

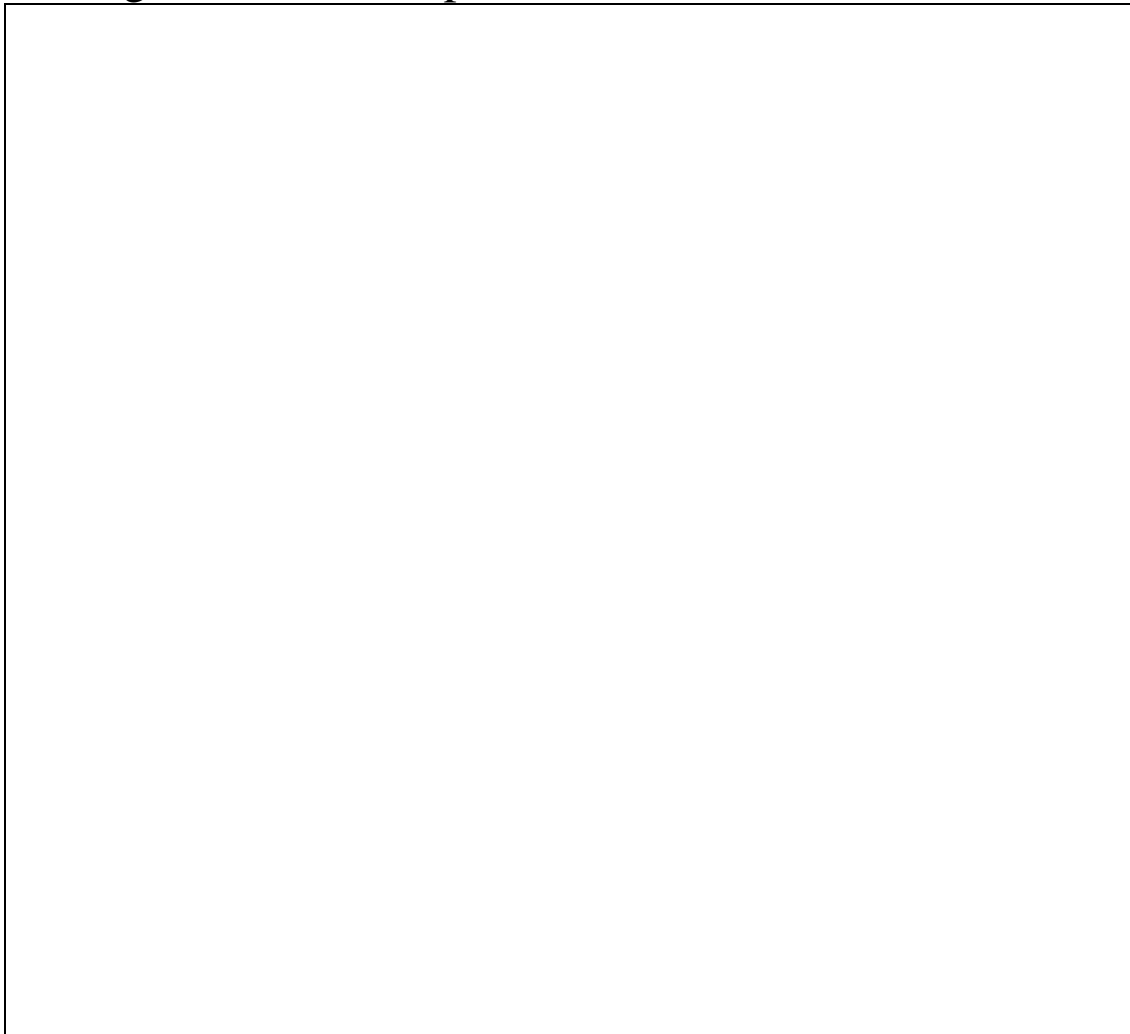


FEDERTRASPORTO

Centro Studi – Rapporto 1998

PIANIFICAZIONE E TRASPORTO

Modelli per la valutazione
strategica a scala europea



INDICE

Prefazione

Capitolo 1. Pianificare nella complessità

1.1 Per un approccio integrato e dinamico

1.2 L'aggiornamento delle competenze pubbliche: ricerca, informazione e formazione

1.3 La pianificazione per le imprese e per il mercato

Capitolo 2. Il progetto ASTRA

2.1 Le linee guida del progetto

2.2 Il modello di sistema dinamico

Appendici

Capitolo 3. La rassegna degli strumenti di valutazione strategica

3.1 I modelli di trasporto

3.2 I modelli ambientali

3.3 I modelli di economia regionale

3.4 I modelli macroeconomici

Capitolo 4. L'interazione tra i modelli e il disegno di un sistema dinamico

4.1 La necessità di un approccio integrato

4.2 La teoria dei modelli dei sistemi dinamici

4.3 Il modello dinamico ASTRA

4.4 Una lista preliminare di progetti e politiche di trasporto per i test del modello ASTRA

Capitolo 5. Un esempio di applicazione di un modello integrato trasporti e territorio a scala europea

5.1 La percezione delle inefficienze attuali

5.2 Gli scenari all'anno 2005

5.3 Costi e tariffe di trasporto

5.4 Struttura del modello e applicazione

5.5 La valutazione degli scenari

5.6 Impatti principali e risultati

Capitolo 6. Indicazioni per la pianificazione

6.1 Politica dei trasporti e modelli di valutazione

6.2 Come far crescere il dialogo tra decisori e modellisti

6.3 Quali indicazioni strategiche emergono dalla modellistica più recente?

Bibliografia

Sigle ed acronimi

PREFAZIONE*

Giancarlo Tesini
Presidente di Federtrasporto

Con il Rapporto 1998 prosegue l'impegno che Federtrasporto da tempo dedica alla promozione e diffusione di una cultura tecnico-scientifica del trasporto che riesca a coniugare l'utilizzo di moderni strumenti di analisi e l'attenzione alle dinamiche che si manifestano nel sistema delle imprese.

Nell'ambito di questo impegno, il volume "Pianificazione e trasporto" riveste una particolare rilevanza; esso infatti rappresenta un ulteriore contributo della Federtrasporto nella fase di avvio del nuovo Piano generale dei trasporti.

Già nella Conferenza nazionale sui trasporti che si è tenuta a Roma nel corso del 1998, Federtrasporto aveva fornito alcune indicazioni prioritarie da tenere presenti nella definizione dei nuovi strumenti di programmazione. Le proposte espresse in quella sede superano la mera rappresentanza di interessi specifici o di parte e rivestono invece un carattere più generale di responsabilità associativa, finalizzata alla tutela di tutto il sistema del trasporto. Non si diede infatti voce solo a richieste di intervento già formulate in passato – in primo luogo lo sviluppo di reali dinamiche di mercato nella produzione dei servizi di trasporto ed il maggiore coordinamento delle istituzioni e delle politiche di governo del settore – ma si proposero anche linee innovative di intervento che meritano di essere ricordate in questa sede:

- la costituzione di un Istituto nazionale sui trasporti che abbia il compito di promuovere e coordinare gli investimenti pubblici e privati nella ricerca e nell'innovazione tecnologica;
- l'avvio di un piano formativo che consenta di allineare le competenze delle pubbliche amministrazioni centrali e locali all'evoluzione del settore del trasporto;

* Il Rapporto è stato coordinato da Gerardo Marletto del Centro Studi della Federtrasporto, che ha redatto il capitolo 1, e da Angelo Martino di TRT Trasporti e Territorio. I capitoli 2-5 sono stati predisposti da TRT Trasporti e Territorio sulla base della documentazione preparata nel corso del progetto ASTRA; in particolare ciascuna delle quattro aree della rassegna degli strumenti di valutazione degli impatti è stata curata dai partner del consorzio ASTRA secondo la seguente suddivisione: TRT Trasporti e Territorio per i modelli di trasporto, IWW Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung Universität Karlsruhe per i modelli ambientali, Marcial Echenique and Partners per i modelli di economia regionale, Centre for Economics and Business Research per i modelli macroeconomici. Il capitolo 6 è stato redatto da Marco Ponti di TRT Trasporti e Territorio.

