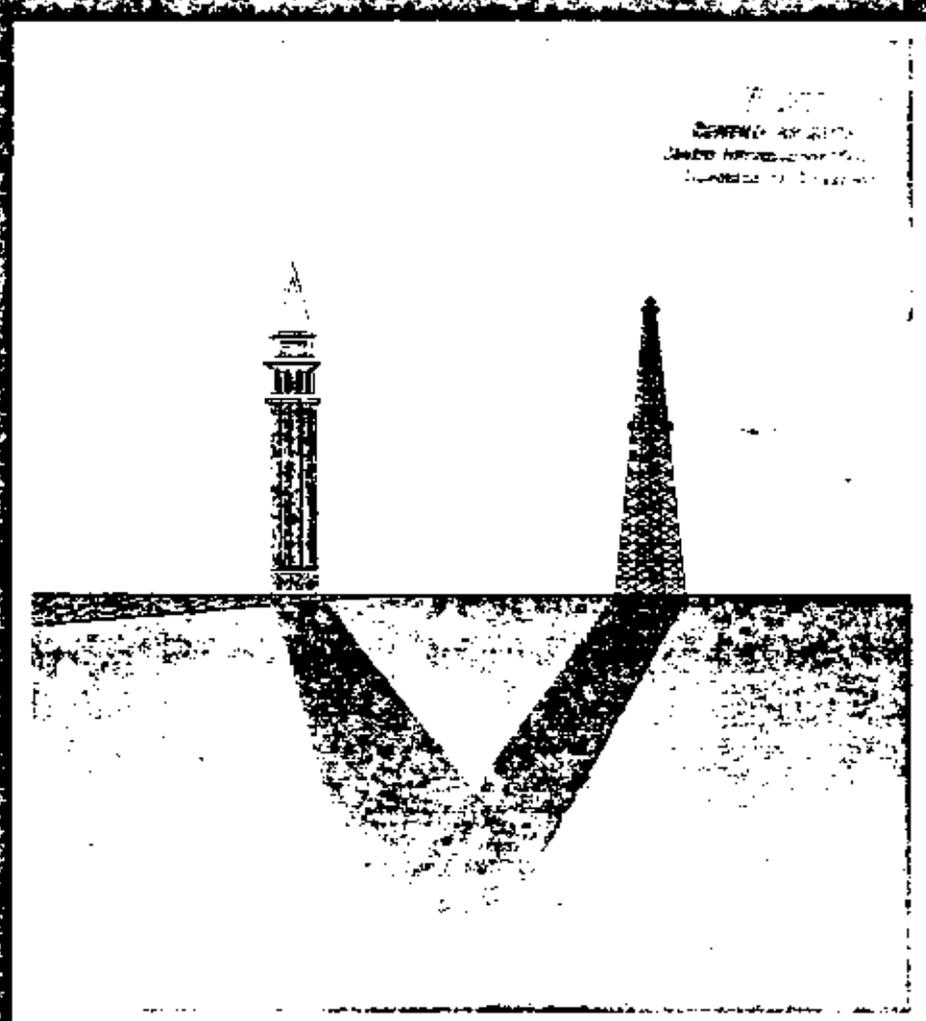


ENERGIA



1.80

ENERGIA: RIVISTA TRIMESTRALE SUI PROBLEMI DELL'ENERGIA

PROSPETTIVE DI RISPARMIO ENERGETICO NEI TRASPORTI⁽¹⁾

Ugo Lucio Businaro(*)

Aldo Fedrighini(*)

1. INTRODUZIONE

La crisi energetica ha posto in prima linea, tra l'altro, il problema del risparmio di combustibile nei trasporti. Molte le proposte di intervento fatte negli ultimi anni, che vanno dall'aumento dell'efficienza dei singoli mezzi di trasporto, e in particolare dell'automobile, ad un incremento nell'uso del trasporto pubblico.

Predire fino a che punto e con quale dinamica il complesso sistema di trasporto risponderà ai vari interventi proposti non è facile. Infatti, come è noto, un sistema complesso non risponde agli interventi con quella rapidità e quella linearità che si aspetta chi propone l'intervento.

