rimane sempre piuttosto vaga. Varian (1978, cap. 7) nel noto manuale di microeconomia presenta la seguente definizione:

“nel modello di equilibrio economico generale di base gli agenti interagiscono solo attraverso i loro effetti sui prezzi. Quando l'azione di un agente influenza l'ambiente in cui opera un altro agente in modo diverso che attraverso il prezzi, diremo che c'è una esternalità”

Questa interazione si manifesta nel momento in cui una o più variabili reali della funzione di utilità di un consumatore o della funzione di produzione di un produttore, non sono controllate dal decisore in questione, ma da altri agenti del sistema economico. Formalmente:

$$U_l = g_l(b_l, b_k)$$

$$Y_h = f_h(x_h, x_k)$$

dove b_k è il bene che entra nella funzione di utilità dell'individuo l ma è determinato dall'individuo k e x_k è il fattore di produzione che entra nella funzione di produzione dell'impresa h ma è controllato dall'impresa k . In questo caso viene meno l'indipendenza delle funzioni di utilità e di produzione, un requisito indispensabile per ottenere l'ottima allocazione delle risorse nella teoria economica neoclassica.

Un'esternalità si definisce esternalità del consumo o esternalità della produzione a seconda che si manifesti nella funzione di consumo o di produzione. Gli esempi classici di esternalità del consumo, rispettivamente negativa e positiva, sono la musica ad alto volume in ore notturne ed il giardino fiorito del vicino. Come esternalità di produzione positive si citano solitamente l'esempio "agreste" di Coase (1960) della coltivazione degli alberi da frutti da parte di un frutticoltore che influenza positivamente la produzione di miele da parte del vicino apicoltore. Un altro esempio è la decisione di vaccinarsi che, non solo previene l'insorgere di una malattia a chi la adotta, ma anche blocca il diffondersi della malattia ad altre persone. La fabbrica che sversa inquinanti nel lago e riduce la pescosità delle acque e quindi il prodotto della pesca dei pescatori dello stesso lago è invece un esempio tipico di esternalità negativa.

Si noti come molti di questi casi sono relativi a beni pubblici (ambiente, silenzio, aria pulita, estetica) o capitale umano (salute, conoscenza) che sono usati congiuntamente e conflittualmente da più utenti in presenza di diritti di proprietà non definiti. Nel caso di queste esternalità, definite per questo esternalità tecnologiche in contrapposizione alle esternalità pecuniarie di cui parleremo tra breve (Arrow, 1970), la trasmissione degli effetti non avviene tramite i prezzi, ma tramite variabili reali che alterano il benessere e/o la produttività degli individui. Il meccanismo di trasmissione è quindi la tecnologia descritta dalla funzione.

Baumol e Oates (1988, pp. 15-18) aggiungono alcuni elementi al concetto di esternalità:

"Un effetto esterno esiste ogniqualvolta le funzioni di utilità o di produzione di un individuo A includono una o più variabili reali i cui valori sono determinati dal comportamento di altri soggetti B. Questi ultimi nel loro processo decisionale non considerano gli effetti del loro comportamento sul benessere di A. Il soggetto B non riceve (o non paga) come compensazione per il suo operato una somma pari in valore ai benefici (costi) apportati ad A."

Le importanti aggiunte rispetto alla definizione di Varian riguardano la non intenzionalità e la mancata compensazione. L'assenza di compensazione è un requisito dell'esistenza dell'esternalità per evidenti ragioni: nel caso si abbia compensazione l'interazione viene riportata all'interno della transazioni di mercato e quindi risolta. Questo è la via perseguita da Coase (1960) che propone di risolvere il problema delle esternalità attraverso accordi negoziali tra le parti coinvolte, qualora ciò sia una strada economicamente praticabile, cioè qualora i costi di transazione siano contenuti.

Il requisito della non intenzionalità apre invece problemi più complessi. Secondo Baumol e Oates siamo in presenza di esternalità qualora gli effetti non siano deliberati: il comportamento criminale o il comportamento altruistico non sarebbero pertanto casi di esternalità se esiste la piena intenzionalità di produrre quei risultati (anche se continuano a rappresentare delle perturbazioni alla ottima allocazione delle risorse). I costi provocati a terzi nel corso di incidenti causati da guidatori in stato di ebbrezza o che mantenevano una velocità eccessiva (fatti che rappresentano un reato) andrebbe quindi esclusi dalle esternalità se c'era consapevolezza del danno, mentre andrebbero inclusi se mancava l'intenzione di causare danno a terzi.

Con quest'ultima definizione il concetto di esternalità diventa meno preciso ed inequivocabile e si comincia ad intuire come esso si situi al confine e, per certi versi, definisca il confine tra il "mondo economico" ed il "resto del mondo" (Green e Jones, 1997). L'esternalità è un esempio di interazione tra agenti che avviene al di fuori del mercato, al di fuori dei prezzi, cioè al di fuori del mondo economico. Per eliminare le esternalità occorre allora alternativamente: (a) far rientrare quella interazione nel mondo economico ridefinendo i diritti di proprietà e quindi rendendo possibile la negoziazione (il suggerimento di Coase, 1960), (b) intervenire sulle istituzioni che

regolano il funzionamento del mercato (lo Stato, nella soluzione prospettata da Pigou) oppure (c) intervenire sulle istituzioni extra-economiche (per esempio legali) che hanno effetto sul comportamento degli agenti economici.

La prima soluzione è praticabile quando il numero di utenti è limitato, i costi di transazione sono bassi ed il bene non riveste caratteristiche tali da renderne inaccettabile la compravendita (es. rischi gravi alla salute). La seconda soluzione è invece solitamente perseguita tramite gli strumenti fiscali dell'imposta e del sussidio o in alternativa la prescrizione regolamentare. La terza via ha invece natura extra-economica.

Secondo la classificazione di Rothengatter (1994) il sistema dei trasporti genera tre tipi di esternalità: un primo livello di esternalità connessa all'interazione tra i trasporti e le risorse non rinnovabili (ambiente e capitale umano), un secondo livello relativo alle interazioni interne al settore dei trasporti ed un terzo livello connesso all'interazione tra i trasporti e gli altri settori della produzione e del consumo. Solo i primi due tipi di esternalità hanno natura di esternalità tecnologiche¹¹, mentre il terzo tipo di esternalità ha natura prevalentemente pecuniaria, vale a dire esercita una influenza sulle funzioni individuali di produzione e di consumo tramite i prezzi ed il mercato privato. Ha quindi la natura di interdipendenza economica tra i trasporti ed il resto del sistema economico in cui, ad esempio, un miglioramento nel sistema dei trasporti ha effetti benefici di vario tipo (aumento dei consumi e degli standard di vita, aumento nella dimensione dei mercati, migliore distribuzione spaziale delle attività produttive, separazione tra residenza e luogo di lavoro, aumento dell'accessibilità, stimoli alla crescita, aumento della flessibilità produttiva, migliore logistica, stimola alla produzione di veicoli, ecc.) che si traducono in aumenti di benessere e di surplus in molti mercati e in stimolo alla crescita ed alla innovazione. L'esternalità pecuniaria, contrariamente a quelle tecnologica, non necessita di interventi correttivi dello Stato. Non è necessario che lo Stato o le altre attività sussidino i trasporti per le esternalità pecuniarie positive che generano. Se i mercati funzionano, il prezzo dei servizi di trasporto riflette già il contributo che i trasporti fornisce alla formazione del benessere sociale¹².

4.1 Le esternalità causate dai trasporti

L'applicazione di queste definizioni alla concreta realtà delle tipiche esternalità dei trasporti (inquinamento atmosferico, rumore, congestione ed incidenti) – che identificheremo con più dettaglio nel prossimo paragrafo - presenta subito alcune complicazioni.

L'inquinamento atmosferico ed il rumore appaiono come prodotti certi, ma incidentali (secondari), dell'attività di trasporto che un utente è consapevole di produrre, pur non essendo a conoscenza¹³ dell'ammontare preciso del costo inflitto a terzi¹⁴ ed anche a se stesso. Se si suppone che gli utenti del trasporto siano razionalmente egoisti e che non considerino il costo esterno delle loro decisioni allora si realizzerà – come abbiamo visto nella fig. 1 - il livello di traffico ottimale dal punto di vista privato, ma socialmente inefficiente pari a T_p . Se invece si ipotizza che gli utenti siano socialmente

¹¹ Rothengatter (1994, p. 324) vede la necessità di un intervento pubblico per il primo tipo di esternalità, mentre l'esternalità del secondo tipo (la congestione) può essere a suo parere risolta tramite il finanziamento e la gestione privata della rete stradale.

¹² Questo punto viene formalmente provato da Blum (1997) che esamina la formazione del surplus sociale dei trasporti in diverse configurazioni del mercato (concorrenza perfetta, concorrenza monopolistica) e per diversi orizzonti temporali (breve e medio-lungo periodo), giungendo ad una definizione evolutiva di beneficio esterno dei trasporti.

¹³ Il grado di incertezza è massimo nel caso dell'effetto serra.

¹⁴ L'ammontare del danno dipende da molte circostanze tra cui il numero dei veicoli che trova lungo il percorso (che influenza l'efficienza energetica ed ambientale del suo veicolo) ed il numero e tipo (bambini o adulti?) di persone respirano l'aria che l'automobilista ha contribuito ad inquinare. Concorrono a determinare il danno quindi sia chi lo causa che chi lo subisce.

responsabili ma non conoscano, e tendenzialmente sottovalutino, l'effetto delle loro decisioni di viaggio si realizzerà un equilibrio in un punto compreso tra T_s e T_p . L'ammontare della perdita di benessere è inferiore al caso precedente (minore dell'area ABC). Nel primo caso l'imposta ambientale (pari alla differenza tra i costi totali ed i costi privati nel punto di equilibrio socialmente ottimale) serve non tanto a rendere consapevole, quanto a far sopportare all'utente il costo esterno da esso provocato. Nel secondo caso l'imposta serve invece a rendere consapevole l'utente dell'ammontare esatto dei costi esterni provocati¹⁵.

La congestione è una esternalità di tempo che ha la peculiare caratteristica di essere per la gran parte interna al sistema dei trasporti, anzi, più precisamente, interna alla modalità che si esamina, la cui gravità è determinata dal numero di utenti che in quell'istante decidono di usare un'infrastruttura di capienza limitata. Ha quindi una natura diversa dalle altre esternalità che fuoriescono dal sistema dei trasporti¹⁶. Essa deve essere internalizzata per riportare all'efficienza le decisioni di viaggio all'interno del sistema dei trasporti. Esiste però una interdipendenza tra la congestione e le altre esternalità. Ad esempio, in presenza di congestione diminuisce l'efficienza energetica ed ambientale dei veicoli e conseguentemente aumenta l'inquinamento atmosferico. Ma in presenza di congestione si riduce la gravità degli incidenti e quindi diminuiscono i costi esterni degli incidenti. Né l'intensità né il segno della interdipendenza sono quindi definibili a priori.