- la definizione di una vera e propria politica per l'innovazione, basata sull'introduzione anche nel settore del trasporto degli strumenti di incentivazione che hanno già dimostrato la loro efficacia in altri comparti industriali.

Coerentemente con la linea di responsabilità istituzionale assunta da Federtrasporto, anche il Rapporto "Pianificazione e trasporto" coglie un obiettivo di carattere generale, di interesse sia per le imprese che per le istituzioni del trasporto; esso infatti passa in rassegna gli strumenti di valutazione strategica più efficaci nel considerare due aspetti cruciali, ma spesso trascurati nelle procedure di pianificazione: l'evidenziazione degli impatti di lungo periodo delle politiche dei trasporti e l'esplicitazione delle interazioni che esse generano tra i diversi sistemi presi in considerazione – l'ambiente, i trasporti, l'economia regionale, la macroeconomia.

Nel cogliere questo obiettivo, il Rapporto trae in particolare spunto dall'attività di ricerca condotta dal consorzio ASTRA – di cui Federtrasporto è cofinanziatore - nell'ambito del IV Programma Quadro di Ricerca della DG VII della Commissione Europea. In questo senso esso fornisce anche la misura dello sforzo che Federtrasporto sta compiendo anche a livello europeo per mettere tra loro in comunicazione le diverse componenti del sistema del trasporto.

L'esperienza positiva maturata anche in questo caso rafforza la convinzione e l'auspicio più volte espressi che si creino spazi formalizzati di dialogo tra istituzioni, esperti e imprese. Solo in questo modo infatti vi è la garanzia che le tante energie disponibili possano essere proficuamente valorizzate, in particolare a sostegno degli impegni di pianificazione che dovranno accompagnare lo sviluppo futuro delle attività di trasporto.

1. PIANIFICARE NELLA COMPLESSITÀ

1.1. Per un approccio integrato e dinamico

E' ormai ben noto che qualsiasi intervento di politica dei trasporti determina una pluralità di impatti: sul sistema stesso dei trasporti e sull'articolazione modale e territoriale dei flussi; sull'ambiente e più in particolare sulla salute della popolazione; sul sistema economico e sui diversi mercati che lo compongono; sulla distribuzione territoriale degli insediamenti residenziali e produttivi.

Ecco allora che la pianificazione dei trasporti dovrebbe essere sorretta da metodologie di valutazione *ex-ante* della pluralità degli effetti di ciascun intervento, sia esso di infrastrutturazione o di regolazione.

Ecco allora che per la pianificazione si utilizzano un numero crescente di strumenti e di tecniche: le valutazioni finanziarie, le analisi costi-benefici, le valutazioni d'impatto ambientale, le analisi multicriteria, i modelli trasportistici in senso stretto, le analisi input-output regionali e nazionali, i modelli macroeconomici ed econometrici.

La necessità di tenere adeguatamente conto dei diversi effetti delle politiche di trasporto può però produrre un effetto paradossale: con il moltiplicarsi dei modelli e degli strumenti a supporto della pianificazione, la capacità di ricostruire un quadro unitario della realtà si va riducendo. Alla complessità della realtà si sovrappone infatti una moltiplicazione dei modelli che genera una realtà virtuale composta da elementi di valutazione tra loro non collegati, sia logicamente che temporalmente.

Si tratta di un effetto particolarmente grave, dato che la funzione stessa della pianificazione dei trasporti si basa proprio sulla disponibilità di un quadro unitario di valutazione degli impatti dei singoli interventi.

Accanto a questa considerazione negativa, può essere però proposta una certezza di segno opposto: un quadro unitario a supporto della pianificazione può essere ricostruito.

A tal fine è necessario utilizzare quegli strumenti di valutazione strategica e dinamica in grado di tenere conto delle relazioni logiche e temporali tra i diversi strumenti e modelli. Non si tratta quindi di rinunciare alla complessità o all'approfondimento delle analisi, ma di tenere conto dei risultati dei singoli modelli di valutazione (quello ambientale, quello territoriale, quello trasportistico, quello economico), esaltando gli effetti di "travaso" da un modello all'altro e lo sviluppo di tali "travasi" nel corso di un profilo temporale di medio-lungo periodo.

In questo modo non solo si soddisfa l'esigenza di una pianificazione unitaria delle politiche di trasporto, ma si prende atto di alcune conseguenze non secondarie di un approccio di tipo strategico e dinamico alla valutazione delle politiche di trasporto:

- in primo luogo, emerge la possibilità che proprio il “travaso” di impatti da un ambito all'altro generi uno scenario di medio-lungo periodo in cui gli effetti del singolo intervento risultino inattesi, se non addirittura contrari alle aspettative;
- in secondo luogo, si evidenziano gli effetti strutturali che nel tempo (ed in modo quasi sempre irreversibile) i singoli interventi determinano, modificando così il contesto in cui gli stessi investimenti in infrastrutture e le stesse politiche di regolazione generano i loro impatti;
- in terzo luogo, risulta definitivamente obsoleto ogni approccio alla politica dei trasporti che non tenga conto dell'interazione tra le diverse modalità di trasporto, tra i flussi di breve e di lunga distanza, tra gli interventi di infrastrutturazione e quelli di regolazione;
- di conseguenza, si rende più agevolmente realizzabile un approccio per piani integrati applicabile non solo al sistema nazionale ed alle sue articolazioni territoriali, ma anche ad alcuni specifici sottosistemi (le aree metropolitane, i nodi infrastrutturali, i distretti industriali).

Un ulteriore risultato rilevante che deriva dall'utilizzo di modelli di valutazione strategica e dinamica, non sta tanto nel diverso supporto che essi forniscono alla pianificazione, quanto nella possibilità che essi garantiscono di esplicitare il nesso tra obiettivi e strumenti della politica dei trasporti.

I modelli di valutazione strategica consentono infatti di valutare gli effetti di interventi stilizzati (“costruzione di un collegamento autostradale tra due aree metropolitane”, “introduzione del parcheggio a pagamento nelle aree urbane”, “incremento della tassazione sulla circolazione stradale”, ecc.) e di costruire su questa base una gerarchia degli interventi in funzione degli obiettivi di volta in volta individuati. In questo modo si concentra l'attenzione sugli effetti complessivamente generati dalle politiche di trasporto e si superano le contrapposizioni pregiudiziali (pro o contro l'automobile, pro o contro l'ambiente, ecc.) che, proprio utilizzando la valutazione strategica, possono rivelarsi addirittura infondate.

1.2. L'aggiornamento delle competenze pubbliche: ricerca, informazione e formazione

Un approccio integrato alla pianificazione ed alla valutazione delle politiche di trasporto stride con l'attuale assetto di governo del sistema italiano dei trasporti.

Alla necessità di integrare i modelli di valutazione si contrappone infatti la ripartizione delle competenze trasportistiche tra diversi organi ministeriali (in particolare Trasporti, Lavori pubblici e Ambiente) ciascuno dei quali è dotato di propri obiettivi e di propri modelli di valutazione, i quali non tengono conto delle possibili interazioni tra le diverse aree di intervento.

L'unificazione dei diversi ministeri con responsabilità in materia di trasporti non è certamente l'unica strada percorribile per ricercare una migliore integrazione delle politiche dei trasporti – ed è anzi probabilmente quella politicamente più impervia.

Un'alternativa più realistica può essere invece concepita puntando alla costituzione di una struttura tecnica di supporto ai diversi organi decisionali, che sia dotata delle competenze scientifiche necessarie per essere di supporto alla pianificazione e che, soprattutto, utilizzi per la valutazione delle politiche di volta in volta in esame un unico modello strategico e dinamico.