Per comprendere meglio il comportamento del sistema, vengono sviluppati dei modelli, utilizzati per studi di « cosa succede se ». Tuttavia più complesso è il sistema e più il modello è simile alla realtà, meno chiara è la risposta. L'osservazione storica del comportamento di un sistema complesso come quello dei trasporti, può servire ad avere una indicazione sulla dinamica intrinseca del sistema. Tuttavia spesso le serie storiche o non sono disponibili, o i dati non sono congruenti.

Tuttavia, si può pensare di ottenere delle informazioni sulla evoluzione di un sistema complesso come quello dei trasporti esaminando in uno stesso intervallo di tempo lo stato in cui esso si è sviluppato in condizioni locali diverse. È un procedimento analogo a quello dell'astronomo che osservando diverse nebulose a stadi diversi di sviluppo riesce a costruire un modello di evoluzione temporale.

Questo modo di procedere, che chiameremo « paradigma dell'astronomo », ha già dato risultati interessanti nell'analisi di altri sistemi complessi, come ad esempio lo spostamento della struttura produttiva della società dall'agricoltura all'industria e ai servizi in funzione della crescita del prodotto interno lordo.

Comprendere lo sviluppo « inerziale » del sistema di trasporto è importante per rendersi conto di quanto sia difficile (e spesso vano) intervenire modificando detto sviluppo inerziale, qualunque ne sia la motivazione, inclusa quella del risparmio energetico.

Azioni che non richiedono un cambiamento globale nel sistema, ma che si limitano a cambiare un singolo componente nel sistema stesso (così come aumentare l'efficienza intrinseca energetica dell'automobile), hanno probabilità più alte di produrre risultati desiderati rispetto al tentare di modificare l'intero comportamento del sistema (come si fa quando si vuole, ad esempio, spostare la domanda di mobilità da un modo di tra-

sporto ad un altro) se con questo si va contro ad un « modo naturale » di sviluppo del sistema.

Nella presente nota si cercherà di:

- presentare la struttura del sistema di trasporto in diversi paesi con grado diverso di sviluppo, attraverso l'analisi dei dati sia sulla mobilità che sui consumi energetici;
- ricostruire, mediante l'analisi di questi dati, il modo di comportamento dinamico del sistema correlandolo con la variazione di macro variabili economiche;
- verificare, attraverso l'analisi dei risultati ottenuti da un modello analitico complesso, come il sistema di trasporto sia strettamente interrelato con gli altri sistemi economico-sociali;
- esaminare le prospettive di risparmio energetico nei trasporti attraverso l'intervento innovativo a livello « di componenti » nel sistema di trasporto ed in particolare attraverso l'esame di due casi: l'importanza del controllo ottimale del traffico urbano e il miglioramento dell'efficienza intrinseca delle vetture.

2. IL SISTEMA DI TRASPORTO

Scopo del sistema di trasporto è quello di soddisfare il bisogno di mobilità che è espresso appunto da una domanda di « mobilità ».

La mobilità è uno dei fabbisogni fondamentali dell'uomo e si riferisce sia al bisogno di muovere persone che merci.

Essa può essere influenzata da motivazioni di tipo soggettivo (come il desiderio di sfuggire da un dato ambiente o tipo di vita) e/o da motivazioni oggettive (come la necessità di raggiungere il posto di lavoro o la scuola) che possono essere raggruppate secondo una data scala di priorità.

Il fabbisogno di mobilità può essere suddiviso a seconda delle motivazioni soggettive/oggettive e viene strutturato e articolato dalla scala dei valori e delle priorità.

La « offerta » di trasporto per sposare la domanda di mobilità deve prendere in considerazione, il *perché*, il *dove*, e il *come*, che variano a seconda degli individui, della società, dell'ambiente, ecc.

Questo difficile « spozializio » tra domanda e offerta, dovuto alla complessità del sistema di trasporto, deve essere tenuto in considerazione quando si analizzano le possibili azioni per i risparmi energetici attraverso la modifica dell'offerta di trasporto.

