

La quantificazione economica dei costi ambientali come strumento di politica dei trasporti

Paolo Sartor

DOTTORANDO IN INGEGNERIA DEI TRASPORTI,
IUAV ISTITUTO UNIVERSITARIO DI ARCHITETTURA DI VENEZIA

Alberto Santel

DIRIGENTE UFFICIO TRAFFICO, COMUNE DI BOLOGNA

The research is divided into two sections. In sections 1, a review was completed on state-of-the-art literature in the field of transport costs and externalities. The aim of the review is two fold: a) to estimate monetary values and parameters used in section 2; b) to enlighten the links between different policy options and both interest at stake and pro-ecological developments. In sections 2 a quantitative analysis was completed using a cost-benefit approach to best be impacts of traffic diversion - from road to rail transport - on a wide range of indicators: congestion, economy, accident and the environment.

lordi appaiono sensibili nel caso analizzato (asse autostradale Torino-Trieste, molto significativo in quanto è l'asse più carico del Paese) e dell'ordine delle 100 Lire tonn-Km, cioè dello stesso ordine, per intenderci, delle tariffe medie del trasporto stradale.

0.2 Indicazioni di politica dei trasporti

Iniziamo considerando le alternative logiche che si presentano. Si può intervenire sul settore per via normativa e per via tariffaria. Tali interventi possono a loro volta interessare un modo o l'altro, con segno opposto, cioè vincolando o tassando il modo che genera esternalità o sussidiando il modo che non ne genera.

Mantenendoci a livello teorico occorre subito osservare che l'intervento tariffario è, quando possibile, più efficiente perché consente agli utenti di agire con comportamenti ottimizzanti. In altre parole, saranno selezionati gli operatori più efficienti e i trasporti più necessari. Sempre dal punto di vista teorico, è più efficiente tassare le esternalità che sperare di diminuirle sussidiando i modi con minori esternalità. E in effetti questa è la politica della teoria: infatti sussidiare i modi meno inqui-

per l'azione pubblica. Diventa allora essenziale "misurare" i costi connessi a diverse alternative di ripartizione modale, per derivarne indicazioni di linee di azione non ideologiche. In questo studio in particolare ci si concentra sui costi esterni cessanti, per la collettività, di una tonnellata-Kilometro sottratta al sistema autostradale.

In altri termini si valutano i benefici sociali lordi di trasferire una tonnellata di merci dalla strada alla ferrovia. Benefici sociali lordi, si è detto in quanto non sono stati valutati i costi sorgenti per il sistema ferroviario che sono rilevanti nel lungo periodo, e di movimentazione terminale, né i costi non monetizzabili attinenti al tempo, alla flessibilità, ecc. che giocano a favore del trasporto su gomma.

Tali benefici sociali

0 Prefazione

(a cura del professor Marco Ponti, Docente di Economia dei Trasporti IUAV Venezia)

0.1 Alcune considerazioni generali

La presente ricerca che ho proposto e diretto per conto delle FS SpA con poca fatica, dato il valore dei due ricercatori coinvolti nell'elaborazione è stata formulata in un contesto del trasporto merci che potremmo definire difensivo

Infatti il declino storico di questo modo di trasporto, nato e sviluppato essenzialmente con la prima rivoluzione industriale nel secolo scorso, è accompagnato nei paesi industriali da crescenti problemi di scarsità di risorse pubbliche e dalle concomitanti modificazioni della domanda di trasporto industriale, sempre più orientata a prodotti "ricchi e leggeri" per i quali il vantaggio tecnico del mondo ferroviario (bassi costi per grandi quantità) è irrilevante.

Nel contesto europeo questa posizione "difensiva" riflette una contraddizione tragica: infatti mentre nei paesi con abbondanza di spazio (gli USA in particolare) la sostanziale dominanza nel trasporto su gomma risulta assorbibile senza traumi eccessivi, in paesi "densi" e con insediamenti storici difficilmente modificabili la dominanza della gomma genera fenomeni di congestione e inquinamento non risolvibili con l'estensione delle infrastrutture stradali. Né il progresso tecnico ferroviario (velocità soprattutto) può da solo risolvere la contraddizione, in quanto come vedremo, i fenomeni più negativi del trasporto su gomma si verificano in aree dense, cioè per segmenti della domanda (breve distanza, bassi carichi) per cui il mondo ferroviario non può essere recuperato, neppure espandendo l'offerta di servizi ed infrastrutture.

Da qui la necessità di una rilevante attenzione ad interventi regolatori, sia normativi che tariffari, ed ai costi e ai benefici di tali interventi, poiché i meccanismi di mercato sono in questo caso sensibilmente distorti e quindi non forniscono che segnali deboli e frammentari

nanti implica che nessun modo di trasporto paga per intero i costi che genera, e ciò è inefficiente sia nel breve che nel lungo periodo (si favorirebbero assetti localizzativi "transport intensive", cioè tali da generare molta domanda di trasporto, si vedano gli insediamenti industriali e residenziali dispersi che genereranno un'alta mobilità per lungo tempo).

Con queste premesse, ci sembra tuttavia che nel caso specifico vadano sviluppate ulteriori considerazioni. Se infatti l'impatto di congestione ed inquinamento è maggiore nelle aree urbane, dove il modo ferroviario non può costituire un'alternativa alla gomma, occorre che agisca a livello generale in modo che i provvedimenti siano comunque incisivi anche a livello urbano.