A tale struttura potrebbero essere affidate anche le funzioni di alta consulenza per le funzioni di pianificazione crescentemente esercitate dalle Regioni sulla base delle recenti normative per il federalismo amministrativo.

L'attribuzione di maggiori funzioni alle Regioni risulta assolutamente corretta, tenuto conto soprattutto della dimensione prevalentemente locale di molti dei fenomeni che caratterizzano il sistema dei trasporti. Non andrebbe però trascurato che non tutte le amministrazioni regionali risultano tecnicamente all'altezza di esigenze di pianificazione spesso molto complesse che – se mal interpretate – si riverbererebbero con effetti negativi sul più esteso scenario nazionale.

Il rafforzamento delle competenze a supporto della pubblica amministrazione e la diffusione di un approccio correttamente strategico e dinamico non esauriscono i passaggi necessari per sostenere la funzione pubblica della pianificazione in materia di trasporto.

E' infatti necessario accrescere anche la qualità e la quantità dell'informazione statistica oggi spesso carente e quasi sempre prodotta direttamente dagli operatori del settore senza un coordinamento scientifico che renda confrontabili i dati disponibili. Non è quindi sconnesso dall'intento di promuovere un nuovo approccio alla pianificazione, il sostegno ad iniziative promosse dall'Istat che razionalizzino le informazioni statistiche già raccolte, coordinino quelle raccolte da altri soggetti e individuino le nuove indagini necessarie a registrare fenomeni oggi ignorati (quali ad esempio l'intermodalità).

Risulta inoltre opportuna, proprio per favorire la diffusione di un approccio corretto alla pianificazione, un'azione di aggiornamento delle risorse umane della pubblica amministrazione che, a partire dall'analisi delle competenze oggi necessarie per un governo appropriato del settore, sviluppi un vero e proprio programma nazionale di formazione.

1.3. La pianificazione per le imprese e per il mercato

Quali benefici traggono le imprese di trasporto da un nuovo approccio alla pianificazione?

L'uso di metodologie condivise di valutazione strategica può garantire che la pianificazione si realizzi in modo più ordinato di quanto è sino ad oggi accaduto. Ciò significherebbe per le imprese la definizione di uno scenario di riferimento stabile e duraturo su cui impostare le proprie strategie di sviluppo, superando definitivamente una lunga tradizione di continuo "inseguimento" di interventi non sempre perfettamente coerenti nel tempo, nello spazio e – fatto più grave – negli obiettivi che si intendevano perseguire.

Un sistema condiviso che consenta di valutare almeno da un punto di vista logico gli effetti delle diverse tipologie di intervento in materia di trasporti può inoltre evitare di dover riaprire intorno ad ogni intervento interminabili dispute tecniche e politiche. La disponibilità di una strumentazione di simulazione degli effetti della pianificazione può quindi contribuire anche per questa via alla determinazione di un quadro di riferimento maggiormente certo per le imprese. Ne trarrebbe vantaggio anche la rapidità di attuazione delle diverse politiche, evitando tra l'altro che interventi necessari in un dato momento si tramutino in azioni inutili o dannose in un contesto che anche nell'arco di pochi anni può profondamente mutare.

Infine, dall'uso di modelli di valutazione strategica può derivare un'ulteriore beneficio per le imprese: la quantificazione degli effetti positivi delle politiche di liberalizzazione.

Già dall'applicazione del modello integrato trasporti-territorio sviluppata nel quinto capitolo di questo Rapporto si evince che gli effetti economici delle politiche di regolazione sono superiori a quelli delle infrastrutturazioni. Questo perché la rapidità di reazione delle imprese è significativamente superiore nel primo caso rispetto al secondo e perché è proprio dalla reazione delle imprese che derivano i principali risultati positivi delle politiche di trasporto.

Ciò rappresenta un risultato che può suonare paradossale e che, forse proprio per questo, deve essere ben esplicitato: la pianificazione non deve essere uno strumento sostitutivo al mercato, ma deve creare le condizioni che consentano di trarre dai meccanismi di mercato il massimo dei benefici collettivi possibili.

Si rafforza così la convinzione, da tempo espressa dal mondo delle imprese di trasporto, che la pianificazione non deve cercare di sostituire modelli precostituiti alla libera capacità delle imprese di costruire il futuro, ma deve sostenere tale capacità con una pluralità di interventi: per il sostegno alla ricerca; per la diffusione dell'innovazione tecnologica, organizzativa e finanziaria; per la promozione di forme di liberalizzazione in tutti i settori – anche in quelli tradizionalmente pubblici. Si

tratta di interventi che in una concezione tradizionale della politica del trasporto forse non dovrebbero nemmeno rientrare nel quadro della pianificazione.

L'auspicio è invece che, anche grazie all'applicazione dei modelli di valutazione strategica presentati in questo Rapporto, si possano rendere sempre più evidenti gli effetti strutturali positivi che generano le politiche di liberalizzazione inserite in un quadro ordinato di pianificazione.

2. IL PROGETTO ASTRA

Il progetto ASTRA si colloca nell'area strategica del IV Programma Quadro di Ricerca sui trasporti ed in particolare nella sezione relativa alla valutazione della Politica Comune dei Trasporti. Il progetto è finanziato dalla Commissione Europea al 50% e la sua durata è di 24 mesi a partire da ottobre 1997 e si propone di:

- sviluppare uno strumento per la valutazione strategica della Politica Comune dei Trasporti (CTP) e del programma per le reti di trasporto Trans-Europee (TEN);
- migliorare la capacità di individuare e simulare gli impatti di lungo periodo per la valutazione di progetti esistenti e in particolare la capacità di tener conto degli impatti secondari delle politiche di trasporto a scala europea;
- di mettere a punto una metodologia, e la strumentazione modellistica associata, per la valutazione strategica degli impatti di lungo periodo della Politica Comune dei Trasporti (CTP).

I dettagli sul IV Programma Quadro di Ricerca sui trasporti, sui componenti del consorzio ASTRA, sulla Politica Comune dei Trasporti e sulle reti di trasporto Trans-Europee sono riportati nelle appendici di questo capitolo.

Il progetto è suddiviso in tre parti, ciascuna delle quali è finalizzata al conseguimento di un determinato obiettivo:

1. rivedere criticamente gli strumenti attualmente in uso nelle quattro aree di valutazione specifiche - trasporti, ambiente, territorio ed economia regionale, macroeconomia - e individuare sino a che punto gli approcci analitici e i presupposti metodologici sono in grado di tenere conto dei cambiamenti strutturali;
2. progettare una piattaforma modellistica comune di interfaccia tra i modelli nelle quattro aree di valutazione e analizzare le interrelazioni attraverso un modello di sistema dinamico, dedicando particolare attenzione agli impatti non marginali;
3. fornire degli esempi dimostrativi di applicazione di tale metodologia.

L'approccio metodologico dello studio si basa sul riconoscimento che obiettivi e caratteristiche dei diversi strumenti di valutazione - trasportistico, ambientale, economico-territoriale e macroeconomico - sono specifici e non intercambiabili. Di conseguenza il lavoro di ricerca si concentrerà sulla messa a punto di una "piattaforma di interfaccia" costituita da un modello di sistema dinamico che, pur mantenendo le caratteristiche specifiche di ciascuno strumento di valutazione consentirà di studiare l'interazione con tutti gli altri. In termini di avanzamento scientifico, l'aspetto più interessante riguarda proprio l'introduzione di procedure derivate dalla teoria dei sistemi dinamici, in grado di gestire gli effetti di *feedback* e

allo stesso tempo le interazioni tra i diversi moduli rappresentativi delle quattro discipline di ricerca.