Gli incidenti sono un evento incerto e questa loro caratteristica aggiunge ulteriori complicazioni alla definizione del loro costo esterno. Il primo problema è stabilire la relazione tra la decisione di usare l'automobile e l'incidente. Mentre al momento di decidere di usare un'automobile privata un utente sa con certezza che contribuirà a creare costi esterni, incrementando in una qualche misura l'inquinamento atmosferico ed acustico e la congestione, lo stesso utente non sa a priori se sarà coinvolto in un incidente che causerà danni a se e/o agli altri. La decisione di intraprendere un viaggio è connessa al costo degli incidenti in modo stocastico, non in modo deterministico come nei casi precedenti. La stessa evidenza empirica è incerta nello stabilire il legame tra numero di viaggi e numero di incidenti. In generale si suppone che la relazione sia diretta, ma, se il numero dei viaggi è così elevato da ridurre drasticamente la velocità di circolazione (la congestione urbana), la variazione della probabilità che si verifichi un incidente a seguito di un viaggio aggiuntivo potrebbe essere negativa. L'effetto della decisione di viaggiare sul costo degli incidenti potrebbe quindi, in quelle condizioni, essere positivo. In ogni caso è certo che al crescere del traffico, ed al ridursi della velocità di percorrenza, si riduce la gravità degli incidenti, e quindi il loro costo.

Un secondo problema è la distinzione tra i costi privati e quelli esterni. Usiamo per illustrare le questioni l'esempio, macabro, di un automobilista che per disattenzione investe una persona che attraversa le strisce pedonali. L'automobilista infligge un costo a terzi. Si è dunque in presenza di un costo esterno, misurabile, nel caso in cui l'incidente non sia mortale, in termini di costi sanitari, di perdita di produzione¹⁷, della sofferenza, dei costi della riabilitazione, ecc.. L'automobilista ha quindi causato una perdita di benessere sociale che deve essere internalizzato.¹⁸ Se, modificando l'esempio, ipotizziamo invece che un'automobilista, per una qualche causa, finisca fuori strada e muoia, sembrerebbe di poter concludere, a prima vista, che non ci sono costi a terzi (a meno che l'automobile uscendo fuori strada danneggi la proprietà altrui o cose simili). I costi sembrano solo interni, e siccome l'automobilista, al momento di scegliere di usare l'automobile per il suo viaggio,

¹⁵ Si noti che essendo l'ammontare dei costi esterni sostanzialmente indeterminabile ex-ante, e dipendente da fattori di cui l'utente è inconsapevole, l'imposta deve necessariamente essere basata sul costo esterno presunto, desumibile dall'esperienza passata.

¹⁶ Per questo motivo, uno dei maggiori studi europei di stima dei costi esterni IWW/INFRAS non include la congestione tra i costi esterni da stimare, essendo la motivazione principale dello studio quello di comparare i costi esterni causati dalle diverse modalità di trasporto.

¹⁷ Si ipotizza implicitamente la piena occupazione e la non sostituibilità della persona.

¹⁸ Il calcolo dell'imposta include i costi esterni, l'automobilista dovendo sopportare il maggior costo di usare l'automobile modifica le sue decisioni o i suoi percorsi.

è consapevole del rischio di uscire fuori strada e morire, non è, per definizione, necessario inserire i costi privati subiti nell'ammontare da internalizzare. Ma così non è. Ad un esame più attento si manifestano diversi costi esterni. Infatti, ci sono i costi connessi all'intervento del soccorso stradale, le spese funerarie anticipate e, sostengono alcuni, la morte dell'automobilista comporta anche costi esterni in quanto provoca la sofferenza dei suoi famigliari ed la perdita di prodotto (al netto dei consumi) alla società. Nell'ipotesi che l'individuo, decisore egoista, non consideri questi costi esterni è necessario internalizzarli ex-ante per incorporarli nella sua decisione di viaggio. Anche in questo caso, come nel caso dell'inquinamento atmosferico, l'ipotesi di razionalità egoista appare cruciale. Se l'automobilista ragiona in termini egoistici è necessario fargli sopportare ex-ante i costi sociali del suo comportamento, se invece egli considera le conseguenze sugli altri del suo eventuale decesso (sofferenza, perdita di reddito dei famigliari, ecc.), l'internalizzazione dei costi esterni aggiuntivi rispetto ai costi privati risulterebbe distorsiva.

Ulteriormente, gli incidenti sollevano il problema della relazione tra costo esterno e responsabilità. Riprendiamo il primo esempio modificandolo opportunamente. L'automobile investe un pedone che attraversa la strada al di fuori delle strisce pedonale. Il pedone, vittima dell'incidente, è il responsabile dello stesso. Chiaramente non ci sarebbe stato incidente se l'automobilista non avesse deciso di usare l'automobile. Vickrey (1968) sostiene che per l'ottima allocazione delle risorse entrambi gli attori dell'incidente devono sostenerne finanziariamente i costi. La doppia-contabilità non conta, il problema è di correttezza nella struttura degli incentivi. Entrambi gli attori, in misura opportuna, devono internalizzare i rischi delle loro decisioni¹⁹. Dal punto di vista teorico, concordiamo con Vickrey, questa è la soluzione corretta, anche se rimane aperto il difficile problema del calcolo del rischio di cui è responsabile ciascun attore e della sua monetizzazione (Persson e Ödergaard, 1995).

A questa difficoltà si aggiunge l'ulteriore necessità di tener conto che gli automobilisti già sopportano i costi dell'assicurazione obbligatoria e quindi già internalizzano una parte del costo esterno degli incidenti. Senza entrare nel dibattito sulla correttezza, dal punto di vista della teoria economica, degli oneri da assicurazione²⁰, vogliamo invece evidenziare che negli studi che abbiamo esaminato, e su cui ci soffermeremo più in dettaglio nel prossimo paragrafo, è comune la pratica di sottrarre dall'ammontare dei costi totali esterni i premi assicurati per calcolare i costi totali netti degli incidenti. Tale pratica evidenzia in modo perfetto il fatto, già evidenziato da Mishan (1971), che l'ammontare netto dei costi esterni dipende dall'assetto istituzionale. Vale a dire, l'ammontare dei costi esterni che si realizzano è funzione del patto sociale prevalente. L'aumento dei canoni assicurativi diminuisce i costi esterni totali relativi agli incidenti, così come gli standards sulle benzine o sulla tecnologia dei motori influenza i costi esterni dell'inquinamento atmosferico e acustico, confermando che le esternalità identificano una relazione extra-mercato che dipende dall'assetto istituzionale e regolamentare²¹ in vigore²².

¹⁹ Prima di entrare nel merito del problema presentiamo una tassonomia dei costi esterni ispirata a Mishan (1971).

²⁰ Si imputa, tra l'altro, agli oneri di assicurazione di non essere sufficientemente differenziati per tipo di automobilista e per tipo di percorso seguito. L'unica differenziazione ex-post si ha con le tariffe bonus-malus.

²¹ Che conferma come gli strumenti fiscali e regolamentari delle politiche ambientali presenti diversi elementi complementarietà e non possono essere esaminati come puramente alternativi.

²² Per quanto ovvia questa tesi è tuttavia, comprensibilmente, poco presente nelle analisi degli economisti. Già Mishan (1971), implicitamente, nella sua rassegna del concetto di esternalità pubblicato sul *Journal of Economic Literature* afferma che "the arrangement that is optimal under one state of law is not optimal under the other state of law" (p. 20)

Il rapporto tra esternalità e assetto istituzionale è sviscerato in profondità invece nell'analisi di Guido Calabresi (1972), studioso di economia del diritto, il quale chiarisce che la società definisce il sistema di controllo delle esternalità: quali sono proibite in via giudiziaria extra-mercato con il relativo sistema sanzionatorio, chi è responsabile del rischio (chi causa il danno, la vittima, o una combinazione dei due), eventuali forme di risk spreading (tramite l'assicurazione volontaria od obbligatoria, sulla base di una giustificazione utilità crescente), eventuali forme di tutela collettiva (copertura pubblica dei rischi gravi), quali lasciare alla contrattazione privatae chi opera le scelte (conduce l'analisi costi benefici).

5. Identificazione dei costi esterni

Definito il quadro teorico è necessario passare alla identificazione concreta dei costi esterni. Si definiscono costi esterni gli effetti indiretti sull'ambiente naturale e sociale delle attività individuali di trasporto, di produzione o di consumo. Tali attività possono provocare, spesso non intenzionalmente, danni e costi: all'ambiente urbano (qualità dell'aria e rumore), all'ambiente naturale e agli ecosistemi (piogge acide, effetto serra), alla salute ed alla vita dell'uomo (incidenti, malattie, infortuni), all'ambiente sociale (separazione delle comunità, occupazione del suolo, degrado estetico) e perdite di tempo (congestione). Nella fig. 5 si rappresentano graficamente i principali impatti ambientali dei trasporti.

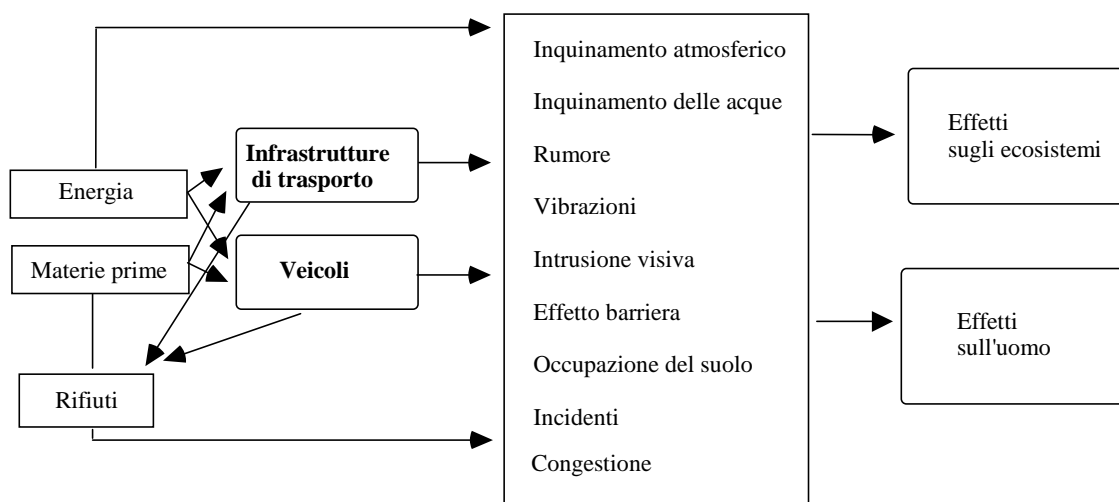


Fig. 5 - Gli impatti ambientali dei trasporti

Forniamo di seguito una descrizione succinta dei principali impatti. Per una loro descrizione dettagliata e stima quantitativa si rimanda all'abbondante letteratura specialistica. Gli inquinanti atmosferici si possono suddividere in inquinanti direttamente immessi nell'atmosfera e in inquinanti secondari, formati dalla reazione degli inquinanti primari tra di loro e con alcuni componenti dell'atmosfera. I principali inquinanti primari connessi ai trasporti, emessi dal processo di combustione dei motori, sono per i motori a benzina:

- il monossido di carbonio (CO) derivante dalla combustione incompleta;
- l'anidride carbonica (CO₂), che si produce in ogni processo di combustione di combustibili fossili. Il CO₂, in quanto composto naturale dell'aria ed indispensabile nella fotosintesi delle piante, non è un inquinante in se stesso, ma livelli eccessivi di accumulo, naturale e provocato dall'uomo, sono ritenuti responsabili di importanti cambiamenti climatici (effetto serra);
- i composti organici volatili (COV), anch'essi derivanti dalla combustione incompleta. Includono gli HC leggeri e gli HC aromatici, come il benzene o altri composti aromatici policiclici;
- gli ossidi di azoto (NO_x) che si formano a temperature di combustione elevate;
- il piombo, usato nella benzina tradizionale per raggiungere l'indice di ottani desiderato;
- il particolato, misurato come particelle sospese totali (PST) o a seconda del diametro (PM₁₀ o PM_{2,5});
- ed inoltre gli aldeidi ed i clorofluorocarburi (CFC), usati per la climatizzazione delle automobili.