Consideriamo ora più specificatamente le modalità possibili (vive) di intervento (normative e tariffarie, per la gomma e per il ferro) sopraccennate.

Un intervento normativo a favore di una determinata ripartizione modale è quello costituito dai vincoli di circolazione.

Gli esempi più vistosi sono quelli imposti da Austria e Svizzera al transito dei camion, ma le aree a traffico limitato o pedonali nei centri urbani costituiscono modalità di questo tipo di intervento, cioè come i limiti all'attraversamento dei centri urbani per i camion pesanti.

A parte la ricordata inefficienza di questo intervento, appare subito evidente che esso risponde scarsamente all'obiettivo primario che abbiamo illustrato: non riduce l'impatto negativo della distribuzione di merci nei centri urbani, dove l'inquinamento colpisce più direttamente la popolazione, e dove l'uso di veicoli leggeri moltiplica a parità di tonnellaggio distribuito, l'emissione e la congestione.

Per i traffici extraurbani oltre al cambio modale, può dar luogo a deviazioni di percorso sulle lunghe distanze, fatto che non diminuisce certamente le esternalità complessive. Il secondo tipo di intervento normativo concerne invece, come si è detto, non l'induzione di un cambio modale ma direttamente le esternalità del modo stradale. Abbattimenti delle emissioni, limiti di velocità per gli incidenti, dispositivi di sicurezza (radar con frenatura automatica ecc.). Non è colpibile tuttavia con questo strumento la congestione, poichè questa è una esternalità legata al solo fenomeno circolatorio. Tuttavia gli effetti positivi di tali interventi sono certi, elevati, senza costi per l'erario, ed estendibili alla circolazione urbana. Anche l'obiezione teorica iniziale è meno stringente: infatti porre "prezzi" per ridurre emissioni o incidenti appare tecnicamente difficilissimo o impossibile (gli incidenti hanno natura discontinua, non si può imporre direttamente una "tariffa" sulle emissioni nocive o sui rumori, ed è infine complesso o impossibile risarcire i danneggiati). Inoltre di fatto questi interventi, se efficaci, alzano i costi per il modo stradale, con effetti di riduzione della domanda (si pensi ad interventi normativi

tipo "Los Angeles" cioè per emissioni zero: la distribuzione di merci a piccoli negozi con veicoli elettrici sarebbe assai più costosa dell'attuale, concentrando l'offerta commerciale e riducendo la domanda complessiva di trasporto urbano).

Venendo ora agli interventi tariffari, i "sussidi modali", oltre che inefficienti per le ragioni già ricordate, sono scarsamente efficaci e non agiscono nei contesti urbani. Con l'eccezione dell'Italia, il traffico merci ferroviario europeo è in fase di contrazione ulteriore, nonostante i sistemi ferroviari siano sussidiati. In Italia tale traffico in crescita in parte per meriti specifici dell'azione delle FS in questi anni, ma forse per una "base di partenza" molto più bassa dei maggiori paesi con cui ci confrontiamo (Francia e Germania) per le basse tariffe applicate dall'azienda e certamente anche dagli alti costi raggiunti dal modo stradale a motivo della congestione. Quest'ultimo meccanismo di spostamento modale tuttavia è un fenomeno con caratteristiche di elevata inefficienza: come vedremo, se alti costi stradali fossero conseguiti per via tariffaria e non a motivo della congestione, vi sarebbe, a pari effetti di ripartizione modale, molto minore distribuzione di risorse in termini di consumi, emissioni, incidenti, perdite di tempo, ecc.

Se ne deduce immediatamente la positività dell'ultimo criterio di intervento che ci resta da analizzare: tariffe "di efficienza" o "road pricing" per il modo stradale. Tali tariffe consentirebbero di ottimizzare l'uso delle reti autostradali, spostando il traffico dai tragitti e dai periodi più carichi a quelli meno carichi; determinerebbero un riequilibrio modale fisiologico.

"Hay, there's the rub" direbbe Shakespeare: togliere, almeno in parte sussidi al modo ferroviario e far pagare "tariffe di efficienza" ai camion significa penalizzare questi due soggetti ed alzare i costi di trasporto per tutti, a beneficio dei contribuenti e di quanti subiscono inquinamento, incidenti ecc. E ferrovie e camionisti sono soggetti molto vocali ed organizzati, come pure l'industria che paga i costi del trasporto, mentre i contribuenti e gli "inquinati" lo sono assai meno, come è agevole constatare dallo stato della finanza pubblica e dell'ambiente in Italia.

Non si può allora che suggerire una linea di gradualità, che passa innanzitutto per l'articolazione e l'apertura al mercato di due grandi monopoli: le autostrade, con politiche tariffarie libere da vincoli di destinazione ad investimenti o ripiani di essi come è oggi, restituendo al mercato la gestione autostradale e allo Stato la determinazione di pedaggi di efficienza. Le ferrovie italiane, grazie alla loro adesione alla normativa europea, sembrano anch'esse avviate ad una sostanziale apertura al mercato per quanto concerne l'esercizio.

Non è possibile qui dilungarsi pena uscire dal tema. Varrà solo la pena di ricordare che un approccio basato su più stringenti standards per i veicoli stradali e tariffe di efficienza non dovrebbe comportare rialzi dei costi

totali dirompenti per il settore stradale, quanto piuttosto una diversa distribuzione di tali costi, destinati a divenire molto variabili nello spazio e nel tempo, in relazione a dove e quando il mezzo è usato. Infatti occorre ricordare che la pressione fiscale è già piuttosto elevata sul modo stradale in Italia, diversa è certo la situazione per quanto concerne i pedaggi autostradali, che tuttavia costituiscono una quota non maggioritaria dei costi per l'autotrasporto.