2.1 Le linee guida del progetto

Esistono molti strumenti di valutazione degli impatti delle politiche e degli investimenti di trasporto¹. I modelli di analisi e di previsione vengono continuamente aggiornati per migliorarne la capacità di valutare gli impatti diretti di politiche ed investimenti sulla domanda di trasporto, la scelta modale, la capacità, i livelli e le caratteristiche del traffico. In un numero crescente di applicazioni, modelli di trasporto vengono applicati anche per stimare gli impatti sull'ambiente e sulle scelte localizzative delle famiglie e delle imprese.

In parallelo a questi sviluppi si è consolidata una richiesta di integrazione tra strumenti per loro natura parziali, e la loro capacità di scambiare input ed output in modo coerente al fine di pervenire ad una valutazione più approfondita possibile di tutti i costi e i benefici, in senso lato e non solo strettamente economico, degli interventi nel settore.

Tale esigenza emerge anche dai risultati delle prime analisi dell'impatto delle Politiche Comuni di Trasporto e delle reti di trasporto trans-europee (TEN), che evidenziano la necessità di una maggiore coerenza tra strumenti e modelli di derivazione micro-economica - dai parametri comportamentali a quelli ambientali e alle funzioni di produzione - e strumenti di carattere macro, pensati per valutare gli impatti sulla crescita economica, sull'occupazione, sulla distribuzione del reddito, sulla struttura degli scambi, ecc.

2.2 Il modello di sistema dinamico

Gli approcci alla modellistica dei trasporti di derivazione macro-economica convenzionale, così come quelli basati sulle matrici input-output, si basano sull'assunzione di sostanziale stabilità della struttura produttiva e dei parametri. Vale a dire che l'insieme delle relazioni osservato nel passato è rappresentato da un sistema di equazioni che viene mantenuto costante nelle proiezioni al futuro. Le variazioni nella struttura produttiva o nell'insieme delle relazioni vengono assunte come esogene e non sono influenzate dalle modifiche dell'offerta di trasporto. Da

¹ In relazione agli obiettivi si possono distinguere tre grandi categorie di strumenti di analisi: *operativa* - valutare se una data politica o tecnica soddisfa gli obiettivi e le finalità predefinite (ad esempio tecniche o finanziarie); *socio-economica e ambientale* - valutare se un progetto o una politica sono economicamente e socialmente vantaggiosi o sostenibili dal punto di vista ambientale; e *strategica* - valutare gli impatti di lungo periodo di investimenti in infrastrutture e politiche. All'interno di ciascuna categoria di strumenti di analisi esistono significative differenze di approccio teoriche, che includono criteri di valutazione, parametri assunti esogenamente, funzioni utilizzate per descrivere i comportamenti dei fattori ritenuti rilevanti e le loro interrelazioni con altri fattori, etc..

questo punto di vista tali approcci risultano più appropriati per previsioni di breve e medio periodo, ed il loro utilizzo in scenari di lungo periodo appare inappropriato. Poiché l'obiettivo della ricerca ASTRA è l'analisi degli impatti di lungo periodo delle CTP, è apparso interessante fare ricorso all'approccio dei sistemi dinamici.

L'applicazione di modelli di sistemi dinamici (System Dynamics Models, SDM), sviluppata a partire dagli studi di Forrester (Forrester 1962, 1969), è relativamente frequente in ricerche economiche e tecnologiche. Essa si basa sulla rappresentazione modellistica del sistema oggetto dell'analisi, degli elementi che lo compongono e delle loro relazioni dinamiche, che possono anche retroagire con effetti negativi, di smorzamento, o positivi, di espansione.

La struttura matematica è data da un sistema di equazioni differenziali che mettono in relazione variabili di stato e variabili di cambiamento. Poiché questa rappresentazione matematica del sistema porta normalmente ad un elevato numero di equazioni differenziali, risulta quasi sempre impossibile riuscire a calcolare lo stato di equilibrio (se esiste) del sistema. Ma è possibile, e ciò rende il sistema attraente per l'analisi dinamica, simulare il percorso nel tempo delle variabili e studiare il comportamento dinamico di un set differenti di parametri. Si può apprendere così che il futuro è meno prevedibile di quanto non possa risultare dall'applicazione di analisi econometriche standard.

I modelli di sistema dinamico consentono di analizzare il cammino critico (vale a dire il campo di variazione dei parametri per cui il sistema si comporta nel modo atteso) e di elaborare cammini stabili e sostenibili (vale a dire il campo di variazione dei parametri per cui il sistema si comporta in modo conforme ad un insieme specificato di indicatori). Su questa base possono quindi essere verificate differenti misure di sostenibilità economica, finanziaria e ambientale nel settore dei trasporti (investimenti infrastrutturali, politiche di regolazione, politiche di prezzo, ecc.) ed è anche possibile controllare se un determinato input conduca ad una soluzione fattibile per lo sviluppo del sistema.

Per quanto riguarda la sua caratterizzazione territoriale, il modello di sistema dinamico utilizza un azzonamento nozionale, ovvero le zone non corrispondono a particolari aree geografiche ma sono invece rappresentative di specifiche categorie, es. aree centrali delle città di grandi dimensioni, aree metropolitane, ecc. Gli impatti derivanti da investimenti nei trasporti non saranno quindi analizzati da punti di vista locali, ma invece verranno valutati in termini più generali: non l'impatto dell'alta velocità nel tunnel del Frejus tra Lione e Torino, ma invece l'impatto di un nuovo collegamento ferroviario ad alta velocità fra due grandi aree metropolitane tipo in Europa.

La struttura del modello favorisce l'analisi delle politiche di investimento in base alle classi di distanza (urbana, metropolitana, regionale e inter-regionale) e per specifico modo di trasporto e/o per specifica area funzionale o tra specifiche coppie di aree funzionali, come nel caso delle grandi aree metropolitane.

Nel caso degli impatti delle politiche di regolazione e dei prezzi, il modello di sistema dinamico è più flessibile e offre maggiori possibilità ai decisori. I sussidi agli operatori possono essere analizzati in termini di riduzione dei costi dell'utenza e allo stesso tempo i sussidi alle industrie per investimenti in nuove tecnologie potrebbero essere simulati direttamente in termini di riduzioni delle emissioni dei veicoli.

Indicativamente la lista preliminare di politiche di regolazione e di prezzo i cui impatti potrebbero essere testati utilizzando il modello di sistema dinamico, comprende:

- politiche dei prezzi (parcheggi a pagamento alla scala urbana/metropolitana, road pricing, etc.);
- politiche di regolazione (car pooling, riduzione della velocità sulle strade, aumento della proibizione della circolazione notturna degli autotreni, etc.);
- politiche di tassazione (tassa sui carburanti per il trasporto stradale, incentivi alla rottamazione delle vecchie auto, etc.).

APPENDICI

Appendice A - Il IV Programma Quadro

Il IV Programma Quadro è stato ufficialmente avviato dalla Commissione Europea il 26 aprile 1994, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza dei modi di trasporto individuali e di sviluppare le strategie per accelerare e rendere più economica l'integrazione e l'interoperabilità del trasporto sia passeggeri che merci a scala europea.

Il IV Programma Quadro ha una durata di 5 anni, dal 1994 al 1998, e un budget di 12.300 milioni di ECU. Esso comprende 4 aree di attività:

- la ricerca e i programmi dimostrativi (10.686 milioni di ECU),
- la cooperazione con paesi terzi e organizzazioni internazionali (540 milioni di ECU),
- la diffusione dei risultati (330 milioni di ECU),
- gli incentivi all'addestramento e alla mobilità dei ricercatori (744 milioni di ECU).

In particolare la ricerca nel settore dei trasporti ha avuto a disposizione un budget di 256 milioni di ECU. In questo settore, il IV Programma Quadro è stato preparato dal programma EURET del 1990 (con 268 milioni di ECU) e dagli studi preliminari APAS (8 milioni di ECU).