I motori a gasolio, detti anche motori diesel, si caratterizzano invece per l'elevata emissione di ossidi di zolfo, tra cui l'anidride solforosa (SO₂).

Gli HC leggeri insaturi e gli NO_x partecipano, assieme all'ossigeno e ad altri composti organici, a reazioni fotochimiche nella bassa atmosfera e sono responsabili della produzione di ossidanti fotochimici, come l'ozono troposferico (O₃) - un'inquinante secondario - e lo smog. Gli NO_x giocano poi un ruolo importante, assieme al SO₂, nella formazione delle piogge acide.

Le attività di trasporto hanno un impatto sia sulle acque di superficie che sulle acque dei mari. L'impatto sulle acque di superficie si esplica soprattutto in due modi: attraverso le infrastrutture che alterano lo scolo delle acque e l'assetto idro-geologico ed attraverso lo sversamento diretto di materiali (parti di gomme, ecc.) o indiretto tramite le piogge acide. L'impatto sulle acque marine si produce invece nel funzionamento ordinario delle navi o nel caso di incidenti quali le fuoriuscite del carico delle petroliere.

Il rumore è un altro effetto, generalmente sgradito, dei mezzi di trasporto. Data la variabilità della sua manifestazione - relativamente alla durata, frequenza, intensità, ecc. - per rappresentare il livello di rumore sono stati sviluppati dei particolari indicatori. Tra questi ricordiamo il dBA, decibel ponderato in scala A, ed il L_{eq}, livello equivalente continuo, ovvero il livello sonoro che corrisponde al livello di rumore costante e continuo che, in un intervallo di tempo, possiede lo stesso 'livello energetico medio' del rumore analizzato.

Viene definita vibrazione un fenomeno ondulatorio, generalmente a bassa frequenza, trasmesso attraverso un mezzo solido. Esso può essere valutato in termini di spostamenti, di velocità e di accelerazione. Le vibrazioni si possono propagare via terra e via aria. Quelle via terra vengono provocate dal passaggio di un veicolo su una superficie più o meno regolare e l'intensità delle vibrazioni dipende dalla dimensione e dall'irregolarità del terreno nonché dalla velocità e dal peso del veicolo. L'intensità è quindi maggiore per i veicoli industriali.

Per intrusione visiva si intendono gli effetti sulla impatto visivo che una struttura di trasporto produce nell'ambiente che la circonda. Questa definizione non implica necessariamente un giudizio negativo; infatti l'inserimento di una nuova infrastruttura di trasporto può produrre, ad esempio, un benefico effetto di rottura della monotonia paesaggistica dell'ambiente, divenendo così un elemento di riferimento e non di disturbo. L'intrusione visiva è assai difficile da misurare dal momento che nella sua valutazione giocano in ampia misura elementi di giudizio estetici ed etici fortemente soggettivi.

L'effetto barriera è l'effetto di separazione fisica conseguente alla presenza di un asse di trasporto che impedisce, o rende più difficili, i collegamenti all'interno di una comunità umana o animale. L'entità dell'effetto dipende dalle caratteristiche dell'infrastruttura (larghezza, numero di attraversamenti pedonali o rampe), dal tipo di traffico che vi si svolge (entità, velocità) e dalle caratteristiche della comunità interessata (struttura per età, tipi di fauna, ecc.). Come indicatori dell'entità dell'effetto barriera si ricorre solitamente al numero di relazioni impedito o all'allungamento dei tempi di attraversamento, censiti con indagini tramite questionari.

Le attività di trasporto sono caratterizzate da un elevato consumo di uso del suolo come sede delle infrastrutture e per la sosta dei veicoli. Si ritiene che, tra tutti i modi di trasporto, il modo stradale sia quello che ha il più elevato consumo del suolo, anche se non esistono precise stime quantitative per le intuibili difficoltà di misurazione.

Come abbiamo già detto, il trasporto è un settore ad alto consumo energetico. Ciò, oltre a porre un problema economico (il costo dell'importazione di energia) ed un problema politico (la dipendenza dall'estero), ha anche riflessi ambientali rilevanti legati, in primo luogo, al fatto che i trasporti consumano quasi esclusivamente energia ricavata da combustibili fossili (una fonte non rinnovabile) e, in secondo luogo, al fatto che il processo di combustione dei combustibili fossili costituisce una fonte importante di emissioni di CO₂.

Per ultimi, ma non come importanza, citiamo impatti ben noti quali gli incidenti e la congestione.

E' immediato rilevare che questi impatti differiscono considerevolmente, come illustrato dalla tav. 1, dal punto di vista dell'unità di misura, della dimensione temporale e spaziale in cui esercitano i loro effetti e della possibilità di identificare una relazione dose/risposta. Queste differenze fanno sì che per alcuni si incontrino notevoli difficoltà nella stima del loro valore economico.

Tav. 1 - Caratteristiche dei principali impatti

Impatto	Unità di misura	Dimensione temporale	Dimensione spaziale	Relazione di dose/risposta
Rumore	Decibel	effetti immediatamente percepibili e di breve periodo	locale, modello di diffusione suff. certo	soglia critica incerta
Inquinamento Dell'aria	molteplici, manca una unità sintetica aggregata	effetti che si manifestano sia nel breve, che nel medio-lungo periodo	locale, regionale e globale, modello di diffusione altamente incerto	massima incertezza sulla soglia critica, effetti sinergici sconosciuti, ma si sospetta rilevanti
Inquinamento Dell'acqua e del suolo	v. sopra	v. sopra	locali e regionali, modello di diffusione incerto	v. sopra
Intrusione visiva ed effetti di separazione	manca una unità di misura naturale	percezione immediata e durata pari alla permanenza dell'infrastruttura o del flusso di traffico	locale	soggettiva
Incidenti	persone coinvolte		locale	

Fonte: Danielis (1995)

Una prima difficoltà deriva dal fatto che mentre per alcuni impatti esiste una *unità di misura* immediatamente identificabile (consumo di suolo, numero di persone coinvolte in incidenti, rumore, vibrazioni, ecc.), per altri manca una unità di misura aggregata (inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo) e per altri ancora manca una "unità di misura naturale", ovvero l'unità di misura è soggettiva (impatto visivo, separazione delle comunità) e dipende da abitudini, gusti, preferenze, ecc.. La precisa definizione della "quantità" di bene ambientale danneggiato è, come vedremo, una condizione necessaria per l'identificazione della curva di domanda del bene.

Inoltre, si individuano diversità nella *dimensione temporale* relativamente alla manifestazione/percezione del danno. I danni possono essere immediati o di breve periodo (rumore, separazione, impatto visivo, cattivi odori, polveri) oppure di medio-lungo periodo (malattie respiratorie e alterazioni genetiche legate all'inquinamento dell'aria e dell'acqua). Più lontano è l'effetto maggiore sarà la difficoltà di stimarne il valore economico.

La *dimensione spaziale* degli impatti ambientali dei trasporti è altresì assai diversificata. Una buona parte degli impatti è relativa all'area circostante il luogo in cui avviene l'attività di trasporto ed è ben localizzata (rumore, impatto visivo, vibrazioni, effetto di separazione, cattivi odori ed alcuni inquinanti, CO, piombo, particolati); altri impatti (ad esempio, quelli prodotti da alcuni inquinanti dell'aria: SO_x, NO_x, HC) si manifestano in un'area più vasta (smog, piogge acide, ozono troposferico) o sono addirittura globali (riduzione dello strato di ozono, effetto serra causato dal CO₂, assieme ai clorofluorocarburi, ozono, ossidi di azoto).

Per gli inquinanti soggetti a fenomeni di trasporto si utilizzano modelli di diffusione, a volte alquanto imprecisi, per di più in presenza di numerose fonti mobili con coefficienti di emissione che variano a seconda del comportamento individuale (manutenzione della vettura, stile di guida) e dell'interazione tra le molte decisioni individuali (congestione). Evidentemente, la difficoltà di definizione della dimensione spaziale dell'impatto comporta incertezze nella individuazione del numero delle "vittime".

Le incertezze connesse alle complesse ed a volte imprecise definizioni temporali e spaziali degli impatti si sommano inoltre alle *incertezze scientifiche* sulla definizione della relazione tra

esposizione all'inquinamento ed effetti sulla salute, sulla psicologia umana e sugli equilibri ecologici. Tutto ciò, connesso anche allo scarso livello di informazione (dovuto alla mancanza di adeguate reti di monitoraggio), limita la possibilità per gli agenti economici di formare e manifestare le proprie preferenze e quindi la propria disponibilità a pagare che sono, come vedremo, le pre-condizioni per stimare il valore economico di un costo esterno. In alcuni casi, inoltre, le incertezze nella dimensione spaziale e temporale dell'impatto rendono assai arduo determinare la distribuzione dei relativi costi esterni tra gruppi sociali diversi e tra generazioni, come sarebbe opportuno fare per effettuare correttamente ragionamenti di equità distributiva.

6. La stima dei costi esterni

Come abbiamo visto, la quantificazione monetaria dei costi esterni implica la determinazione di molteplici variabili quali: il valore della qualità ambientale, del verde e della biodiversità, il valore della salute umana, il valore del tempo ed il valore della sicurezza.