1 Introduzione

Dall'ormai lontano 1972 con la presentazione da parte della Comunità Europea del primo programma di azione per la politica dell'ambiente nella Comunità, ad oggi con la presentazione del Libro Verde "Strategie di intervento per l'internalizzazione dei costi esterni dei trasporti nell'Unione Europea", la Commissione, il Consiglio dei Ministri dei Trasporti della Unione Europea ed altri organismi economici internazionali hanno posto all'ordine del giorno la necessità di affrontare il problema delle esternalità derivanti dal trasporto stradale delle persone e delle merci (inquinamento atmosferico ed acustico e danni alla salute che ne conseguono, incidentalità che comporta dei costi aggiuntivi a carico del sistema sanitario, usura delle infrastrutture stradali e infine congestione con un danno per gli utenti in termini di perdita di tempo e stress).

Per disporre delle informazioni necessarie la Commissione ha promosso diversi studi e indagini in ambito comunitario, organizzando gruppi di lavoro specifici per definire il quadro di riferimento, nonché la mappa degli interessi in gioco in modo da poter disporre di tutti gli elementi necessari per una corretta valutazione in materia di costo del trasporto.

In questo quadro di riferimento le Ferrovie dello Stato hanno commissionato al LIUC (Libero Istituto Universitario Carlo Cattaneo) la seguente ricerca, che ha potuto contare della supervisione del prof. Marco Ponti.

Gli obiettivi principali della ricerca hanno riguardato la verifica dello stato dell'arte nella discussione sul tema del costo reale del trasporto delle merci e delle persone e una valutazione delle possibili applicazioni al caso italiano in materia di politica dei trasporti, per conseguire una equa ripartizione modale tra i vari sistemi di trasporto.

La prima parte ha quindi esaminato e descritto lo sviluppo ed i risultati dei lavori pubblicati fino ad oggi ed ha in particolare confrontato i risultati ottenuti da due ricerche apparentemente di parte. La prima commissionata dalla UIC (Unione Internazionale delle Società Ferroviarie) agli Istituti di ricerca IWW di Karlsruhe e Infras di Zurigo, e la seconda dalla Università di Giessen per conto dell'IRU (Associazione Internazionale delle imprese di trasporto stradale).

Allo scopo di misurare gli effetti del trasferimento

modale dalla strada alla ferrovia, è stata necessaria una approfondita conoscenza del funzionamento reale del mondo del trasporto delle merci e delle persone e una analisi della struttura dei costi e dei benefici che ogni diversa modalità di trasporto genera per la collettività e per gli utenti diretti della infrastruttura. Inoltre richiede una accurata valutazione delle conseguenze per la concorrenza e per la formazione del mercato interno, derivanti dalla penalizzazione in termini di costo per l'industria e per l'utente finale.

E' importante precisare che le attività di trasporto creano dei costi interni (direttamente connessi alla produzione del servizio) e dei costi esterni che gravano sulla collettività come ad esempio inquinamento e congestione; la somma di questi fattori viene definita costo sociale.

Nella ricerca è stato affrontato esclusivamente il problema di definire e misurare i costi esterni delle attività di trasporto (dato che nella maggior parte degli studi ad oggi presentati le esternalità positive vengono assegnate alle infrastrutture e quelle negative ai loro utilizzatori).

Una volta determinato il valore unitario delle esternalità desumibile dalla letteratura disponibile e l'intervallo di significatività del dato, tale valore è stato applicato al caso concreto della direttrice autostradale Torino-Milano-Venezia-Trieste (asse molto significativo in quanto è il più carico del Paese) per definire nell'ipotesi di trasferimento di quote di traffico merci dalla strada alla ferrovia quali sarebbero nel caso concreto i benefici sociali lordi generati da una infrastruttura stradale italiana. Benefici sociali lordi in quanto non sono stati valutati i costi sorgenti per il sistema ferroviario.

Precisiamo che i calcoli sono stati eseguiti mantenendo invariato il sistema dei prezzi relativi e non considerando per quanto concerne l'incidentalità la quota coperta dai premi assicurativi e valutabile oggi in circa il 50% dell'ammontare complessivo.

1.1 Il quadro di riferimento

L'analisi della letteratura mette in luce il contesto politico in cui si è articolato il dibattito internazionale evidenziando la dialettica fra gli interessi delle parti in gioco e l'elaborazione scientifica di importanti istituti di ricerca europei come il CENSIS per quanto concerne l'incidentalità, l'OCSE (in particolare Quinet) per quanto concerne le tematiche ambientali, la Banca Mondiale. L'IRU (Associazione degli Autotrasportatori Stradali) ha commissionato alla Università di Giessen una ricerca dal titolo: "La tarification de l'usage des infrastructures de transport, réflexion sur la méthode de l'équilibre budgétaire et propositions de calcul pour son application". La tesi dell'IRU indica che dalla sostituzione del trasporto stradale delle merci con altri modi più rispettosi dell'ambiente non deriverebbe alcuna convenienza sociale. I ricercatori sono giunti alla conclusione che passare alla rotaia implica un costo compreso tra le 150 e le 210 lire per tonnellata-chilometro, dovuto per

buona parte al peggioramento della qualità del servizio, avviabile solo con investimenti supplementari per la movimentazione, la conservazione e la redistribuzione delle merci. Nell'ipotesi di un trasferimento alle ferrovie del 30% del traffico stradale attuale su oltre 100 chilometri, la perdita è stata valutata all'equivalente di 360 miliardi di lire in Germania, di 240 in Francia, di 200 in Svezia e di circa 120 miliardi in Austria.