La prima delle quattro tornate di assegnazione dei progetti, chiusa tra il 1995 e il 1996, ha visto la partecipazione di 3665 (488 italiani) tra istituti di ricerca, università e imprese private. Solo 851 (88 italiani) sono state poi effettivamente selezionati per la realizzazione delle ricerche. Al momento non sono ancora disponibili le statistiche per le tre tornate svolte negli anni successivi.

Appendice B - Il gruppo di lavoro del consorzio ASTRA

I partner dello studio sono TRT Trasporti e Territorio, promotore del progetto e responsabile delle attività di analisi degli strumenti disponibili e in generale dell'interfaccia tra il settore dei modelli di trasporto e tutti gli altri, IWW Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung Universität Karlsruhe (Germania), responsabile degli aspetti ambientali e della supervisione del modello dinamico di sistema, ME&P Marcial Echenique and Partners, Cambridge (Gran Bretagna), responsabile dei modelli economico territoriali e CEBR, Centre of Economic and Business Research Ltd, Londra (Gran Bretagna), responsabile degli strumenti macro-economici.

IWW è il coordinatore del progetto e il professor Werner Rothengatter è il supervisore scientifico e il presidente dello Steering Committee i cui membri sono il prof. Marco Ponti (TRT), la dott.ssa Lynn Devereux (ME&P) e il prof. Douglas McWilliams (CEBR). Il dott. Gerardo Marletto (Federtrasporto) è membro aggiunto senza diritto di voto dello Steering Committee.

Appendice C - La Politica Comune dei Trasporti

Al fine di implementare la Politica Comune dei Trasporti (CTP), il Programma di Attuazione 1995-2000 (e oltre) presentato dalla Commissione (COM (95) 302 finale) definisce misure, scadenze e obiettivi in tre aree fondamentali:

- miglioramento della qualità del servizio, attraverso lo sviluppo integrato e competitivo del trasporto sulla base di tecnologie innovative compatibili con il miglioramento delle condizioni ambientali e di sicurezza;
- miglioramento del funzionamento del mercato unico, in modo da aumentare le possibilità di scelta degli utenti tra i servizi di trasporto, pur nella salvaguardia degli standard sociali;
- ampliamento delle dimensioni esterne del sistema dei trasporti, attraverso il miglioramento dei collegamenti con gli stati non EU e incoraggiando l'accesso di operatori EU ad altri mercati dei trasporti.

Grazie anche alla crescente sensibilizzazione sociale nei confronti della qualità ambientale, le politiche in materia di standard ambientali e di sicurezza rappresentano l'area in cui più univoco è il riconoscimento di un interesse comune alla cooperazione internazionale. Questo in termini di crescente convergenza delle azioni intraprese da governi locali, nazionali ed europei per aumentare la qualità e la sostenibilità ambientale dei sistemi di trasporto e in termini di azioni per la definizione e l'innalzamento di standard tecnici.

Appendice D - Le reti di trasporto trans-europee (TEN)

In parallelo alla creazione del mercato interno, la Commissione Europea ha lanciato il programma Trans-European transport Networks (TEN) per integrare ed innalzare lo standard anche delle reti di trasporto a scala continentale.

In presenza di acuti fenomeni di congestione delle reti stradali nell'Unione (che caratterizzano in maniera sistematica più di 5.000 chilometri di strade di cui 3.800 a standard autostradale) e di un'insufficiente integrazione delle reti dei paesi membri, i fattori critici dell'integrazione dei trasporti in Europa sono stati individuati sin dalla prima metà degli anni '80 nei seguenti punti:

- scarsa accessibilità delle regioni periferiche;

- necessità di potenziare le dotazioni di interscambio fra sistemi ferroviari e stradali, fra sistemi terrestri e marittimi e fra sistemi aeroportuali e terrestri;
- necessità di innalzare gli standard delle reti di trasporto nei paesi dell'Europa Centrale e dell'Est.

Appendice E - I 14 progetti prioritari delle reti europee di trasporto (TEN)

Nel Dicembre 1994 la Commissione ha individuando 14 corridoi TEN il cui completamento è individuato come prioritario per l'Unione Europea. I 14 progetti prioritari sono stati selezionati sulla base di quattro criteri: dimensione del progetto, redditività economica, potenziale attrattività per investitori privati e possibilità di loro avvio entro quattro anni.

I 14 progetti prioritari riflettono anche l'elevata priorità assegnata a rafforzare il trasporto ferroviario per fornire un'alternativa al trasporto su strada. Circa l'80% degli investimenti previsti (per un totale di 91 miliardi di ECU) è ingaggiato in progetti ferroviari. Il 9% per il potenziamento di collegamenti strada/ferrovia e solo il 10% alla costruzione di nuove infrastrutture stradali, essenzialmente per rafforzare i collegamenti con le regioni periferiche.

1. Treno ad alta velocità / trasporto combinato Nord-Sud (Berlino - Monaco - Verona)
2. Treno ad alta velocità PBKAL (Parigi - Bruxelles - Colonia - Amsterdam - Londra)
3. Treno ad alta velocità Sud (Madrid - Barcellona - Montpellier e Madrid - Vitoria - Dax)
4. Treno ad alta velocità Est (Parigi - Francia orientale - Germania meridionale e Metz - Lussemburgo)
5. Ferrovia merci / Trasporto Combinato: linea BETUWE (Rotterdam-Emmerich-confine tedesco)
6. Treno ad alta velocità / Trasporto combinato Francia-Italia (Lione-Torino e Torino-Milano- Venezia-Trieste)
7. Autostrade greche PATHE e Via Egnatia
8. Autostrada Lisbona - Valladolid
9. Collegamento ferroviario convenzionale in Irlanda (Cork - Dublino - Belfast - Larne - Stranraer)
10. Aeroporto della Malpensa di Milano
11. Collegamento ferroviario e stradale fra Danimarca e Svezia (Oresund)
12. Triangolo nordico
13. Collegamento stradale Irlanda - Regno Unito - Benelux
14. Collegamento ferroviario della costa ovest del Regno Unito

Appendice F - I 10 corridoi di collegamento con l'Europa centrale e orientale

A seguito della Conferenza Pan-Europea dei Ministri dei Trasporti di Helsinki del Giugno 1997, sono stati definiti 10 corridoi strategici tra l'Unione Europea e i paesi dell'Europa Centrale per garantire i collegamenti fra il Mediterraneo, il Mar Nero e l'Artico.

1. Helsinki - Tallinn - Riga - Kaunas - Warsaw; con raccordo Riga - Kalingrad - Gdansk
2. Berlin - Warsaw - Minsk - Moscow - Nizhnij Novgorod;
3. Berlin/Dresden - Wroclaw - Lvov - Kiev;
4. Berlin/Nurnberg - Prague - Budapest - Costanza/Thessaloniki/Istanbul;
5. Venezia - Trieste/Koper - Ljubljana - Budapest - Uzgorod - Lvov;
raccordo A: Bratislava - Zilina - Kosice - Uzgorog
raccordo B: Rijeka - Zagreb - Budapest
raccordo C: Ploce - Sarajevo - Osijek - Budapest
6. Gdansk - Grudziadz/Warsaw - Katowice - Zilina;
raccordo A: Katowice - Ostrava - Corridoio IV
7. Danube
8. Durres - Tirana - Skopje - Sofia - Varna;
9. Helsinki - St. Petersburg - Moscow/Pskov - Kiev Ljubasevka - Chisinau - Bucharest - Dimitrovgrad - Alexandroupoli
raccordo A: Ljubasevka - Odessa
raccordo B: Kiev - Minsk - Vilnius - Kaunas - Klaipeda/Kaliningrad
10. Salzburg - Ljubljana - Zagreb - Belgrade - Nis - Skopje - Veles - Thessaloniki
raccordo A: Graz - Maribor - Zagreb
raccordo B: Budapest - Novi Sad - Beograd
raccordo C: Nis - Sofia - sul Corridoio IV per Istanbul
raccordo D: Veles - Bitola - Florina - Via Egnatia

3. LA RASSEGNA DEGLI STRUMENTI DI VALUTAZIONE STRATEGICA

Il principale obiettivo di questa rassegna è quello di presentare un resoconto aggiornato degli strumenti di valutazione nelle quattro aree: trasporto, ambiente, economia regionale e macroeconomia. Come strumenti di valutazione si sono intesi i modelli quantitativi attraverso i quali fosse possibile stimare gli impatti applicati nei vari settori degli investimenti nelle infrastrutture di trasporto e delle politiche di regolazione e di prezzo. Come si vedrà nei successivi paragrafi i modelli quantitativi analizzati sono i più diversi tra loro (modelli di simulazione, di regressione, ecc.) e si rifanno a finalità e presupposti teorici molto differenti.