La determinazione del valore di un bene è notoriamente un argomento assai dibattuto nella teoria economica. Nel caso di danni alla salute provocati dall'esposizione ad agenti inquinanti si fa ricorso, alternativamente o congiuntamente, al costo del ricovero ospedaliero, alle perdite di produzione dovute all'assenza dal lavoro, al costo psicologico della sofferenza o alla disponibilità a pagare (DaP) per diminuire il rischio di contrarre una malattia. Evidentemente, mentre i primi due elementi fanno ricorso a costi effettivamente misurabili, gli ultimi due hanno una natura immateriale, che incorpora aspetti psicologici e di preferenza individuale.

Similmente nel caso si debba valutare il valore della sicurezza, ad esempio degli investimenti che diminuiscono l'incidentalità stradale, si fa riferimento a grandezze oggettive quali l'ammontare dei danni alle persone o alle cose, oppure alla DaP per ridurre il rischio di incidente o le conseguenze degli incidenti. Nel caso in cui gli incidenti abbiano conseguenze mortali il valore della sicurezza viene a coincidere con il valore della vita umana, grandezza che a prima vista appare indeterminabile. In realtà quando il problema è riformulato in termini di valore della vita statistica, cioè di riduzione del rischio di morte a causa dell'incidente, cominciano a delinearsi concrete possibilità di determinazione sfruttando scelte monetarie che concretamente, direttamente o indirettamente, gli individui operano tra la sicurezza ed altre esigenze (risparmio, velocità, ecc.).

Il valore del tempo è uno degli argomenti più trattati in letteratura (per una trattazione recente si veda Wardman, 1998) per cui non è necessario dilungarci in questa sede. Tradizionalmente, il valore del tempo è stato approssimato dal costo-opportunità salariale, dichiarato o rivelato dagli individui, e quindi in ultima analisi dalla DaP per risparmiare tempo.

Nel caso del valore dell'ambiente, avendo a che fare con un bene non direttamente connesso con l'uomo ma evidentemente connesso con il suo benessere, la sua determinazione dipende da una preventiva opzione di tipo filosofico. Nel caso si abbracci un'impostazione etico-ecologista estrema la valutazione monetaria non è giustificata in quanto, per definizione, le risorse ambientali (in particolare quelle di specie animale) non sono a disposizione dell'uomo. Nel caso invece si abbracci una impostazione filosofica economico-antropocentrica viene riconosciuta alla specie umana la facoltà di gestire le risorse ambientali, e quindi di operare delle scelte, dei confronti e anche delle valutazioni, che possono essere ricondotte al metro monetario. In questo caso, il valore di una risorsa dipende dall'utilità che l'uomo le attribuisce²³.

²³ Il riferimento è alla filosofia utilitarista (Bentham, 1789) in cui il valore di una risorsa (pianta, insetto o altro) è determinato dall'uomo. Se la risorsa non è di nessuna utilità per l'uomo, avrà valore nullo.

6.1 E' tecnicamente possibile ottenere una stima affidabile del valore dell'ambiente?

Nonostante più di vent'anni di ricerca e di progressi nelle metodologie di stima del valore dell'ambiente, la domanda che dà il titolo a questo paragrafo non ha ancora trovato una risposta definitiva ed accettata all'unanimità²⁴.

Il primo ostacolo di difficile superamento nella stima dei costi esterni è che l'ambiente ha natura di bene pubblico e pone quindi il ben noto problema della rivelazione del valore, cioè si presta a comportamenti di tipo *free riding*²⁵. Alla richiesta diretta di rivelare il valore che si attribuisce all'aria pulita, un consumatore tenderà a sottostimare il valore che gli attribuisce nel caso in cui esso sia preso a misura per la determinazione del contributo che egli dovrà versare (in termini monetari o di comportamento) per il raggiungimento dell'obiettivo di mantenere l'aria pulita, sperando che altri si accollino l'onere per la fornitura del bene, dal cui godimento egli non potrà tecnicamente essere escluso.

La seconda perplessità nel giudicare affidabile la stima del valore dell'ambiente è legata alla pluralità dei metodi di valutazione, che lasciano aperta la questione su quale tra quelle ottenute sia la stima corretta del valore dell'ambiente.

6.2 Il valore economico dell'ambiente

E' necessario premettere che la teoria economica dell'ambiente definisce il valore totale di un bene ambientale come la somma del suo valore d'uso e del valore di non-uso, in cui i due concetti sono definiti come descritto nella tav. 5.

Tav. 2 - Componenti del valore totale di un bene ambientale

Tipologie di valore	Componenti
Valore d'uso	- valore d'uso diretto: derivante dal godimento effettivo del bene
Valore di non-uso	- valore d'opzione (<i>option value</i>): derivante dal godimento potenziale del bene - valore d'esistenza (<i>existence value</i>): derivante dal sapere che il bene esiste - valore d'opzione futura (<i>bequest value</i>): derivante dal godimento potenziale dei propri eredi - valore intrinseco (<i>intrinsic value</i>): utilità indipendente dalle valutazioni umane - valore sociale: (<i>social value</i>): derivante da convincimenti sociali o altruistici
Valore totale	val. d'uso + val. di non-uso

Come vedremo non tutti i metodi, anzi solo uno di questi, comprendono tutte le componenti del valore totale.

6.3 I metodi di stima del valore dell'ambiente

I metodi di stima del valore dell'ambiente fanno riferimento essenzialmente a tre grandezze:

- al consumo di risorse o perdita di prodotto conseguenti al danno ambientale;
- alla disponibilità a pagare per evitare il danno ambientale;

²⁴ Anche commentatori illustri come Quinet (1993) e Nash (1997) si sono recentemente posti la stessa domanda giungendo a conclusioni moderatamente ottimiste.

²⁵ Nella teoria economica si dice che si è in presenza di un atteggiamento di *free-riding* quando, a fronte di un bene pubblico dalla cui fruizione nessuno può essere escluso (il silenzio, la difesa nazionale), si dichiara una disponibilità, a contribuire al finanziamento dello stesso, nulla o inferiore a quella effettiva.

c) oppure ai costi di prevenzione per azioni di abbattimento del danno alla fonte.

Essi possono essere distinti in cinque metodi²⁶:

1. il metodo dose-risposta
2. il metodo della valutazione contingente
3. il metodo dei prezzi edonici
4. il metodo dei costi di viaggio
5. il metodo delle spese difensive

Non essendoci lo spazio per una descrizione dettagliata dei metodi, che tra l'altro sono già ampiamente descritti in vari testi (Pearce e Turner, 1989; Hanley e Spash, 1993, Braden e Kolstad, 1991; Folmer e van Ierland, 1989; Pethig, 1994), forniremo qui solo rapidi commenti, puntando ad evidenziare le evoluzioni più recenti delle metodologie. Un'utile tassonomia dei metodi è inoltre quella esposta nella tav. 6.

Tav. 6 - Tassonomia dei metodi di valutazione monetaria

Metodo basato su una relazione fisica	Metodi basati sulle preferenze dichiarate	Metodi basati sulle preferenze rivelate
<ul style="list-style-type: none"> • dose-risposta 	<ul style="list-style-type: none"> • valutazione contingente 	<ul style="list-style-type: none"> • prezzi edonici • costi di viaggio • spese preventive

6.3.1 Il metodo dose-risposta

Il metodo dose-risposta si costituisce di due fasi. In primo luogo si stima - come dice il nome - la relazione fisica di dose e risposta tra un dato livello di inquinante ed il danno prodotto in termini quantitativi (sull'uomo o sulle piante). Quindi si moltiplica la quantità fisica del danno per il suo valore economico. Esaminiamo a mo' di esempio l'utilizzo di questo metodo per la stima dell'inquinamento atmosferico, aiutandoci con la fig. 6.

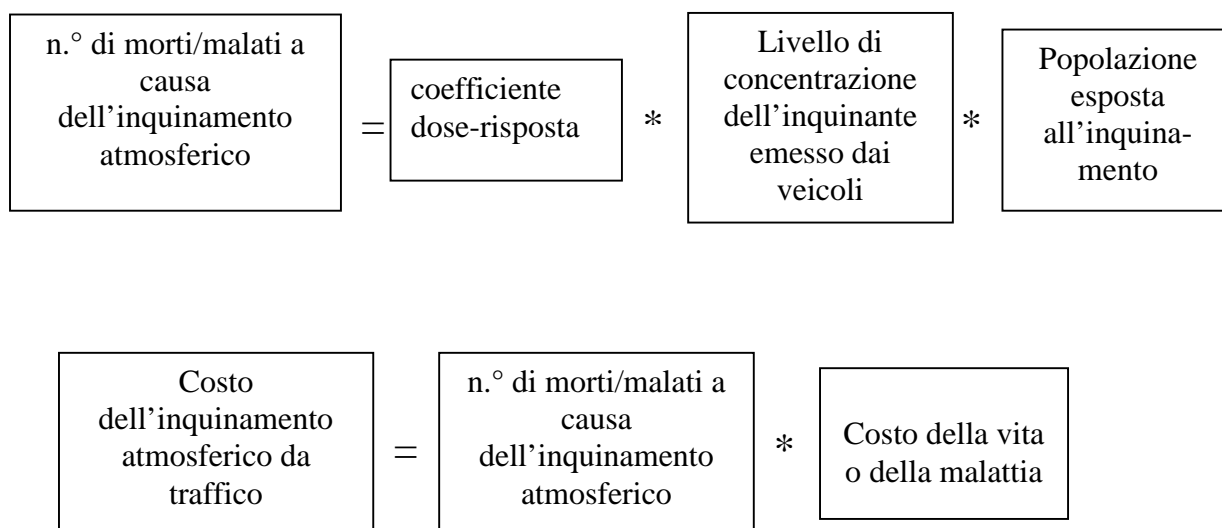


Fig. 6 – Rappresentazione grafica del metodo dose-risposta

²⁶ Alcuni autori li classificano diversamente. Ad esempio, Hanley e Spash (1993) considerano il metodo dose-risposta come un caso di metodo della funzione di produzione, denominato anche come vedremo, metodo delle spese difensive. Noi preferiamo considerarlo come un metodo con delle caratteristiche proprie

Le due fasi sono le seguenti. Nella prima si stimano il numero di morti o malati a causa dell'inquinamento atmosferico moltiplicando il coefficiente dose-risposta per il livello di concentrazione mediamente osservato e per il numero di persone mediamente esposte a quel livello di concentrazione. Nella seconda fase si stima il costo dell'inquinamento moltiplicando il numero di morti o malati per il costo della vita o della malattia. Il vantaggio principale di questa trasformazione dell'oggetto della stima (dall'inquinamento atmosferico alla vita umana o alle malattie connesse all'inquinamento) consiste nel fatto che risulterebbe arduo per qualsiasi persona, una persona comune o un esperto, valutare direttamente in termini economici l'effetto, diciamo, di una diminuzione di $10 \mu\text{m}^3$ della concentrazione media annuale di PM_{10} . Il coefficiente dose-reazione consente così di tradurre la diminuzione dell'inquinamento in termini di minore mortalità o morbilità, rendendo più facile la valutazione e rendendo esplicita una fase del percorso mentale che l'individuo dovrebbe comunque compiere per esprimere (come vedremo nel prossimo metodo) la sua disponibilità a pagare per una riduzione dell'inquinamento. Il valore della mortalità viene poi stimato attraverso valutazioni basate sulle preferenze (e quindi sul metodo della valutazione contingente o su quello dei prezzi edonici²⁷) o sulla base del capitale umano²⁸. Il valore della morbilità viene invece stimato ricorrendo alle spese sanitarie (in questo caso si parla di approccio del costo della malattia, *cost of illness approach*), alle giornate lavorative perse o alle preferenze.