L'UIC (Union International Chemin de Fer) ha condotto una ricerca condotta in 17 Paesi con l'obiettivo di definire un costo stimato per tipologia di danno in funzione della modalità di trasporto; sono inoltre stati stimati i costi necessari per la riduzione dell'impatto ambientale delle esternalità. Lo studio che è stato redatto dall'Istituto INFRAS, dal titolo "External effects of transport" sostiene che i costi di congestione stradale sono causati dagli utilizzatori (club principale) all'interno delle attività del settore del trasporto, e che i medesimi costituiscono un livello 2 di esternalità, e consistono in un tempo addizionale di percorrenza e costi operativi per gli utilizzatori del settore dell'autotrasporto nei loro interscambi. Sempre la stessa fonte definisce l'esternalità del costo di congestione come la differenza tra il costo marginale ed il costo medio degli utilizzatori della strada. Conclusione: se noi imputiamo al "club principale" la maggior parte dei costi di congestione essi dovranno essere sostenuti dal club degli utilizzatori. I costi di congestione non sono una esternalità, ma una perdita di tempo e denaro per il club a cui di fatto spetta sostenere i costi relativi, per il fatto di essere i reali utilizzatori. L'European Federation for Transport and Environment ha utilizzato un modello di internalizzazione dei costi di trasporto per far pagare a chi inquina e impedire forme di concorrenza sleale nel mercato dei trasporti. La posizione della UE in un quadro normativo è tesa ad una mobilità sostenibile e al trasferimento modale dalla strada alla ferrovia con l'incentivazione del trasporto intermodale. L'AISCAT, rappresentante nazionale dei concessionari autostradali, definisce l'insostituibilità del trasporto su strada per la crescita economica italiana e infine il CEMT che si pone l'obiettivo di rendere compatibili l'aumento del trasporto merci su strada con la tutela dell'ambiente, ritenuto oggi elemento centrale nelle decisioni pubbliche.

Il Consiglio generale del Genio Civile Francese ha presentato nel 1991 un interessante documento dal titolo: "Nuovo studio di imputazione dei costi d'infrastruttura dei veicoli pesanti". Lo studio consiste in un censimento e descrizione dei costi diretti di infrastruttura (investimento esercizio e manutenzione) e delle esternalità come la congestione e la sicurezza che riguardano le differenti categorie di utilizzatori e una ripartizione tra differenti categorie di veicoli.

Secondo un documento dell'OECD, dal titolo "Cargo Routes" per controllare il traffico congestionato e conciliare il traffico merci e le operazioni dei corrieri espres-

si, le differenti amministrazioni dovrebbero misurarsi sulla possibilità di mettere a punto le seguenti condizioni:

- un migliore utilizzo delle infrastrutture per il trasporto delle merci esistenti;
- i trasporti "minori" dovrebbero essere affidati alla strada;
- una separazione del traffico merci e passeggeri nel tempo e nello spazio.

- una combinazione ottimale tra il punto primo e terzo. L'OCSE nella ricerca: "Effetti sulla strada degli automezzi pesanti per il trasporto delle merci" ha constatato che il complesso dei veicoli pesanti rappresenta fino al 20% del traffico stradale dei Paesi Cee, l'incidenza per quanto riguarda le autostrade sale fino al 30-35% come è il caso dell'Italia e del Giappone. La presenza dei veicoli pesanti è dunque rilevante e tende a crescere e gli effetti sulla circolazione stradale tendono ad essere sempre più evidenti. Al riguardo il Gruppo di esperti dell'OCSE ha potuto constatare che questi effetti variano sensibilmente in funzione di:

- caratteristiche strutturali della strada;
- larghezza e numero delle corsie;
- condizioni di scorrimento del traffico;
- presenza di incroci.

2 Schema metodologico

2.1 La direttrice autostradale Torino-Trieste e lettura dei dati di traffico

Le difficoltà nel reperire adeguate fonti statistiche, e soprattutto la scarsa uniformità dei medesimi, ha indotto i ricercatori ad utilizzare esclusivamente i dati dell'anno 1994. La direttrice autostradale Torino - Trieste ha evidenziato una concentrazione dei flussi viabilistici, (come ipotizzabile) nell'area milanese, con valori che decrescono allontanandosi da questo centro. L'incidenza dei veicoli pesanti rispetto al numero di veicoli leggeri transitati sulla rete, riscontra un sostanziale aumento percentuale del numero di veicoli pesanti a dimostrazione del grave sbilanciamento nella ripartizione modale italiana del traffico merci, che vede la strada nettamente predominante.

Al fine di valutare i benefici sorgenti dal trasferimento di quote di traffico pesante autostradale, si è preferito (come anticipato) analizzare l'andamento del traffico dell'anno 1994, abbandonando l'ipotesi di partenza con una lettura dei dati di traffico negli ultimi cinque anni. Vista l'estrema variabilità giornaliera dei flussi di traffico si sono comunque considerati tre periodi, contraddistinti dagli orari di: punta morbida e notturna, assegnando a ciascuno una quota percentuale del Traffico giornaliero Medio (TGM) vedi tabella 1.