La rassegna ha cercato principalmente di identificare fino a qual punto gli approcci analitici dei diversi strumenti di valutazione siano in grado di analizzare i cambiamenti strutturali e gli impatti non marginali di lungo periodo delle strategie di trasporto.

In particolare l'analisi è stata concentrata sulle possibilità di interfacciare i differenti strumenti di valutazione e di mettere in luce le criticità che potrebbero emergere. Il rapporto è quindi focalizzato su due principali temi:

- capacità degli strumenti di riflettere gli impatti strategici delle politiche e degli investimenti di trasporto;
- la possibilità di far dialogare tra loro strumenti che appartengono a settori differenti.

In termini generali gli strumenti di valutazione degli impatti nel settore dei trasporti considerati nella rassegna sono quelli più conosciuti e per i quali esiste una ben consolidata esperienza pratica oltre che una comune base teorica. La rassegna si focalizza su modelli di reti multimodali che permettono di analizzare i cambiamenti nell'uso di un modo di trasporto anche in termini di impatti sugli altri modi e di valutare gli impatti delle politiche e degli investimenti.

Il secondo tema, ovvero la possibilità di far dialogare tra loro gli strumenti, fa espressamente riferimento all'analisi dei flussi di informazioni che sono input provenienti da strumenti di valutazione di altri settori o output passati a strumenti di valutazione di altri settori. Un esempio è il caso dei flussi di traffico che sono un dato di input per i modelli ambientali e allo stesso tempo un output dei modelli di trasporto, mentre a loro volta i modelli di trasporto assumono come input la domanda di trasporto che è prodotta dai modelli di economia regionale, i quali poi si basano su dati di crescita dell'economia, a loro volta prodotti dai modelli macroeconomici.

L'adozione di una prospettiva di lungo periodo rende obbligatoria l'esplicita introduzione di processi dinamici nel sistema. In questo caso infatti la comprensione delle dinamiche di evoluzione può essere in generale ancor più importante della previsione esatta dei valori

nell'anno orizzonte dello studio. Allo stesso tempo la ricostruzione degli andamenti di crescita delle variabili del sistema consente anche di riconoscere l'esistenza di livelli di saturazione e di meccanismi di equilibrio.

La maggior parte degli strumenti di valutazione dell'impatto ambientale analizzati segue un approccio statico o puntuale (ovvero la previsione per un determinato anno nel breve o medio termine) e una esplicita visione di lungo periodo viene adottata in pochi studi. Nel caso delle emissioni di inquinanti atmosferici i diversi progetti mostrano una chiara propensione nell'utilizzare il metodo del *fattore di emissione*. In genere sono soltanto le emissioni ad essere trattate tra gli impatti relativi al sistema di trasporto, trascurando gli impatti relativi alla costruzione, la manutenzione e lo smaltimento delle infrastrutture di trasporto e dei veicoli. Il trattamento completo di tutti questi impatti rende necessario abbandonare il punto di vista parziale basato solo su passeggeri-km, ton-km o veicoli-km per adottare invece una visione più globale.

Nel caso degli strumenti di valutazione dell'economia regionale, la direzione della ricerca sembra essere quella di riconoscere la bidirezionalità delle relazioni che legano attraverso il tempo e lo spazio l'uso del suolo, le attività economiche e il sistema dei trasporti. La necessità di condurre una analisi di lungo periodo impone di assegnare maggior importanza alla dimensione temporale dei modelli, ma senza compromettere la adeguata rappresentazione della dimensione spaziale, che in ogni caso resta l'elemento chiave del sistema.

Gli strumenti di valutazione economica misurano gli impatti delle iniziative di trasporto sul sistema economico complessivo. Esistono diversi approcci per questo tipo di analisi e quello dell'analisi costi-benefici è certamente uno dei più consolidati. Vi sono però altre scuole di pensiero che sostengono che i metodi tradizionali sottostimano sistematicamente i benefici delle nuove infrastrutture di trasporto, dato che non riescono a tenere conto dell'effetto di stimolo di queste iniziative sugli investimenti privati e sulla produttività.

3.1 I modelli di trasporto

Questa sezione è divisa in tre parti: una descrizione generale delle esigenze di un modello strategico dei trasporti (§ 3.1.1), un'analisi delle principali questioni relative all'applicazione di questo tipo di modelli (§ 3.1.2) e una rassegna dei modelli dei trasporti a grande scala e a scala Europea (§ 3.1.3). Le conclusioni sono tratte nel paragrafo finale 3.1.4.

3.1.1 I modelli strategici

All'interno dell'ampia gamma di modelli di trasporti disegnati per differenti intenti di pianificazione, questa rassegna prende in considerazione solo quelli che appartengono alla categoria dei *modelli strategici*. I modelli strategici coprono le più ampie prospettive dal

punto di vista della pianificazione/gestione in quanto essi tentano di tenere conto di tutte le possibili influenze, combinando parti di modelli parziali più semplici ma rimanendo nello stesso tempo gestibili (Emmerson and Paulley, 1996). Ciò risulta praticamente ottenibile limitando la rappresentazione modellistica alle caratteristiche principali del sistema dei trasporti in esame. In generale, i modelli strategici sono disponibili a tutti i livelli territoriali (regionale, nazionale e internazionale).

Lo studio APAS sui modelli strategici dei trasporti (CEC, 1995) presenta una serie di criteri che devono essere soddisfatti dai modelli di trasporto di passeggeri e merci per essere definiti strategici. I criteri sono presentati nella tabella 3.1 e sono succintamente esaminati nel resto del paragrafo, facendo riferimento alla valutazione strategica degli impatti a scala europea e al tempo stesso tenendo conto dei risultati raggiunti fino ad ora dalle attività del IV Programma Quadro di Ricerca.

Tab. 3.1 *Requisiti dei modelli strategici di trasporto*

Criteri per i modelli passeggeri	Criteri per i modelli merci
<ul style="list-style-type: none"> • Multi-modalità • Modi: stradale, ferroviario convenzionale e ad alta velocità, e aereo • Copertura delle TEN e, per una specifica area di studio, i principali collegamenti nazionali • Utilizzo dei dati zonali su formato NUTS • Tempo di base < 24 ore • Dalla generazione dello spostamento all'assegnazione • Validazione sui principali collegamenti in tutte le nazioni EU • Qualità degli algoritmi valutati almeno da un organismo nazionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-modalità • Modi: stradale, ferroviario, navigazione fluviale e interna • Copertura delle TEN e, per una specifica area di studio, i principali collegamenti nazionali • Utilizzo dei dati zonali su formato NUTS • Tempo di base = 24 ore • Assegnazione su corridoi • Validazione sui principali collegamenti in tutte le nazioni EU • Qualità degli algoritmi valutati almeno da un organismo nazionale

Fonte: (CEC, 1995)

Multi-modalità

Multi-modalità significa che il modello rappresenta più alternative modali nello stesso tempo e ha la capacità di simulare gli impatti che le variazioni delle caratteristiche di un modo di trasporto possono avere sugli altri. Una rete multi-modale permette una reale competizione dei diversi modi di trasporto sulla stessa rete di trasporto (auto, autobus, autocarri sulla strada) e allo stesso tempo rende possibile la simulazione di spostamenti che usano differenti modi di trasporto adeguatamente connessi (alta velocità ferroviaria + aereo o anche camion + ferrovia).