Nel caso in cui vengano usate le spese sanitarie o le giornate lavorative perse, si manifesta un altro vantaggio di questo metodo. Il valore economico della riduzione dell'inquinamento risulta, infatti, determinato sulla base del minore consumo di risorse o della perdita di prodotto conseguente alla malattia, indicatori, criticabili dal punto di vista teorico, ma che hanno un evidente vantaggio dal punto di vista del decisore politico in quanto possiedono una concretezza facilmente apprezzabile. Mentre le valutazioni basate sulle preferenze, teoricamente più fondate, contengono elementi soggettivi meno politicamente spendibili.

Altre applicazioni comuni di questo metodo riguardano gli effetti dell'inquinamento atmosferico sui monumenti, sulle risorse agricole o sulla qualità dell'acqua. In questi ultimi due casi la perdita di prodotto viene spesso approssimativamente stimata ricorrendo al prezzo di mercato della risorsa, anche se una stima più precisa dovrebbe tenere conto della funzione di domanda e di offerta, e quindi, in ultima analisi, del mercato della risorsa stessa. In questo caso la seconda fase del metodo richiama il funzionamento del metodo dei costi evitati o della funzione di produzione che discuteremo più avanti.

Un limite certo di questa tecnica è che non comprende il valore di non uso di una risorsa (nel caso che questa lo possieda).

6.3.2 Il metodo della valutazione contingente

Proposto originariamente da Davis (1963), il metodo della valutazione contingente (CV) ha sollevato molto interesse ed è documentato in innumerevoli libri ed articoli (tra i più noti e recenti, Bjornstad e Kahn, 1996).

Non essendoci un mercato in cui vengono scambiati i beni ambientali, l'applicazione del metodo della valutazione contingente consiste nel ricreare il funzionamento di un mercato ipotetico attraverso un'intervista debitamente strutturata, in cui ad una persona viene chiesto quanto sarebbe disposta a pagare (*willingness to pay*, WTP)²⁹ per disporre di una risorsa ambientale. L'applicazione del metodo CV si compone di sei fasi:

²⁷ Nel caso della vita umana si usa spesso come mercato correlato il mercato del lavoro, osservando i differenziali salariali connessi a lavori con diverso grado di rischiosità.

²⁸ Su questo punto si può vedere Danielis (1996, p. 41).

²⁹ Alternativamente, si potrebbe richiedere la disponibilità ad accettare, WTA, un risarcimento per subire una diminuzione della risorsa ambientale. In letteratura, si è sviluppato un lungo dibattito (cfr. Hanley e Spash, 1993, p.62)

- la predisposizione del mercato ipotetico, durante la quale si devono adeguatamente presentare al rispondente le alternative tra cui deve scegliere. Ad esempio, se si vogliono restaurare dei monumenti storici nel centro città (*public good*), si deve illustrare adeguatamente lo stato dei monumenti, il tipo di restauro che verrà effettuato e l'aspetto che i monumenti avranno dopo il restauro. Inoltre, si deve spiegare come verranno raccolte le somme necessarie per finanziare il restauro e come esse graveranno sui cittadini (*bid vehicle*). Solitamente i questionari sono pre-testati su un gruppo rappresentativo di cittadini.
- la registrazione della dichiarazione dell'eventuale disponibilità a pagare, che può avvenire tramite intervista telefonica, con spedizione postale o tramite intervista. Ciascuna delle tre opzioni presenta vantaggi e svantaggi, ma la terza è sicuramente la più sfruttata perché offre maggiori potenzialità di comunicazione. Tecnicamente, la disponibilità a pagare (*willingness to pay*, WTP) si può ottenere attraverso: (a) un meccanismo d'asta (*bidding game*) in cui si suggeriscono valori di WTP sempre più elevati fino a raggiungere la disponibilità massima, (b) un referendum chiuso in cui si definisce una cifra che il rispondente può accettare o rifiutare, (c) un insieme di valori prefissati tra i quali deve essere scelta la WTP o (d) una domanda aperta in cui la WTP è scelta senza indicazioni da parte dell'intervistatore. Il mezzo di pagamento può essere rappresentato da un esborso monetario diretto o da forme indirette, quali ad esempio l'aumento delle tasse locali. Tutte queste modalità alternative di definizione della WTP sono state testate e discusse in modo approfondito in letteratura³⁰.
- il calcolo della disponibilità a pagare media o mediana. Raccolte le WTP individuali deve essere identificato il valore medio o mediano. La scelta tra i due indicatori è legato al modo in cui si decide di trattare i valori estremi (*outliers*) o le dichiarazioni di protesta (valore zero e valore tendente ad infinito). Se si sceglie la mediana, che solitamente nelle applicazioni CV ha valori inferiori alla media, gli estremi hanno minore importanza. Anche su questo punto, in particolare sull'opportunità dell'eliminazione a priori dei voti di protesta, si è sviluppato un interessante dibattito, in quanto essi rappresentano comunque delle preferenze e come tali andrebbero considerati.
- la stima della curva di domanda individuale, in cui si esplicita, ad esempio, la relazione (citata in Hanley e Spash, 1993):

$$WTP_i = f(Y_i, E_i, A_i, Q_i)$$

per capire come si modifica la WTP di ogni individuo al variare del reddito Y, del livello di istruzione E, dell'età A e della quantità del bene ambientale Q.

- la stima della WTP aggregata o totale, che richiede: (a) la definizione della popolazione rilevante, in quanto la sua utilità è modificata dall'azione che si vuole intraprendere o in quanto fa parte della giurisdizione che prende le decisioni; (b) il riporto all'universo della media campionaria e (c) la definizione del periodo di tempo in cui i benefici sono aggregati (ad esempio, se i benefici saranno goduti per molti anni ci sarà bisogno di calcolare il loro valore attuale).
- la valutazione dell'esercizio di stima per verificare il successo o l'insuccesso del procedimento ipotetico messo in atto.

Mentre i pregi del metodo sono facilmente individuabili nel fatto che: (a) si tiene conto delle preferenze, (b) si stima anche il valore di non uso e (c) può essere virtualmente applicato ad ogni

su quale sia l'indicatore più opportuno. Una delle conclusioni è che la WTA tende ad essere maggiore della WTP perché gli individui sono "avversi alla perdita". Cioè valutano maggiormente la diminuzione piuttosto che l'aumento nella fornitura di un bene. Per questa e per altre ragioni, è raccomandato l'uso della WTP.

³⁰ Il NOAA panel, un gruppo di esperti e premi Nobel che ha valutato la bontà teorica del metodo CV (Arrow *et al.*, 1993) ha consigliato l'uso di formati a scelta chiusa (discreta). Questa soluzione è però molto sensibile alle assunzioni sulla funzione di utilità (Halversen e Saelensminde, 1998). Questo problema sarà anche richiamato quando discuteremo dei pro e contro del metodo SP.

tipo di risorsa ambientale - nonostante le applicazioni più frequenti riguardino le aree naturalistiche, i parchi e la sicurezza - sui difetti è tuttora in corso un'ampia discussione. Come in tutte le rilevazioni dirette, infatti, sono possibili distorsioni nella dichiarazione delle preferenze, che possono sistematicamente portare ad una sovra- o sottostima dei valori; esempi ne sono la distorsione ipotetica, quella strategica e quella connessa al disegno del questionario.

Si è in presenza di una distorsione *ipotetica* se il fatto di operare una scelta in un mercato ipotetico invece che in un mercato reale comporta un errore sistematico di stima. Se l'errore non è sistematico, cioè si ottengono sia sovra- che sottostime di vario livello, allora non siamo in presenza di una distorsione, ma di un errore casuale trattabile con i comuni metodi statistici. L'errore sistematico potrebbe derivare dal fatto che colui che sceglie non ha una esperienza diretta e ripetuta con la risorsa che deve valutare e dal fatto che nel mercato ipotetico simulato nel questionario manca quell'interazione tra i soggetti agenti che invece esiste nel mercato reale. Quindi nel mercato ipotetico vengono espresse intenzioni e non azioni, ma nella misura in cui le intenzioni ed i propositi sono un buon indicatore delle azioni future, come alcune ricerche psicologiche hanno mostrato, anche le informazioni che si ricavano dai mercati ipotetici sono rilevanti. I test empirici effettuati in proposito hanno mostrato in alcuni casi l'esistenza di questo tipo di distorsione, che però può essere certamente minimizzata attraverso una attenta e realistica costruzione del processo di valutazione (Cummings e Osborne Taylor, 1998).

La distorsione *strategica* è legata alla possibilità di *free-riding* connessa al bene pubblico ambiente. Essendo la risorsa ambientale non escludibile, il rispondente può tendere sistematicamente a sottostimare la sua WTP se il contributo che dovrà effettivamente sborsare è connesso alla sua dichiarazione di WTP. In questo caso la distorsione può essere eliminata chiarendo che il contributo che a lui verrà richiesto (sotto forma di imposta locale, ad esempio) sarà pari al valore della WTP media, a cui la sua dichiarazione contribuisce in modo poco rilevante. Alternativamente, nel caso il bene ambientale vada a speciale beneficio del rispondente (ad esempio, la predisposizione di un parco nelle vicinanze della abitazione del rispondente che, quindi, ne aumenta il valore di mercato), e pertanto ci sia un incentivo sistematico a sovrastimare la WTP, si dovrà chiarire che le imposte locali saranno calcolate, e possibilmente differenziate, sulla base della dichiarazione di WTP. In conclusione, pur riconoscendo la possibilità di una distorsione strategica, sono stati presentati in letteratura sia modi per minimizzarla³¹ che tecniche per scoprirne l'esistenza³², per cui questa distorsione risulta meno problematica di quanto appaia di primo acchito.