PERIODO	ORE	% TGM	% ORA
Punta	4	45	11.1
Morbida	10	40	4
Notturna	10	15	1.5

(1994)

Tabella 1: ipotesi di ripartizione del TGM

2.2 Analisi dei benefici indotti dal trasferimento

Trattandosi di quantificare i costi ambientali, di congestione e infrastrutturali conviene limitare questo concetto alle esternalità, intese come costi indotti da un soggetto ad un altro senza compensazione di sorta. In prima analisi si tratta di quantificare i danni di inquinamento ambientale dell'aria ed acustico, i costi di congestione, degli incidenti dell'usura delle infrastrutture e dei costi di capacità (cioè dei costi di investimento per adeguare la capacità richiesta dagli sviluppi del traffico). La quantificazione di detti costi presenta problemi molto diversificati. Mentre per i costi di congestione esiste una solida metodologia (curve di deflusso, capacità di una rete in funzione delle caratteristiche geometriche della strada) e sensibili difficoltà statistiche di quantificazione economica per l'estrema variabilità spaziale e temporale del fenomeno, per gli incidenti il problema è opposto: esistono buoni strumenti di quantificazione fisica del fenomeno, ed alcune incertezze sui metodi di rilevazione, tali incertezze non sono tanto legate alla questione del valore della vita umana, quanto sul contenuto di esternalità degli stessi. Infine se per i danni atmosferici alla collettività (ambiente e rumore) o ai beni (piogge acide e corrosione), per i danni dell'infrastruttura (usura del manto, consolidamenti strutturali) e per i danni acustici la letteratura è molto vasta ed esauriente, altrettanto non si può dire per l'effetto serra e per la distruzione della fascia di ozono che non sono stati oggetto di valutazione. Lo schema metodologico della ricerca prevede che ogni tonnellata rubata alla strada e trasferita alla ferrovia generi dei benefici. Si assume per semplicità che, per le quantità date la ferrovia abbia capacità inutilizzata, cioè non si generino costi sul versante ferroviario.

Precisamente i benefici considerati sono:

- maggiore velocità di deflusso;
- riduzione della congestione.

Si è quindi analizzata la funzione costo di congestione della strada in funzione del tempo di percorrenza per le persone e per le merci, evidenziando i seguenti vantaggi economici:

- **risparmi di tempo**, si sono calcolati e valutati in funzione del valore del tempo associato alle categorie di utenza i benefici indotti, in termini di ore di viaggio risparmiate. I calcoli sono stati effettuati considerando tre categorie di utenti e precisamente: veicoli leggeri,

commerciali leggeri e mezzi pesanti;

- **usura stradale**, è stata considerata la minore usura stradale, stress delle strutture e minore incidenza delle operazioni di manutenzione che causano minor capacità sulle autostrade, per effetto della sottrazione dei mezzi stradali, considerando il diverso impatto in funzione del numero di assi dei veicoli;

- **ammortamento**, sono stati considerati i benefici per i veicoli pesanti e leggeri commerciali, considerando la possibilità sorgente per gli stessi, di effettuare una percorrenza annua superiore da imputare al minore tempo di percorrenza. E' noto che i costi unitari di ammortamento (in Lire/Km) decrescono all'aumentare della percorrenza annua;

- **ambiente, e rumore**, sono stati trattati con riferimento alla ricerca dello UIC "External effects of transport" che monetizza i danni ambientali causati dai veicoli pesanti con un valore espresso in Ecu tonn-km;

- **incidenti**, attraverso una regressione multipla che ha confrontato i dati storici tra numero e causa degli incidenti si è calcolata una relazione che fornisce la riduzione del numero degli incidenti pesanti e leggeri per effetto del minor traffico pesante e quindi si è proceduto alla monetizzazione del risparmio. Inoltre è stato calcolato il risparmio economico causato dalla minore interferenza dei veicoli pesanti e leggeri incidentati sul restante flusso di traffico che genera una riduzione della capacità della rete.

Le ipotesi di nuova ripartizione modale dalla strada alla ferrovia prevedono il trasferimento di quote percentuali per valori crescenti e precisamente del 2.5% - 5% - 10%.

Tutti i costi sono stati attualizzati al 1994 anno di riferimento. In prima ipotesi si è fatto riferimento ad un carico medio per i mezzi pesanti pari a 10 tonnellate.

2.3 Procedimento di calcolo

Per il calcolo del risparmio di tempo per effetto della minor congestione è stata utilizzata l'espressione della curva di deflusso del CNR che ha un andamento lineare spezzato, caratterizzato da due punti rappresentativi: uno all'inizio del condizionamento e l'altro all'inizio della saturazione.

Espressione della curva di deflusso per determinare il tempo risparmiato:

$$T = 3.6 / Vb (1 + a (Q/c)b) L$$

dove:

- **T** tempo di percorrenza espresso in secondi;
- **Vb** velocità di base (valutata in 120 Km/h);
- **Q** flusso di traffico omogeneizzato espresso in veicoli/h.;
- **C** capacità oraria della strada, che varia in funzione del numero di corsie e della tipologia di infrastruttura;
- **a** e **b** coefficienti di forma in funzione delle caratteristiche tecniche e geometriche della strada;
- **L** lunghezza in metri della tratta considerata.