Secondo quanto detto sopra, l'impiego di reti multimodali deve essere considerato come un requisito fondamentale per qualunque modello strategico applicato in una visione di lungo periodo.

Modi di trasporto

I principali modi di trasporto devono essere tenuti in considerazione dal modello strategico e questo significa che almeno l'auto, il treno (convenzionale e ad alta velocità) e l'aereo devono essere modellizzati per il trasporto dei passeggeri. Inoltre bisogna notare che quando si modellano i flussi turistici è di grande aiuto distinguere tra voli di linea e charter così come introdurre il modo autobus, specialmente in riferimento ai flussi dai paesi del Centro ed Est europeo.

Strade, ferrovie, navigazione interna e cabotaggio marittimo sono le modalità di trasporto più importanti nel caso delle merci. Il modo di trasporto aereo è normalmente rilevante solo per particolari merci di alto valore (come i pacchi movimentati dai corrieri espresso) e principalmente nelle spedizioni inter-continentali; a scala Europea, infatti, la maggior parte degli spedizioni aeree di merci è svolta da sistemi di raccordo stradali, ovvero dagli autotreni. Alla stessa maniera, gli oleodotti sono rilevanti solo per i flussi di liquidi e gas e soprattutto non sono in competizione con altri modi di trasporto.

Reti di trasporto

La copertura delle reti di trasporto deve riguardare l'intera Europa e includere almeno i principali collegamenti nazionali in modo da poter modellizzare correttamente gli spostamenti a lunga distanza dei passeggeri e delle merci. Non bisogna dimenticare che anche i collegamenti con l'Europa centrale e dell'Est devono essere adeguatamente considerati.

La densità delle reti diventa un problema quando il modello deve rappresentare la capacità dei sistemi di trasporto e quindi considerare i flussi locali contemporaneamente ai flussi di lunga percorrenza. La necessità di fornire risultati in termini di flussi puntuali sugli archi spesso rende necessario aumentare la densità delle reti di trasporto.

Sistemi di azionamento

Un sistema di azionamento basato sullo standard NUTS¹ di Eurostat è certamente di grande aiuto nella fase di raccolta dei dati. Oramai il progresso tecnico e scientifico offre da

¹ Il sistema NUTS (Nomenclatura di Unità Territoriale Statistica) è utilizzato da Eurostat per la produzione di statistiche regionali della Comunità Europea. Esso suddivide il territorio dell'Unione Europea in 77 regioni a livello NUTS1 (equivalenti a 11 gruppi di Regioni italiane), in 206 regioni a livello NUTS2 (equivalenti alle 20 Regioni italiane), in 1.031 a livello NUTS3 (equivalenti alle 103

una parte computer molto potenti e dall'altra algoritmi efficienti e pertanto molti modelli a scala europea possono utilizzare sistemi di azionamento molto dettagliati - si tenga presente che un modello di trasporto che copra i 15 paesi dell'Unione Europea ad un livello NUTS III fa riferimento a più di 1.000 zone. Un altro beneficio nell'utilizzo di un sistema di azionamento dettagliato è quello di consentire una migliore interfaccia con i modelli ambientali.

Periodo temporale del modello

Un periodo temporale di modellizzazione di 24 ore rappresenta di norma un buon compromesso per un modello che deve trattare nello stesso tempo sia i passeggeri che le merci. Questa scelta è spesso influenzata dalla disponibilità di dati osservati in merito ai flussi di traffico sugli archi stradali e ferroviari.

Il problema principale legato alla scelta del periodo temporale di modellizzazione è quello della derivazione delle appropriate funzioni di deflusso degli archi delle reti ferroviarie e stradali. Le funzioni di deflusso non possono essere semplicemente quelle dell'ora o della fascia di punta, ma devono coprire un periodo di tempo all'interno del quale l'andamento del traffico non è costante.

Per prendere in considerazione gli effetti sia degli spostamenti delle merci, sia dei movimenti dei passeggeri, vengono a volte modellizzati due tipici giorni nell'anno: un normale giorno lavorativo in autunno/primavera (principalmente per i flussi di lunga percorrenza delle merci) e un giorno festivo di mezza estate (principalmente per i flussi turistici di lunga percorrenza).

Componenti del modello

E' importante che un modello strategico di trasporto includa tutte le componenti del classico schema a quattro stadi (generazione, distribuzione, scelta modale e assegnazione del percorso) in modo da poter trattare gli impatti ai differenti livelli, dalla decisione istantanea di scelta del percorso di uno spostamento, al più lento processo di rilocalizzazione della popolazione e delle attività economiche. È anche importante che il modello prenda in considerazione gli effetti retroattivi tra le diverse componenti, per esempio tra l'assegnazione dei flussi alle reti e la scelta modale.

Quando si tratta di considerare gli impatti di lungo periodo del trasporto delle merci, questi stessi requisiti si rivelano cruciali, dato che i cambiamenti nell'accessibilità si riflettono direttamente sui processi logistici e operativi.

Provincie italiane), in 98.433 a livello NUTS5 (equivalenti agli 8.100 Comuni italiani), mentre il livello NUTS4 esiste solo per Finlandia, Grecia, Irlanda, Lussemburgo, Portogallo e Inghilterra. Si veda (Eurostat, 1995).

Validazione del modello

Per validazione di un modello si intende la verifica della bontà dei risultati prodotti dal modello e tale verifica viene realizzata confrontando i risultati con un insieme di dati osservati. La validazione di un modello strategico a scala europea è di norma un compito critico dal punto di vista della disponibilità di dati, data la mancanza di serie omogenee di dati relativi a tutti i paesi europei.

Un classico esempio sono i conteggi del traffico che vengono utilizzati per validare la bontà dell'assegnazione dei flussi sulle reti di trasporto prodotta da un modello. A scala europea i conteggi classificati di traffico sono normalmente scarsi e non omogenei; per le ferrovie (o le vie d'acqua interne) la situazione è addirittura peggiore. Di norma un maggior numero di dati è disponibile a scala nazionale, ma questo fa emergere grossi problemi di omogeneità e comparabilità.

Va infine notato che un corretto confronto tra dati osservati e modellizzati normalmente implica l'esistenza di chiare assunzioni riguardo agli spostamenti che il modello non tratta (per esempio i movimenti locali).

Bontà degli algoritmi

La bontà degli algoritmi è certamente un requisito fondamentale. Questo garantisce la convergenza ad una soluzione di equilibrio stabile e riproducibile e la possibilità di ottenere velocemente soluzioni ragionevolmente convergenti. Questo inoltre facilita le fasi di calibrazione del modello rendendo possibile l'esecuzione di un maggior numero di test nella stessa unità di tempo.

3.1.2 Gli aspetti chiave dei modelli strategici

In questo paragrafo vengono approfonditi gli aspetti chiave che certamente richiedono un'ulteriore ricerca al fine di migliorare l'efficacia della valutazione strategica degli impatti di trasporto.

Tra le questioni va considerata la densità della rete e la distinzione tra archi reali (cioè archi delle reti di trasporto che corrispondono direttamente a collegamenti realmente esistenti) ed archi aggregati (che invece rappresentano più di un collegamento fisico, per esempio una direttrice stradale composta da una autostrada e da un paio di statali).

L'interazione del traffico di lunga e breve percorrenza è un'altra questione critica che richiede attenzione nell'applicazione dei modelli strategici: il traffico locale ha infatti un peso di gran lunga preponderante in tutte le infrastrutture di trasporto in Europa e quindi richiede di essere preso in considerazione.