Esiste inoltre un gruppo di potenziali distorsioni connesse al *disegno* del questionario. Nelle sue varie fasi, la procedura di rilevazione delle preferenze comporta delle scelte che possono influire sistematicamente sul risultato finale. Tali scelte riguardano:

- il tipo di mezzo di pagamento per usufruire del bene, ad esempio la WTP per la costruzione di un parco può differire a seconda che l'ingresso al parco si preveda gratuito o a pagamento. Il suggerimento per non incorrere in questa distorsione è quello di prevedere forme di pagamento di comune utilizzo.
- il punto di partenza. Nel processo di stima della WTP massima il punto di partenza può condizionare il risultato finale, sia perché può essere interpretato come la WTP minima che per la fretta del rispondente di giungere alla fine del questionario (*anchoring effect*, O'Conor *et al.*, 1999);
- l'informazione da fornire ai rispondenti sul bene da valutare. Fornire informazione, ad esempio sugli effetti dell'inquinamento atmosferico, può essere visto come un lodevole contributo ad una

³¹ Mitchell e Carson (1989) suggeriscono di: rimuovere gli *outliers*, sottolineare che tutti contribuiscono al finanziamento, nascondere le WTP espresse dagli altri rispondenti, chiarire che la fornitura del bene dipende dai risultati dell'indagine. Altri autori suggeriscono invece di adottare una tecnica di raccolta delle preferenze di tipo referendum con valori crescenti.

³² Ad esempio, confrontando la distribuzione di risultati ottenuta con una distribuzione "normale" o inserendo domande di controllo.

valutazione informata (in questo caso, sui costi da sostenere per ridurre l'inquinamento), ma senz'altro condiziona il risultato, per cui la WTP diventa endogena al processo di valutazione. In altre parole, il tipo di questionario somministrato può influenzare il risultato finale. Il tipo e la natura delle informazioni fornite deve quindi essere attentamente valutato.

6.3.3 Il metodo dei prezzi edonici

Questo metodo consiste nell'individuare con tecniche econometriche il peso che la caratteristica "qualità dell'ambiente" ha sul prezzo di un bene scambiato sul mercato, partendo dall'osservazione che alcuni beni scambiati sul mercato possiedono importanti caratteristiche ambientali (ad esempio, una casa può essere localizzata in un luogo più o meno rumoroso o inquinato) e che le caratteristiche ambientali stesse concorrono a determinarne il prezzo (Lancaster, 1966). Le applicazioni più comuni riguardano il rumore, la qualità dell'aria e la sicurezza. Consideriamo il caso del valore del rumore (o meglio, del silenzio) stimato sulla base dei prezzi di mercato delle abitazioni. Il valore di una casa P_h dipenderà dalle sue caratteristiche tipologiche S_i (dimensioni, numero di stanze, presenza di un garage o di un giardino, ecc.), dalle caratteristiche del luogo in cui si trova N_j (accessibilità, densità, caratteristiche del vicinato, prossimità ai negozi, mezzi pubblici, parcheggi, ecc.) e dalle sue qualità ambientali Q_k (livello di rumorosità, qualità dell'aria, vista, ecc.). Avendo a disposizione un numero di dati sufficientemente elevato e differenziato è possibile stimare econometricamente la relazione:

$$P_h = P(S_i, N_j, Q_k) \quad (1)$$

chiamata funzione dei prezzi edonici (*hedonic price function*), in quanto la derivata del prezzo rispetto ad una qualità ambientale (ad esempio, il rumore)

$$\frac{\partial P_h}{\partial Q_k} = P(S_i, N_j, Q_k) \quad (2)$$

rappresenta il prezzo implicito o edonico (detto anche rendita differenziale) del rumore stesso, cioè il valore che gli individui attribuiscono implicitamente (preferenza rivelata) al rumore³³. Un prezzo implicito può aumentare o diminuire per una variazione marginale aumentativa della qualità ambientale, cioè la funzione (2) può essere positiva o negativa a seconda che la funzione (1) abbia derivata seconda positiva o negativa. Nel caso specifico del rumore, se esso è sempre meno tollerato man mano che cresce di livello, il prezzo implicito sarà crescente.

L'ultimo passo è quello di stimare la curva di domanda che permette di calcolare il valore di una eventuale riduzione del rumore, curva che può essere espressa come

$$P_i = P(Q_i, Y_i, A_i) \quad (3)$$

in cui il prezzo edonico del rumore dipende, ad esempio, dal livello del rumore, dal reddito e dall'età.

I limiti di questa metodologia sono i seguenti:

- pone numerosi problemi econometrici (rischio di omissione di variabili rilevanti, correlazione tra variabili esplicative, difficoltà di individuare la forma funzionale dell'equazione);
- i mercati possono essere segmentati e quindi non in equilibrio;

³³ La correttezza di questa affermazione, tecnicamente, implica l'assunto di separabilità debole e di complementarità debole (Freeman, 1979). Per separabilità debole si intende che il saggio marginale di sostituzione tra due beni presenti nella funzione di utilità è indipendente dal livello degli altri beni. Per complementarità debole si intende che se il bene non è acquistato allora la WTP per i beni che compongono le sue caratteristiche (es. ambientali) è anche zero. Ciò impedisce a questo metodo di stimare i valori non d'uso.

- è necessario che gli utenti abbiano una buona percezione della caratteristica ambientale da valutare affinché le preferenze vengano riflesse dai prezzi. Ciò si ha nel caso del rumore (da cui il suo massiccio utilizzo per la valutazione di questa esternalità), mentre non è sempre vero nel caso dell'inquinamento atmosferico (Brookshire *et al*, 1982);
- non permette di stimare, come abbiamo spiegato in nota, i valori di non-uso;

Tra i pregi si cita soprattutto il fatto che usa le preferenze rivelate e quindi si basa su scelte effettivamente compiute.

6.3.4 Il metodo dei costi di viaggio

Il metodo dei costi di viaggio, che è il più vecchio fra i metodi di valutazione (si fa risalire a Wood e Trice, 1958 e Clawson e Knetsch, 1966), consiste, invece, nello stimare il valore di una risorsa ambientale (solitamente luoghi di ricreazione come parchi, laghi o aree di interesse naturalistico) attraverso le spese sostenute per godere della medesima. In altre parole, si stima il valore di una risorsa ambientale attraverso i comportamenti di consumo in altri mercati necessari per godere della risorsa stessa. Tali costi sono, appunto, nel caso di un parco, il costo del viaggio per raggiungerlo (che include sia i costi variabili che quelli di ammortamento del mezzo), l'eventuale biglietto di ingresso e le ulteriori spese che si sostengono in loco.

Formalmente, mutuando da Hanley e Spash (1993), si tratta di stimare la funzione individuale:

$$C_{ij} = C(DC_{ij}, TC_{ij}, F_i)$$

in cui il costo dell'individuo i per raggiungere la località j dipende dalla distanza da percorrere DC , dal tempo da impiegare TC e dagli altri costi F (ingresso, altre spese). Quindi si stima la funzione di generazione dei viaggi ed, infine, il numero di viaggi legati alla fornitura della risorsa (ad esempio, un ampliamento o miglioramento del parco).

I principali problemi connessi a questo metodo, che trova larga applicazione negli enti governativi anglosassoni, sono legati:

- al fatto che spesso esistono molteplici motivi per il viaggio e solo in rari casi il viaggio è determinato dall'interesse per la risorsa. Ci potrebbe essere anche un piacere connesso al viaggio stesso;
- al fatto che è necessario distinguere tra i viaggi dei residenti nelle vicinanze del parco da quelli dei non residenti (ad es. i vacanzieri), la cui visita alla risorsa può essere uno delle determinanti della scelta del luogo di vacanza oppure essere solo casuale;
- alla situazione di informazione incompleta con cui i visitatori decidono. La decisione viene presa confrontando le spese di viaggio con il grado di soddisfazione che *ex-ante* si ritiene di ottenere, ma questa potrebbe essere di molto inferiore a quella effettivamente ottenuta *ex-post* (Hoevenagel, 1994)
- a problemi econometrici connessi alla natura dei dati (*truncated*, in quanto si intervistano solo i visitatori e *censored*, in quanto esiste la soglia almeno di un viaggio per partecipare al campione intervistato)
- alla difficoltà di stimare i costi del viaggio e del tempo.

Questo metodo, applicabile essenzialmente nei casi di luoghi di ricreazione e di interesse storico, artistico o naturalistico, è stato ampiamente esplorato, per cui sia le potenzialità, che gli accorgimenti necessari per avere stime coerenti sono noti in letteratura. Pur facendo riferimento alle preferenze rivelate, così come il metodo dei prezzi edonici, il metodo dei costi di viaggio non si basa sull'osservazione delle scelte effettuate (l'acquisto di una casa), ma sul resoconto che il rispondente fa del viaggio e dei motivi che lo hanno condotto ad intraprenderlo. Presenta quindi un filtro mentale che indebolisce l'oggettività dell'osservazione (McConnell, 1993). Un grosso limite,

inoltre, è la mancata considerazione del valore di non-uso, e quindi del valore della conservazione, che nel caso dei parchi potrebbe essere molto rilevante.

6.3.5 Il metodo delle spese difensive

Il metodo delle spese difensive stima il peggioramento della qualità ambientale sulla base delle spese che vengono fatte per mitigare o annullare le conseguenze del peggioramento. Il metodo va anche sotto il nome di approccio della funzione di produzione, in quanto data una funzione di produzione, ad esempio:

$$X = f(L, K, I, Q)$$

in cui il prodotto X (ad esempio, la soia) richiede l'utilizzo di lavoro L , macchinari K , fertilizzanti I e di una certa qualità del suolo Q , se la qualità del suolo peggiora si dovrà aumentare la quantità fertilizzanti. L'incremento di spesa dovuto all'acquisto di fertilizzanti per compensare la perdita di fertilità del suolo rappresenta una valutazione della risorsa qualità del suolo.

Il metodo è stato proposto anche per stimare il valore della sicurezza o della vita umana sulla base delle spese per le cinture di sicurezza, o il valore del silenzio (in prossimità di un aeroporto) sulla base del costo di acquisto ed installazione dei doppi vetri. Nel primo caso l'opinione prevalente in letteratura è che questo metodo porti ad una sottostima del valore effettivo, o meglio, che ne rappresenti la soglia minima, in quanto se da un lato le cinture di sicurezza riducono il rischio di morte, dall'altro rappresentano agli occhi di molti una scomodità. Nel caso del rumore, invece, il metodo dei costi preventivi potrebbe comportare una sovrastima in quanto, oltre alla riduzione del rumore, si otterrebbero altri effetti positivi quali, ad esempio, una minore dispersione termica e quindi minori costi di riscaldamento.

6.3.6 Recenti proposte metodologiche

L'insieme delle metodologie di stima dei beni non scambiati sul mercato, come è il caso delle risorse ambientali, si è recentemente arricchito di nuove proposte.

Un primo suggerimento è quello di usare le metodologie che vanno sotto il nome di *stated preferences* o *conjoint analysis*, (SP) o metodo delle preferenze dichiarate, largamente usate nell'economia dei trasporti ed in altre discipline (ad esempio, nel marketing) per esplorare le preferenze dei consumatori rispetto alle caratteristiche qualitative di beni disponibili o anche non ancora disponibili. Nell'economia dei trasporti, ad esempio, sono usate per stimare in termini quantitativi come gli utenti valutano le caratteristiche qualitative dei modi di trasporti quali la puntualità, l'affidabilità o la sicurezza, oppure per stimare la domanda per servizi non ancora offerti (ad esempio, un nuovo collegamento ferroviario) attraverso il ricorso a scelte in contesti ipotetici.