* Centro Ricerche Fiat S.p.A. - Torino.

2.1 Morfologia del sistema di trasporto

Il sistema di trasporto è caratterizzato da tre sottosistemi principali:

- infrastrutture (strade, ferrovie, porti, aeroporti, canali ecc.);
- mezzi o veicoli di trasporto (automobile), autobus, treno, nave, aereo, ecc.);
- servizi ed organizzazione (gestione, personale, controllo ecc.).

Dal punto di vista dei «trasportati» possiamo distinguere tra:

- passeggeri;
- merci;
- misti.

Non sempre vi è una chiara distinzione tra passeggeri e merci perché alcuni veicoli trasportano ambedue.

Poiché tuttavia sul trasporto misto di passeggeri e merci non vi sono dati, ci limiteremo a considerare il sistema di trasporto come chiaramente suddiviso tra trasporto di persone e trasporto di merci.

Il sistema di trasporto opera in tre diversi specifici ambienti fisici: la terra, l'acqua, l'aria, che possono a loro volta essere suddivisi, come ad esempio: trasporto terrestre di superficie e sotterraneo, trasporto per via d'acqua interna o lungo le coste o internazionale.

Combinando un dato tipo di infrastruttura, con un dato mezzo di trasporto ed un tipo di organizzazione, si ottengono diversi *modi di trasporto*, ciascuno dei quali può svolgere una o più missioni. Ad esempio, la missione trasporto passeggeri urbana può essere eseguita dal modo «strada-automobile-gestione privata» o in concorrenza anche dal modo «strada ferrata-tram-servizio pubblico».

I diversi modi di trasporto sono spesso, per semplicità, contraddistinti dal tipo di veicolo (auto, autobus, aereo, ecc.).

Ciascun modo è caratterizzato da un insieme di parametri che indicano il grado con il quale un dato bisogno di mobilità può essere da esso soddisfatto. Ad esempio tra questi parametri caratteristici citiamo:

- il costo della tariffa;
- il tempo porta a porta;
- la frequenza del servizio;
- il grado di comfort;
- gli investimenti e i costi di esercizio e manutenzione;
- il consumo di combustibile;
- il tipo di energia utilizzata;
- ecc.

Pertanto anche se più modi possono in prima approssimazione competere tra di loro per svolgere la medesima missione, non sono in realtà completamente equivalenti sia per le diverse caratteristiche quantificabili, sia per altri «impoderabili» come l'abitudine, lo status symbol, ecc.

2.2 Dati sui sistemi di trasporto

I dati che abbiamo utilizzato per l'analisi che seguirà si riferiscono sia al «lavoro di trasporto» (misurato in termini di «passeggeri x km» o «tonnellate di merce x km») ripartito tra i vari modi di trasporto, sia all'energia consumata in ciascun modo di trasporto e al rapporto tra il lavoro di trasporto e energia utilizzata (che può essere indicato come «efficienza» del modo di trasporto) o l'inverso di tale rapporto (che può essere indicato come «intensità energetica» del modo).

In Fig. 1 è indicato per il 1975 il lavoro di trasporto in Italia sia per i passeggeri che per le merci.

Il trasporto su strada soddisfa più dell'88% della mobilità totale dei passeggeri e il 72% della mobilità delle merci.

Il consumo energetico nel settore trasporti per l'Italia, riferito al 1973, è stato pari a 27 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP), che ha rappresentato il 19% del totale delle risorse energetiche utilizzate dal Paese. Il trasporto su strada rappresenta il 63% (solo l'automobile con i motocicli rappresenta il 44%) circa del totale del consumo energetico del trasporto.

Circa il contributo delle varie fonti energetiche è da notare come la dipendenza dal petrolio rappresenti il 96% circa del fabbisogno energetico nei trasporti.