In generale dalle istruzioni dell' HCM (Highway

Capacity Manual) il flusso veicolare orario omogeneizzato "Q" è una funzione lineare del flusso dei mezzi leggeri e dei mezzi pesanti, tramite un coefficiente di equivalenza "e" tra veicoli pesanti e leggeri, che a sua volta è una funzione lineare dipendente dal tipo di strada, della pendenza "p" effettiva dell'autostrada considerata. In questo studio si è fatto riferimento ad un coefficiente "e" variabile in funzione del numero di corsie, alla presenza nel flusso veicolare di circa il 15% di veicoli commerciali leggeri e ad una pendenza longitudinale media fittizia nulla.

La differenza di tempo in secondi necessaria per percorrere la stessa tratta nella ipotesi di trasferire quote di traffico pesante è stata valutata economicamente.

2.3.1 Attribuzioni in merito al valore del tempo risparmiato dalla utenza

Il valore del tempo per gli utenti che compongono il flusso giornaliero autostradale è stato suddiviso in funzione della tipologia del veicolo, della giornata lavorativa o festiva, rispettando la seguente ripartizione:

- utenti veicoli leggeri, 210 gg. lavorativi per 13.000 Lire/h, coefficiente medio di occupazione per veicolo di 1,56 e 155 gg. non lavorativi, con un valore del tempo di 6.000 Lire/h e un coefficiente medio occupazionale per veicolo pari a 2,90;

- utenti veicoli pesanti, 240 gg. lavorativi, per 13.500 Lire/h, coefficiente medio occupazionale per automezzo pari a 1 (cautelativa), percorrenza media di Km. 83.524, con una media/giornaliera di 332 Km (tale valore risulta dalla media dei valori riscontrati in Italia Nord-Ovest e Nord-Est, Aiscat 1991);

- utenti di veicoli commerciali leggeri, da indagini statistiche si è deciso di assumere una quota pari al 15% del flusso totale di veicoli leggeri leggeri. Sono state considerate 240 gg. lavorativi, con un valore del tempo pari a 8.000 Lire/h e un coefficiente medio occupazionale pari a 1,56.

2.3.2 Calcolo del risparmio dovuto a minore usura delle strutture e pavimentazioni stradali causate dai veicoli pesanti

Le opere stradali, contrariamente a quanto si pensa sono soggette a diversi meccanismi di degradazione legati a fattori atmosferici, all'azione del traffico ed a carenze costruttive. In condizioni di bassi livelli di traffico in rapporto alla capacità dell'autostrada e nei primi anni d'uso il meccanismo di degrado è lento e spesso trascurabile, ma nelle attuali condizioni di traffico autostradale il fenomeno è rilevante. Per la stesura di questo rapporto si è fatto riferimento ad uno studio (IRI-ITAL-STAT 1987) sulla valutazione dei costi d'uso di pavimentazioni e opere d'arte. La valutazione del costo tiene conto del costo puro per sostenere la nuova pavimentazione, delle spese per il ripristino della portanza sovrastrutturale e del condizionamento sulla capacità

stradale causato dai lavori di manutenzione inseriti in una rete funzionante. I calcoli sono stati effettuati su costi medi, per eliminare condizioni non uniformi e prevede un costo chilometrico per operazioni di ripristino della aderenza (pavimentazione superficiale) e fatica (stress causato alle infrastrutture).

Per la valutazione dei benefici si sono calcolati i veicoli km risparmiati in funzione del numero di assi dei veicoli per le varie condizioni di trasferimento come indicato in tabella 2.

TIPO	-10%	-5%	-2,5%
2 Assi	224.4	112.21	56.11
3 Assi	445.60	222.80	100.40
4 Assi	400.40	200.20	100.10
>4 Assi	3.131,13	1.565,65	782,83
TOTALE	4.201,53	2.100,86	1.050,86

(In milioni di Lire 1994)

Tabella 2: valutazione dei benefici di aderenza e fatica per le infrastrutture

2.3.3 Calcolo dei minori costi di ammortamento dei veicoli pesanti

I costi di esercizio di un automezzo commerciale decrescono in termini di Lire/Km all'aumentare del numero di chilometri percorsi in un anno. Per effetto della sottrazione di veicoli pesanti dal flusso totale, i tempi di percorrenza degli stessi diminuiscono. Insorge quindi la possibilità di percorrere un numero

NUMERO ASSI	%	Lire/Km
2	40	2.100
3	13	2.317
4	8	2.750
>4	39	2.873
MEDIA	100	2.400

(In Lire 1994)

Tabella 3: ripartizione dei costi di esercizio e composizione percentuale

PERIODO	-10%	-5%	-2,5%
Punta	11.760	5.785	2.868
Morbida	8.665	4.272	2.122
Notturna	2.474	1.171	582
TOTALE	21.899	11.228	5.572

(In milioni di Lire 1994)

Tabella 4: benefici per minori costi di ammortamento

maggiore di chilometri a parità di tempo. Per valutare la riduzione dei costi di esercizio si è fatto ricorso a riviste tecniche specialistiche.

In funzione delle quote percentuali sottratte al sistema autostradale e del periodo della giornata, sono stati calcolati i minori costi di ammortamento (tabella 4).

2.3.4 La valutazione dei benefici ambientali

L'ammontare dei danni ambientali (inquinamento atmosferico ed acustico) è stato calcolato facendo riferimento ai valori espressi nello studio (UIC Infrac-IWW 1994) che quantifica la disponibilità a pagare per eliminare o ridurre una esternalità di una quantità unitaria. Lo studio dell'UIC quantifica il valore delle esternalità ambientali in Ecu Tonn/Km e precisamente 11,20 Ecu/1.000 tonn.Km per l'inquinamento atmosferico e 8,80 Ecu/1.000 tonn.Km, per l'inquinamento acustico. I risultati dei calcoli sono riassunti nelle tabelle 5 e 6.