La caratteristica principale di questo approccio rispetto al metodo della valutazione contingente è quello di non chiedere direttamente la disponibilità a pagare, ma inferirla dalle scelte fatte dal rispondente (Pearman, 1994). Nelle interviste di tipo *stated preferences* si chiede al rispondente di scegliere tra un insieme di alternative multiattributo (vale a dire, che presentano diversi livelli di costo, qualità ambientale, sicurezza, affidabilità, ecc.), sulla base delle sue scelte vengono inferiti i parametri della sua funzione di utilità e quindi il valore monetario degli attributi. Si ritiene che questa caratteristica del metodo SP presenti dei vantaggi rispetto al metodo CV in quanto la situazione ipotetica con cui si confronta un rispondente (la scelta tra due opzioni multiattributo) è più vicina alla scelte reali rispetto alla situazione ipotetica proposta col metodo CV (stabilire la disponibilità a pagare per un bene non scambiato sul mercato).

Inoltre, alcuni ritengono che venga di molto diminuita la probabilità della distorsione strategica, in quanto il carattere multiattributo del servizio rende meno chiara la strategia di un individuo per influenzare le politiche.

Naturalmente, il modo indiretto di calcolare la WTP pone il problema di stimare la forma funzione di utilità, problema che invece non si pone per il metodo CV grazie al suo approccio diretto.

Se i vantaggi superino gli svantaggi è una domanda che non ha risposta a livello teorico, ma a livello empirico. Senz'altro, comunque, si assiste sempre più spesso all'uso delle tecniche SP anche in campo ambientale (Johnson e Desvousges, 1997).

Recentemente, si è assistito anche al tentativo di un uso contestuale dei metodi RP (prezzi edonici, costi di viaggio e spese difensive) ed SP, combinando quindi le preferenze rivelate con quelle dichiarate, al fine di sfruttare al meglio i pregi di entrambe le informazioni (Adamowicz *et al.*, 1994; Adamowicz *et al.*, 1997).

6.3.7 Conclusioni sui metodi di stima

La presentazione teorica e gli esempi di applicazioni che abbiamo discusso hanno messo in evidenza le potenzialità e le difficoltà della stima monetaria dei costi esterni.

E' emerso che esistono diversi metodi per stimare il valore economico dei costi esterni del trasporto. Non si può provare che un metodo sia in tutti i casi migliore di tutti gli altri, ma si può pensare ad alcuni criteri (coerenza teorica del metodo, ripetibilità dei risultati, comparabilità con altre stime³⁴, apprezzamento scientifico del processo di valutazione) per valutare sia i metodi che le applicazioni effettuate con questi metodi³⁵. La scelta del metodo dipenderà, prevalentemente, dal tipo di esternalità o bene pubblico da valutare, dai dati disponibili, dal grado di informazione degli utenti e dalle risorse finanziarie e di tempo.

Come appare dalla discussione teorica, i diversi metodi portano prevedibilmente a risultati diversi (Carson *et al.*, 1996). Ciò dipende dal fatto che si misurano grandezze diverse e componenti del valore economico diverse.

Nel caso da noi considerato - i costi esterni dei trasporti - illustriamo nella tab. 7 la frequenza dei lavori di stima per le diverse esternalità (a nostra conoscenza) con i succitati metodi, che è evidentemente un indicatore della loro potenzialità nel caso specifico dei costi esterni da traffico.

³⁴ Confronta su questo tema van der Bergh e Button (1997), e Button (1998) che tentano una meta-analisi delle valutazioni economiche dei costi esterni dei trasporti.

³⁵ Un tentativo, in verità non molto convincente, di comparare i metodi di stima è contenuto in Hoevenagel (1994, p. 262).

Tav. 7 - Numero di studi pubblicati con i diversi metodi (in nota alcuni recenti riferimenti bibliografici³⁶)

Esternalità	DR	CV	HP	TC	SD
Inquinamento atmosferico	(++) ³⁷	(+)	(+) ³⁸	(N)	(+) ³⁹
Inquinamento acustico	(+)	(+)	(++) ⁴⁰	(N)	(++)
Inquinamento delle acque	(+)	(+) ⁴¹	(-)	(-) ⁴²	(+)
Sicurezza	(+)	(++) ⁴³	(+)	(N)	(-)
Vibrazioni	(N)	(N)	(-)	(N)	(N)
Separazione delle comunità	(N)	(-)	(N)	(N)	(N)
Intrusione visiva	(N)	(+) ⁴⁴	(-)	(N)	(N)

DR=dose-risposta, CV=valutazione contingente, HP=prezzi edonici, TC=costi di trasporto, SD=spese difensive
 (++)=molti, (+)=abbastanza, (-)=pochi (N)=nessuno

Poichè la possibilità di valutare un costo esterno dipende dalle sue caratteristiche intrinseche, dal grado di conoscenza, sia del pubblico che degli esperti scientifici, della sua natura, dal tipo e dagli orizzonti spazio-temporali delle conseguenze cui dà origine⁴⁵, alcuni costi esterni - come l'inquinamento atmosferico, il rumore e la sicurezza - sono stati oggetto di studio molto più frequentemente degli altri. L'inquinamento atmosferico è stato valutato soprattutto utilizzando il metodo dose-risposta, il rumore è tipicamente valutato tramite il metodo dei prezzi edonici, mentre la sicurezza è valutata soprattutto con il metodo della valutazione contingente⁴⁶.

Certamente per ottenere una buona valutazione servono appropriate risorse e competenze. Il processo di stima deve essere accuratamente progettato, eseguito ed interpretato. La bontà di un metodo può essere facilmente compromessa da errori tecnici nella sua applicazione. Se si rispettano questi requisiti e se si ha piena consapevolezza delle incertezze e delle approssimazioni delle stime economiche, l'opinione prevalente e da noi condivisa, è che la valutazione monetaria dei costi esterni aiuta senz'altro a prendere decisioni "migliori" sia a livello politico che individuale. La valutazione monetaria dei costi esterni infatti completa, in alcuni casi in modo decisivo, l'analisi dei costi e dei benefici sulla base della quale, formalmente o implicitamente, gli operatori pubblici e privati prendono le loro decisioni.

Sicuramente è compito degli economisti migliorare e collaudare i metodi di stima per fornire ai decisori informazioni con il minor grado di incertezza possibile, ma la natura incerta dei dati non è una caratteristica esclusiva dei beni ambientali (o più in generale dei beni pubblici o dei beni non scambiabili sul mercato). Si pensi solo alle incertezze statistiche (seppur di minore entità) ed alle dispute che, ancora oggi e nonostante si usi una metodologia più consolidata, circondano i dati sul PIL o sulla disoccupazione sulla base dei quali viene approntata la politica economica.

³⁶ Molti studi relativi al rumore, all'inquinamento atmosferico ed alla sicurezza pubblicati negli anni '80 sono già riportati in Danielis (1996, pp.37-42).

³⁷ Per citare solo alcuni esempi a livello internazionale: Mayeres (1996), Maddison *et al.* (1996). Per l'Italia: Danielis e Chiabai (1996), Danielis (1999).

³⁸ Smith e Huang (1995), Chattopadhyay (1999).

³⁹ Dickie *et al.* (1986), Johansson (1994), Cropper e Freeman (1991), Smith (1991), Bresnahan, *et al.* (1997).

⁴⁰ Palmquist, R. (1982).

⁴¹ Riferimenti in Kopp e Smith (1993).

⁴² Smith e Desvousges (1985).

⁴³ Jones-Lee (1990).

⁴⁴ Randall *et al.* (1974).

⁴⁵ Ad esempio, sarà molto più semplice valutare il costo del rumore, che ha dimensione spaziale locale e durata limitata, dell'effetto serra che ha dimensioni geografiche e temporali altamente incerte.

⁴⁶ Per ulteriori dettagli sui metodi applicati per ciascuna esternalità ambientale si rimanda a Danielis (1996, cap. 2).

Dell'incertezza delle stime va certamente tenuto debito conto, ma non può essere un motivo per tralasciare un aspetto, quale i costi esterni dei trasporti, di grande rilevanza in molte decisioni di politica dei trasporti.

7. Conclusioni generali

In questo capitolo, mediante gli esempi classici dell'inquinamento atmosferico e della congestione, abbiamo presentato la teoria microeconomica dei costi esterni, illustrando la soluzione ottimale consistente in un'imposta pari al costo marginale esterno. Abbiamo quindi argomentato che la possibilità di definire e calcolare l'imposta fiscale si complica qualora si considerano le possibili distorsioni presenti nei mercati connessi ed in considerazione dei problemi di stima della funzione dei costi esterni. Inoltre, abbiamo fatto alcuni cenni alle difficoltà di applicazione concreta di un'imposta efficiente e alla sua scarsa accettabilità sociale.

Date le difficoltà connesse ad un'imposta efficiente, molto spesso le stime empiriche – come vedrà nel capitolo successivo - si limitano a stimare i costi medi o totali del trasporto, abbandonando quindi il criterio della costo-efficienza per abbracciare quello della costo-efficacia.

La categoria dei costi esterni fa riferimento al concetto di esternalità, che è ampiamente usato ma – a mio parere, insufficientemente definito, nella teoria microeconomica. Dopo aver ripreso le definizioni più significative, si è discusso della specifica applicazione del concetto ai tipici costi esterni generati dai trasporti (inquinamento, rumore, incidenti). E' emerso che:

- La definizione di costi esterni è influenzata dalle ipotesi in merito al comportamento dell'individuo.
- È tutt'altro che univoco definire dal punto di vista teorico la funzione dei costi marginali esterni nel caso degli incidenti.
- L'ammontare dei costi esterni dipende dall'assetto istituzionale che si è dato un paese.

Si è quindi passati ad identificare i costi esterni e presentare le metodologie per la loro stima. Le difficoltà che si incontrano hanno, a ben vedere, a che fare con la caratteristica dei costi e benefici esterni di coinvolgere beni pubblici (ambiente e capitale umano), privi, per definizione, di diritti di proprietà e quindi non scambiati e valutati sul mercato, con caratteristiche di rivalità e di non escludibilità e con l'esistenza del fenomeno del *free-riding*. Inoltre, diversi costi e benefici esterni hanno complesse dimensioni spaziali e temporali, sono a volte di difficile misurazione ed hanno natura incerta (ad esempio, l'effetto serra). Contribuisce poi alle difficoltà la natura pervasiva dei trasporti che interagiscono con la quasi totalità delle decisioni di consumo e di produzione, per cui il trasporto è spesso componente derivata di altre attività.