Le percentuali di cui sopra includono anche il bunkering internazionale che rappresenta una quota sostanziale (26%) dei fabbisogni energetici nei trasporti. Nel seguito non considereremo i consumi nei trasporti internazionali per via d'acqua, sia perché non vi sono sempre dati disponibili, sia perché questo modo di trasporto è difficilmente sostituibile da altri modi.

Bisogna inoltre tener presente che a fronte di un consumo diretto «di energia» vi è un consumo «indiretto» corrispondente per ogni modo di trasporto. Con il primo ci si riferisce alla quantità di energia «bruciata» nel motore per muovere il veicolo e con il secondo alla quantità di energia necessaria per fabbricare il veicolo, costruire le infrastrutture, gestire il sistema di trasporto.

La Fig. 28 mostra la ripartizione della mobilità passeggeri tra le tre classi di vetture e la ripartizione delle relative intensità energetiche relative al 1978. La classe delle vetture medie è responsabile per la maggior parte della mobilità e quindi anche della maggior parte dei consumi energetici.

Nella stessa figura l'ipotesi di risparmio nei consumi specifici delle singole vetture viene trasferita in termini di risparmio energetico globale che, su base annua, su tutto il parco porta ad oltre il 50%, di cui più della metà per interventi sulle vetture di classe media.

Un'analisi simile è stata fatta per il trasporto merci su strada e la Fig. 29 mostra sia la distribuzione del lavoro di trasporto tra le varie classi di autocarro, sia l'ipotesi di consumo specifico per ogni classe e i risultati in termini di risparmio globale su base annua degli interventi migliorativi indicati nella figura stessa.

6. CONCLUSIONI

Le prospettive di risparmio energetico nel sistema trasporto passano attraverso le possibilità di intervento per:

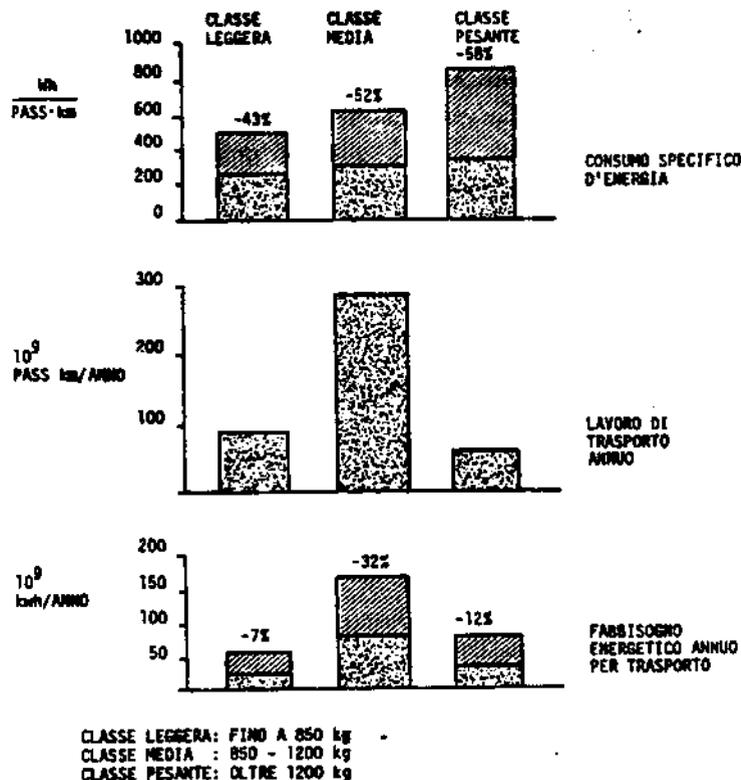
- 1 - *migliorare l'efficienza intrinseca* in ciascun modo di trasporto, dando priorità all'auto, in particolare alle vetture di classe media.
- 2 - *migliorare il fattore di utilizzazione* (o fattore di occupazione o di carico) migliorando così l'utilizzazione delle infrastrutture e quindi la produttività dei sistemi di trasporto sia per quanto riguarda i consumi di energia diretta, che i consumi di energia indiretta.
- 3 - *migliorare la gestione ed il management*, azioni che possono spesso portare ad interventi rapidi volti a ottimizzare da un punto di vista energetico la gestione del rapporto domanda/offerta di mobilità, migliorando le caratteristiche dei modi di trasporto e della modalità di utilizzazione.
- 4 - *spostamento della mobilità* verso modi di trasporto più efficienti che, nel caso del trasporto passeggeri, significa ridurre il peso percentuale dell'automobile.
- 5 - *ridurre la mobilità totale*.