PERIODO	-10%	-5%	-2,5%
Punta	6.780	3.524	1.764
Morbida	6.270	3.130	1.570
Notturna	2.350	1.180	590
TOTALE	15.666	7.833	3.917

(In milioni di Lire 1994)

Tabella 5: benefici per minor inquinamento atmosferico

PERIODO	-10%	-5%	-2,5%
Punta	5.540	2.772	1.384
Morbida	4.920	2.460	1.230
Notturna	1.850	930	470
TOTALE	12.309	6.155	3.078

(In milioni di Lire 1994)

Tabella 6: benefici per minor inquinamento acustico

2.3.5 La valutazione economica degli incidenti

La valutazione economica degli incidenti risparmiati per effetto della minore incidenza dei veicoli pesanti, costituisce certamente uno degli argomenti di maggiore interesse di questo studio. Teorizzare che al diminuire del traffico pesante corrisponde una riduzione degli incidenti, significa però non tener conto che a tale riduzione corrisponde un aumento della velocità media dei veicoli e quindi un aumento della gravosità del numero residuo di incidenti. Visto lo scopo di questo studio, non si è tenuto conto di questa relazione e si sono rilevati due benefici legati alla minore incidenza del traffico pesante. Il primo, attraverso delle regressioni multiple è stata calcolata una relazione tra il numero di incidenti causati dai veicoli leggeri e pesanti in funzione della loro composizione percentuale con una lettura dei dati storici autostradali nel periodo 1968-1993. Verificata la riduzione si sono poi monetizzati i benefici utilizzando i parametri monetari di uno studio sull'argomento (Ecoplan 1991) e pari a 0,0281 Ecu/tonn.Km. Quindi si sono calcolati la perdita di capacità e gli intasamenti sulla rete che si verificano in caso di incidente. Uno studio Oecd (Capacité des voies principales de circulation, 1983) indica una riduzione della capacità causata dalla occupazione della sede stradale, variabile tra il 50% (se viene interessata una corsia) e il 79% se le corsie interessate sono due. Tramite la lettura dei dati statistici e l'intervista con i responsabili della Polizia Stradale (che intervengono in caso di sinistro) è risultato abbastanza agevole calcolare tale riduzione di capacità autostradale. Ipotizzando di suddividere gli incidenti in funzione della gravosità ed assegnando ad ognuno un tempo medio di occupazione della carreggiata (grave 2h., medio 1h. e piccolo 1/2 h.) si è proceduto al calcolo della riduzione della capacità della autostrada per effetto della minore disponibilità di corsie per il deflusso dei veicoli al manifestarsi dei sinistri (vedi tabelle 7 e 8).

PERIODO	-10%	-5%	-2,5%
Danno economico	174	88	44
Minore capacità	2.742	1.403	704
TOTALE	2.926	1.491	745

(In milioni di Lire 1994)

Tabella 7: benefici annuali dovuti alla riduzione degli incidenti

PERIODO	-10%	-5%	-2,5%
Punta	1.317	671	335
Morbida	1170	596	298
Notturna	439	224	112

(In milioni di Lire 1994)

Tabella 8: riepilogo dei benefici per minore incidentalità

2.4 Risultati finali

BENEFICI	PUNTA			MORBIDA			NOTTURNA			TOTALE/GG:		
	-10	-5	-2.5	-10	-5	-2.5	-10	-5	-2.5	-10	-5	-2.5
% di. traffico												
Tempo	2.42	1.22	0.62	0.85	0.43	0.22	0.33	0.167	0.08	3.60	1.82	0.92
Usura	0.47	0.24	0.12	0.17	0.084	0.04	0.06	0.03	0.02	0.7	0.36	0.18
Ammort	2.94	1.45	0.72	0.87	0.43	0.21	0.25	0.12	0.06	4.06	2.00	0.99
Ambiente	1.70	0.88	0.44	0.63	0.32	0.16	0.23	0.12	0.06	2.56	1.32	0.66
Acustico	1.38	0.69	0.35	0.49	0.25	0.12	0.18	0.09	0.05	2.05	1.05	0.72
Incidenti	0.33	0.17	0.84	0.12	0.06	0.03	0.044	0.02	0.01	0.49	0.25	0.88
TOTALE	9.24	4.65	2.33	3.12	1.56	0.76	1.01	0.55	0.28	13.46	6.80	4.35

(In MID. di Lire 1994)

Tabella 9: riepilogo dei benefici indotti dal trasferimento per un'ora di punta, morbida e notturna

2.5 Analisi della sensitività

La verifica dei risultati ottenuti in termini di risparmio unitario per tonnellata sottratta al sistema stradale è stata effettuata attraverso una analisi di sensitività, applicata ai differenti scenari e utilizzando anche i risultati degli studi Planco e Kasegon (1993) ritenuti altrettanto validi sul piano della correttezza e della attendibilità dei risultati. Inoltre si è tenuto conto del carico

medio variabile in funzione della categoria merceologica trasportata. L'analisi di sensitività presenta dei risultati che confermano la robustezza dei risultati raggiunti, conferma peraltro implicita nel confronto con ricerche effettuate in altri Paesi come indicato in tabella 11. I risultati della analisi individuano un beneficio per una riduzione unitaria di traffico compreso tra le 132 Lire tonn-Km e le 56 Lire tonn-Km (vedi tabella 10).