La letteratura e le sperimentazioni sulla stima dei costi esterni stanno evolvendo rapidamente, come documentano anche i contributi presentati nei capitoli successivi, ma le incertezze e l'ampiezza degli intervalli di stima sono ancora così ampi da rendere problematica l'assunzione di decisioni di natura fiscale sulla base delle stime proposte.

Riferimenti bibliografici

- Adamowic, W., Louviere, J. E e Williams, W. (1994) "Combining revealed and stated preference methods for valuing environmental amenities", *Journal of Environmental Economics and Management*, 26, 271-292.
- Adamowic, W., Swait, J., Boxall, P., Louviere, J. E e Williams, W. (1997) "Perceptions versus objective measures of environmental quality in combined revealed and stated preference models of environmental valuation", *Journal of Environmental Economics and Management*, 32, 65-84.
- Arrow, K., Solow, R., Portney, P.R., Learner, E.E., Radner, R. e Schuman, H. (1993) "Report from the NOAA panel on contingent valuation", *Federal Register* 58 (10), 4601-14.

- Arrow, K.J. (1970) "The Organization of Economic Activity: Issues Pertinent to the Choice of Market versus Non-Market Allocation" in Haveman e Margolis (a cura di) *Public Expenditures and Policy Analysis*, Chicago.
- Bator, F.M. (1958) "The Anatomy of Market Failure", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 72, pp. 351-379.
- Baumol, W.J. e Oates, W.E. (1988) *The theory of Environmental Policy* (2da ed.), Cambridge University Press, Cambridge.
- Bentham, J. (1789) *An introduction to the Principles of Morals and Legislation*.
- Bergh, van den, J.C.J.M. e Button, K.J. "Meta-analysis of environmental issues in regional, urban and transport economics", *Urban-Studies*, 34 (5-6), 927-44.
- Bjornstad, D.J. e Kahn, J.R. (1996) *The Contingent Valuation of Environmental Resources*, E. Elgar.
- Blum, U. (1997) "Benefits and external benefits of transport: a spatial view", in Green, D.L. Jones, D.W. e Delucchi M. (eds) *The Full Cost and Benefits of transportation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Braden, J.B. e Kolstad, C.D. (a cura di) (1991) *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Elsevier, Amsterdam.
- Bresnahan, B.W, Dickie, M. e Gerking, S. (1997) "Averting behavior and urban air pollution", *Land Economics*, 73 (3), 340-57.
- Brookshire, D.S., Thayer, M.A., Schulze, W.D. e d'Arge, R.C. (1982) "Valuing public goods: A comparison of survey and hedonic approaches", *American Economic Review*, 72, 165-178.
- Buchanan, J.M. e W.C. Stubblebine (1962), "Externality", *Economica*, 29, pp. 371-384.
- Button, K.J. (1998) "The Three Faces of Synthesis: Bringing Together Quantitative Findings in the Field of Transport and Environmental Policy", *Environment and Planning C: Government and Policy*; 16 (5), 517-28.
- Calabresi, G. (1972) "Toward a test for strict liability in Torts", *The Yale Law Journal*, 81 (6), 1055-1085.
- Carson, R.T., Flores, N.E., Martin, K.M., e Wright, J.L. (1996) "Contingent valuation and revealed preference methodologies: Comparing the estimates for quasi-public goods", *Land Economics*, 72, 80-99.
- Chattopadhyay, S. (1999) "Estimating the demand for air quality: new evidence based on the Chicago housing market", *Land Economics*, 75 (1), 22-38.
- Clawson, M. e Knetsch, J. (1966) *Economics of Outdoor Recreation*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Coase, R.H. (1960), "The problem of social cost", *Journal of Law and Economics*, 3 (Oct.) pp. 1-44.
- Cropper, M.L. e Freeman, A.M. (1991) "Environmental health effects" in Braden, J.B. e Kolstad, C.D. (a cura di) *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Elsevier, Amsterdam.
- Cummings, R.G. e Osborne Taylor, L. (1998) "Does realism matter in contingent valuation surveys?", *Land Economics*, 74 (2), 203-15.
- Danielis, R. (1996) *I trasporti e l'ambiente. Aspetti di economia e politica dei trasporti*, Giappichelli Editore, Torino.
- Danielis, R. (1999) "The air pollution cost caused by road transport: estimates for Trieste, Italy", *Proceedings of the 8th International Symposium on Transport and Air Pollution including COST 319 Final Conference*, vol. 76, III/12, 31 May – 2 June 1999, Graz, Austria.
- Danielis, R. e Chiabai, A. (1998) "Estimating the cost of air pollution from road transport in Italy", *Transportation Research: Part D*, 3 (4), 249-258.
- Davis, R. (1963) "Recreation planning as an economic problem", *Natural Resources Journal* 3 (2), 239-249.
- Dickie, M., Gerhing, S., Schulze, W., Coulson, A. e Tashkent (1986) "Value of symptoms of ozone exposure: an application of the averting behaviour method", U.S. EPA Cooperative Agreement Report CR-812054-01-2.

- Dockery, D. W., Pope III, C.A., Xiping, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, Jr.,B.G., and Speizer, F.E. (1993) "An association between air pollution and mortality in six US cities", *The New England Journal of Medicine* 329 (4) 1753-1808.
- Emmerink, R. (1998) *Information and pricing in road transportation*, Springer, Berlino.
- Folmer, H. e van Ierland, E. (1989) *Valuing methods and policy making in environmental economics*, Elsevier, Amsterdam.
- Freeman, A.M. (1979) *The Benefits of Environmental Improvement*, Resources for the Future, Washington DC.
- Green, D.L. e Jones, D.W (1997) "The full cost and benefits of transportation: conceptual and theoretical issues" in Green, D. Jones, D. e Delucchi M. (eds) *The Full Cost and Benefits of transportation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Halversen, B. e Saelensminde, K. (1998) "Differences between WTP estimates from open-ended and discrete-choice contingent valuation methods: The effects of Heteroscedasticity", *Land Economics*, 74 (2), 262-82.
- Hanley, N. e Spash, C. (1993) *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, E. Elgar.
- Hoevenagel, R. (1994)"A comparison of economic valuation methods", in Pethig, R. (1994) *Valuing the environment: methodological and measurement issues*, Kluwer.
- Johansson, P-O. (1994) "Valuing changes in health: a production function approach", in Pethig, R. (1994) *Valuing the environment: methodological and measurement issues*, Kluwer.
- Johnson, F.R. e Desvousges, W.H. (1997) "Estimating stated preferences with rated-pair data: environmental, health, and employment effects of energy programs", *Journal of Environmental Economics and Management*, 34, 79-99.
- Jones-Lee, M.W. (1990) "The value of transport safety", *Oxford Review of Economic Policy*, 6 (2).
- Kopp, R.J e Smith, K.V. (1993) (a cura di) *Valuing Natural Resources, Resources for the Future*, Washington.
- Lancaster, K.J. (1966) "A new approach to consumer theory", *Journal of Political Economy*, 74, 132-157.
- Maddison, D., Pearce, D., Johansson, O., Calthrop, E., Litman, T. and Verhoef, E. (1996) *The true cost of road transport*. Blueprint 5. Earthscan Publications. London.
- Marshall, A. (1920) *Principles of Economics*, London, Macmillan.
- Mayeres, I. Ochelen, S. and Proost, S. (1996) "The marginal external costs of urban transport" *Transportation Research D: Transport and the Environment*. 1 (2), 111-130.
- McConnell, K (1993) "Indirect methods for assessing Natural Resource Damages under CERCLA", in Kopp, R.J e Smith, K.V. (1993) (a cura di) *Valuing Natural Resources, Resources for the Future*, Washington.
- Meade, J.E. (1973) *The theory of Economic Growth*, Harmondsworth Penguin.
- Mishan, E.J. (1970) "The postwar literature on externalities: an interpretative Essay", *Journal of Economic Literature*,1-28.
- Mitchell, R. e Carson, R. (1989) *Using Surveys to Value Public Goods*, Resources for the Future, Washington DC.
- Nash, C. (1997) "Transport externalities: does monetary valuation make sense?", in G. de Rus e C. Nash (a cura di) *Recent Developments in Transport Economics*, Ashgate.
- O'Connor, R.M., Johannesson, M., Johansson, P-O. (1999) "Stated preferences, real behaviour and anchoring: some empirical evidence", *Environmental and Resource Economics*, 13, 235-248.
- Palmquist, R. (1982) "Measuring environmental effects on property values without hedonic regressions", *Journal of Urban Economics*, 11, 333-347.
- Pearce, D. e Turner, K. (1989) *Environmental and Resource Economics*,
- Pearman, A. (1994) "The use of stated preferences methods in the evaluation of environmental change" in Pethig, R. (1994) *Valuing the environment: methodological and measurement issues*, Kluwer.

- Persson, U. e Ödergaard, K. (1995) "External Cost Estimates of Road Traffic Accidents", *Journal of Transport Economics and Policy*, 291-304.
- Pethig, R. (1994) *Valuing the environment: methodological and measurement issues*, Kluwer.
- Pigou, A.C. (1920) *The Economics of Welfare*, Macmillan, London.
- Pope III, C.A., Thun, M.J., Namboordi, M., Dockery, D.W., Evans, J.D., Speizer, F. and Health Jr., C.W., (1995) "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults" *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 151 669-674.
- Quinet, E. (1993) "Can we value the Environment?" in Banister, D. e Button, K. (1993) (a cura di) *Transport, the Environment and Sustainable Development*, E&FN Spon.
- Randall, A., Ives, B. e Eastman, C. (1974) "Bidding games for valuation of Aesthetic environmental improvements", *Journal of Environmental Economics and Management*, 1, 132-149.
- Rothengatter, W. (1994) "Do external benefits compensate for external costs of transport?", *Transportation Research*, 28A (4) pp. 321-328.
- Scitovsky, T. (1954) "Two concepts of external economies", *Journal of Political Economy*, 62, pp. 143-151.
- Smith, V.K. e Desvousges, W.H. (1985) "The generalized travel cost model and water quality benefits: a reconsiderations" *Southern Economic Journal*, 51, 371-381.
- Smith, V.K. (1991) "Household production function and environmental benefit estimation" in Braden, J.B. e Kolstad, C.D. (a cura di) *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Elsevier, Amsterdam.
- Smith, V.K. e Huang, J-C. (1995) "Can market value air quality? A meta-analysis of hedonic property value models", *Journal of Political Economy*, 103 (1), 209-27.
- Varian (1978) *Microeconomic Analysis*, WW Norton & Company, New York.
- Vickrey, W. (1968) "Accidents, tort Law, externalities, and insurance: an econmists's critique", *Journal of Law and Contemporary Problems*, (Summer).
- Wardman, M. (1998) "The value of travel time", *Journal of Transport Economics and Policy*, 32 (3), 285-316.
- Wood, S. e Trice, A. (1958) "Measurement of recreational benefits", *Land Economics*, 34, 195-207.