I tipi di intervento sono stati indicati in ordine di potenzialità e credibilità decrescente, specialmente se si pone la condizione che gli interventi sui sistemi di trasporto non debbano avere degli effetti sul sistema socio-economico.

In particolare l'analisi fatta al Cap. 3 permette di ot-

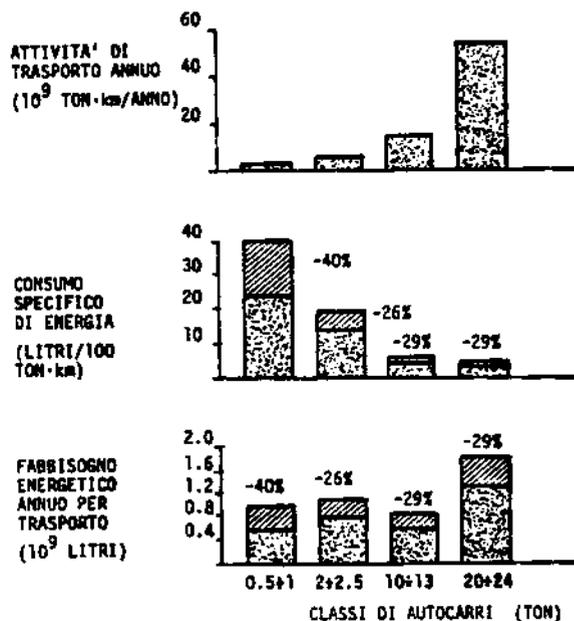
GERMANIA FEDERALE - SITUAZIONE DEL TRASPORTO PASSEGGERI AL 1978 E RISPARMI ENERGETICI POTENZIALI DOVUTI A INNOVAZIONI TECNICHE SULLE VETTURE

Fig. 28



GERMANIA FEDERALE - SITUAZIONE AL 1977 DEL TRASPORTO MERCI CON AUTOCARRI E RISPARMI ENERGETICI POTENZIALI DOVUTI A INTERVENTI TECNICI

Fig. 29



tenere delle indicazioni per gli interventi di politica dei trasporti per il risparmio energetico (si veda Fig 15):

- a) la non linearità della correlazione tra l'intensità energetica (Kcal/pass x Km) in funzione della percentuale crescente dell'uso dell'automobile indica che effetti di risparmio più elevati, agendo sul miglioramento dell'efficienza dell'auto, sono ottenibili nelle regioni e nei paesi che hanno più elevata mobilità;
- b) una riduzione della intensità energetica ottenuta spostando la domanda dall'auto al trasporto collettivo, deve essere attentamente analizzata per gli effetti che può avere sulla mobilità totale e sul PIL/pro-capite. Inoltre occorre verificare attentamente gli effettivi vantaggi, dal punto di vista energetico, se si considerano non solo i consumi diretti energetici, ma anche i consumi indiretti (si veda il caso dello scenario di spostamento modale illustrato nel cap. 4);
- c) i due casi illustrati nel Cap. 5 mostrano che esiste in effetti un'ampia potenzialità di intervento con innovazione tecnologica a livello di « componenti » nel sistema di trasporto, in particolare sul sistema di controllo del traffico e sull'automobile, e che questi interventi produrranno notevoli effetti sui consumi totali energetici.