CARICO MEDIO PUNTA (in tonn.)	MORBIDA			NOTTURNA			TOTALE					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
8	122	95	132	102	86	124	107	80	117	111	89	126
9	111	88	122	95	80	116	99	74	108	102	82	116
10	105	82	114	89	75	108	92	69	100	97	77	110
11	100	78	108	84	71	103	89	66	97	92	73	104
12	94	73	102	80	67	98	85	63	93	87	70	99
15	84	66	91	71	66	87	76	56	83	77	62	88

Fonte dei dati: 1 Planco, 2 Kasegon, 3 Rothengatter

Tabella 10: risultati della analisi di sensitività, in tonnellata-Km/anno trasferita

FORTE	LIRE TONN-KM	ANNO
OCSE - Quintet	70 - 75	1989
UIC - Infrast	96	1994
Rapporto - Liuc	87 - 132	1994

Tabella 11: risparmio unitario indotto dal trasferimento modale

Considerazioni conclusive

L'analisi condotta sul caso concreto dell'asse autostradale Torino-Trieste consente di individuare un valore significativamente preciso per i risparmi che possono derivare alla collettività dal trasferimento modale di ogni singola tonn-Km dal modo stradale al sistema ferroviario. E questo tanto per quanto riguarda la congestione, l'incidentalità e l'inquinamento atmosferico ed acustico.

Su questa base è dunque possibile formulare delle ipotesi precise circa i vantaggi per la collettività che possono derivare dall'applicazione delle misure prima ricordate e che sono alla base dell'attività normativa della unione europea e che rappresentano comunque un elemento fondamentale per l'inizio del riequilibrio fra i diversi modi di trasporto che in Italia è ormai ineludibile.

Ove venissero applicate le direttive emanate dalla UE negli ultimi anni per la deregulation del mercato dei trasporti, si potrebbe avere un ulteriore incentivo al trasferimento modale a condizione che contemporaneamente si procedesse alla applicazione rigida delle norme che prevedono l'internalizzazione dei costi ambientali.

L'applicazione di tali norme non sembra una questione di breve periodo dato che fino ad oggi continuano ad essere prevalenti le barriere all'entrata dei singoli mercati nazionali che restano in vigore, utilizzando le più varie scappatoie formali, regolamenti tecnici e norme di sicurezza spesso utilizzate al solo scopo di facilitare i produttori nazionali.

I continui richiami alla necessità di procedere con decisione sulla strada della deregulation si scontrano inoltre con l'applicazione molto più convinta del principio di sussidiarietà.

Si assiste così al paradossale fenomeno per cui l'assenza di veri controlli sulla qualità e sul costo ambientale del trasporto stradale insieme all'applicazione distorta dei

principi della deregulation consentono ad altri responsabili, indipendenti e ancora più marginali dei nostri "padroncini", di offrire trasporto stradale a tariffe ancora inferiori, ed in condizioni di sicurezza per la circolazione e di danno per l'ambiente ancora peggiori di quelle attuali. (Vedi il trasporto in Germania operato da trasportatori dell'est).

Risulta tuttavia evidente dalle considerazioni prima riportate che i valori individuati così come i risparmi conseguibili assumono significato diverso a seconda del contesto in cui sono localizzate le infrastrutture stradali che si intendono alleggerire dal trasporto merci; se infatti i valori presentati nella ricerca sono indicativi di una situazione ed assumono quindi valore di riferimento generale, è altrettanto evidente che in situazioni particolarmente sensibili, l'importanza dei fattori di disturbo, o addirittura di danno ambientale derivanti dal trasporto stradale soprattutto nelle merci assume una importanza del tutto diversa e tale da aumentare considerevolmente il valore che assume il trasferimento modale proposto. Le stesse considerazioni valgono inoltre per il trasporto di merci pericolose per il quale le condizioni di sicurezza offerte dal vettore ferroviario assumono particolare rilevanza.

L'altro elemento che si evidenzia come significativo è infine quello delle proposte per la distribuzione delle merci nelle aree urbane e metropolitane in cui l'impatto del modo stradale genera un "impegno" per tali realtà, rendono necessari degli interventi e provvedimenti di limitazione o tariffazione della mobilità tanto per le persone che per le merci.

La localizzazione strategica delle aree ferroviarie e la presenza di fasci di binari e raccordi al centro delle città può, in relazione ai provvedimenti di limitazione e/o controllo della mobilità prima ricordati ed alla possibilità di attribuire un valore economico e ambientale al trasferimento modale a vantaggio del trasporto ferroviario, attribuire una importanza fino ad oggi non valutata appieno, delle aree e degli impianti ancora esistenti, quali elementi portanti di una nuova strategia del trasporto delle merci, non solo sulle lunghe distanze, ma anche all'interno delle aree metropolitane.

Dai risultati ottenuti e qui sommariamente descritti si possono trarre alcune considerazioni:

- la consapevolezza che i punti più critici, in considerazione degli effetti delle esternalità che ne derivano dal sistema di trasporto di merci e persone pare siano caratterizzati da uno squilibrio tra il costo/impatto nelle diverse aree.

Se in ambito extraurbano l'esternalità più importante è la congestione, questo non si rileva nelle aree urbane congestionate, dove da stime approssimate il danno ambientale è superiore di circa dieci volte.

Si apre quindi il duplice problema di intervenire a livello centrale per internalizzare completamente l'inquinamento in città e la congestione in ambito extraurbano.