Le possibilità di intervento per aumentare il fattore di utilizzazione, per quanto riguarda l'automobile, più che un problema di natura tecnologica è un problema di abitudini ed è legato alla modalità dell'uso dell'auto. È importante notare come, ad es. negli USA, la crisi energetica abbia portato ad un incremento nell'uso del car-pool. Nel campo del trasporto merci un miglioramento del fattore di carico passa probabilmente attraverso una migliore organizzazione dei sistemi di trasporto e alla realizzazione di infrastrutture, come ad esempio gli interporti presso grandi centri urbani.

Gli interventi a livello della gestione del trasporto sono in parte dipendenti da innovazioni tecnologiche (come l'esempio riportato di più efficienti sistemi di controllo del traffico urbano), in parte legati ad interventi di regolamentazione (come ad esempio i limiti di velocità, e l'introduzione di vetture « pubbliche » per il trasporto urbano, corsie esclusive per i mezzi pubblici, piste ciclabili, ecc.). Gli effetti di questi interventi sono difficilmente quantizzabili in termini di risparmio energetico. Ad esempio, l'abbassamento dei limiti di velocità ha effetto solo se contemporaneamente vengono ridotte

le richieste di prestazioni in termini di accelerazione delle vetture, per poter diminuire la potenza installata a bordo del veicolo.

Infine la riduzione della domanda di mobilità richiede interventi a livello di assetto del territorio, i cui effetti non sono sempre facilmente prevedibili (vista la non linearità con cui reagiscono gli altri sistemi che sono interconnessi con il territorio) ed in ogni caso richiedono interventi estremamente lunghi e costosi.

Rimane pertanto da sottolineare l'importanza degli interventi per migliorare l'efficienza energetica dei veicoli proprio per il fatto che il trasporto su strada, sia di passeggeri che di merci, rappresenta la più elevata percentuale dei consumi nel trasporto. Questi interventi tuttavia richiedono tempi lunghi dell'ordine di 15-20 anni, anche per attendere che gli interventi si diffondano attraverso la totale sostituzione del parco veicoli, ed investimenti così ingenti da mettere in difficoltà anche le più grosse aziende automobilistiche mondiali, comportando il ricorso a massicci interventi pubblici per il finanziamento della ricerca e dello sviluppo.

Torino, Luglio 1980

BIBLIOGRAFIA

- (¹) Il presente lavoro è una sintesi di una serie di lezioni tenute dagli autori alla « International School of Energetics », ad Erice dal 15 al 24 luglio 1980.
Per una più dettagliata analisi si rimanda ai Proceedings di detta Scuola.
- (²) R.U. AYRES: « Worldwide Transportation/Energy Demand Forecast: 1975-2000 » - ORLN/Sub-78/13536 - Ottobre 1978.
- (³) D.B. SHONKA editore: « Transportation Energy, Transportation Data Book: Edition 3 » - ORLN-5493 Special - Febbraio 1979.
- (⁴) ENCICLOPEDIA UNIVERSALE DE AGOSTINI - 1974-1977.
- (⁵) R.M. DOGGET ed altri: « Ten Scenarios of Transportation Energy Conservation Using TECNET » - Final Report - U.S. Department of Energy, HCP/M2101-1 - Marzo 1979.
- (⁶) R.M. DOGGET ed altri: « Further Development and Use of the Transportation Energy Conservation Network (TECNET) » - U.S. Department of Energy, HCP/M2101-2 - Marzo 1979.
- (⁷) G. MENGA - P. PATRUCCO: « Area Traffic Control: a Decentralized Approach » - Presentato all'EURO-IFIP - 1979.
- (⁸) M. INOSE: « Road Traffic Control with the Particular Reference to Tokyo Traffic Control and Surveillance » - IEEE Proceedings Vol. 64, No. 7, pagg. 1028-1039 - 1976.
- (⁹) U.L. BUSINARO - G. BOLOGNESI: « Trends in European Car Design » International Conference on Energy Use Management - Los Angeles, California - 22/26 Ottobre 1979.
- (¹⁰) J. HELLING - G. LERNER: « Der Künftige Erdölbedarf des Straßenverkehrs - Eine Untersuchung Alternativer Szenarien » - XVII FISITA International Congress, Amburgo, 5-8 Maggio - 1980