La capacità dei modelli strategici di trasporto di simulare in modo appropriato il traffico indotto su nuove infrastrutture di trasporto è strettamente legata alla estensione dei modelli così come alla loro rappresentazione delle alternative disponibili per gli utenti.

Con riferimento alla modellizzazione delle merci, una importante questione è certamente la rappresentazione di catene logistiche come uno dei più importanti cambiamenti nel mercato dei trasporti degli ultimi anni.

Infine resta da citare la questione di come introdurre processi dinamici nei modelli strategici di trasporto che operano sul lungo periodo (oltre i 10 anni), dove ogni assunzione in merito agli andamenti delle variabili principali nel tempo (reddito pro-capite, crescita della popolazione, prezzi delle materie prime, ecc.) risulta affetta da un alto grado di incertezza.

La densità della rete

Il livello di dettaglio adottato per la rappresentazione delle reti di trasporto dipende dagli obiettivi del modello strategico. Nei modelli basati su un approccio aggregato, solo le più importanti autostrade e strade principali vengono modellizzate esplicitamente e vengono incluse pochissime altre strade; i viaggi di breve percorrenza non sono modellizzati e dal modello in sé ci si aspetta che fornisca risultati in termini aggregati (veicoli, passeggeri/km e tonn/km, costi variabili e ricavi, consumo di carburante, emissioni dei veicoli e risparmi in tempo di percorrenza per modo di trasporto).

Dall'altra parte i modelli di trasporto basati su un approccio dettagliato simulano esplicitamente la capacità delle reti e sono capaci di dare come risultati i flussi su determinati archi per tipo di veicolo. In questi modelli maggiore è il livello di dettaglio della rete, tanto maggiore è la proporzione di traffico che viene rappresentata in termini "reali" (ovvero su archi che rappresentano singole strade o tratti ferroviari con le loro proprie caratteristiche e non archi che rappresentano corridoi o direttrici di traffico composti da più strade di tipo differente). Inoltre, quanti più archi "reali" ci sono nel modello, tanto più migliora la rappresentazione delle interazioni tra il traffico locale ed inter-regionale, e gli importanti effetti di congestione che accompagnano questa interazione. L'uso di reti di trasporto basate su collegamenti "reali" piuttosto che aggregati comporta sicuramente un onere maggiore nell'attività di validazione del modello, ovvero nella riproduzione degli effettivi carichi osservati sugli archi.

In generale sembra di poter affermare che i modelli di trasporto dettagliati possano essere usati più facilmente per la Valutazione Strategica Ambientale, dove l'interpretazione di risultati relativi a collegamenti "aggregati" può risultare spesso poco significativa (Steer Davies Gleave et al., 1996).

Il traffico locale e di lunga percorrenza

La valutazione strategica degli impatti di trasporto di diversi miglioramenti delle infrastrutture di trasporto (incluso gli investimenti per le reti di trasporto europee) non si può concentrare solamente sul traffico di lunga percorrenza.

Le condizioni del trasporto locale giocano un ruolo cruciale, se si considera che una porzione consistente del traffico sulla rete di trasporto stradale strategica europea ha destinazione a livello locale ed è fortemente influenzata dalle condizioni locali di congestione. Allo stesso tempo il traffico locale, specialmente vicino alle aree urbane, spesso utilizza la rete strategica e il modello di trasporto deve essere capace di rappresentare tale fenomeno, non solo per descrivere la situazione corrente, ma anche per valutare le condizioni di traffico future. E ciò è particolarmente vero dove ci si aspetta che la crescita del traffico locale sia controllata da fattori differenti e che essa vari rispetto alla crescita del traffico di lunga distanza.

Inoltre è da notare il fatto che molti spostamenti di lunga distanza sono effettuati attraverso una combinazione di più modi di trasporto e spesso la scelta del modo principale che copre i tratti di lunga distanza è influenzata anche dalle condizioni riscontrate sui modi accessori (ad esempio per chi vive nell'area metropolitana di Londra può essere più facile raggiungere uno degli aeroporti localizzati ai margini dell'area urbana, piuttosto che una stazione ferroviaria all'interno della città).

Una chiara distinzione tra traffico locale e di lunga distanza è utile per determinare chi trae beneficio e chi perde dalla costruzione dei progetti di infrastrutture a grande scala. In alcuni progetti di strade, gli spostamenti locali possono consumare più della metà della capacità disponibile della nuova infrastruttura e in questo modo ridurre i benefici per gli utenti di lunga distanza. Nello stesso tempo anche i più grandi svantaggi possono verificarsi a livello locale (consumo di suolo, inquinamento, rumore e altre intrusioni ambientali), come anche l'accessibilità locale può soffrire enormi impatti negativi. Nel caso dell'analisi di politiche di pricing, come variazioni sulla tassa dei carburanti o incentivi ai servizi di trasporto pubblico, gli impatti possono ricadere su tutti gli utenti, di breve e di lunga distanza, pur in misura differente.

Il traffico generato

Gli effetti del traffico generato sono una componente rilevante nella previsione della domanda di traffico nel caso della costruzione di una nuova infrastruttura di trasporto. Una corretta rappresentazione del traffico generato richiede l'utilizzo di un modello sufficientemente dettagliato nel quale vengano simulate le diverse alternative - modali, di percorso, di orario, ecc. - disponibili all'utenza considerata (HCG et al., 1996).

L'attenzione si dovrebbe concentrare sulla rappresentazione dei processi di scelta che legano il comportamento dell'utenza al livello di servizio del sistema di trasporto. Una volta definita la quota di traffico complessiva, il modello deve quindi redistribuire tale traffico tra le alternative a fronte del mutato livello di servizio. La quota di traffico complessiva agisce come livello di "saturazione", ovvero come limite per la quota di domanda che può essere allocata all'alternativa che offre un mutato livello di servizio.

Al fine di rappresentare impatti di lungo periodo dei progetti di trasporto è necessario modellizzare anche i cambiamenti nell'uso del suolo e nell'economia regionale derivanti da investimenti infrastrutturali, e in tal modo internalizzare nel modello quello che erroneamente, in un approccio semplicistico verrebbe considerato come componente esogena.

La logistica delle merci

Come ampiamente riscontrato, nella ottimizzazione della produzione e della logistica le industrie tendono a concentrarsi sui risparmi dei costi totali, all'interno dei quali il trasporto è solo una delle componenti e certamente non la più importante. La gestione della logistica è vista come un elemento fondamentale per il controllo dei costi aziendali e secondo questa visione i costi di trasporto non sono più semplicemente il costo operativo di un automezzo, o la tariffa per la spedizione in treno, ma sono il costo del capitale immobilizzato durante tutto il tempo dello spostamento.

L'accresciuta importanza della logistica contribuisce quindi a cambiare in modo significativo le caratteristiche della domanda di trasporto europea per alcuni segmenti di mercato. Molti prodotti infatti vengono assemblati nella loro forma finale attraverso l'uso di catene logistiche e per tutti quei prodotti di alta qualità che hanno un breve periodo di vita economica prima di divenire obsoleti, la scelta di un modo di trasporto veloce e affidabile risulta essenziale. Per esempio nell'industria dei computer i preziosi micro-chip vengono trasportati per via aerea, mentre i voluminosi contenitori viaggiano tramite i più lenti trasporti marittimi. In questo modo viene massimizzato l'utilizzo del sistema logistico e il valore degli stock può essere tenuto al minimo.

La riorganizzazione della distribuzione, anche come conseguenza di un nuovo approccio alla logistica, comporta l'uso di unità di distribuzione più piccole e la necessità di distribuzioni più frequenti in una distanza minore per i beni ad alto valore. Comunque, non tutti gli obiettivi sono complementari: per esempio, degli orari di raccolta e consegna più stretti, che aiutano la produzione e l'ottimizzazione logistica in generale, possono rendere difficile per alcune imprese l'organizzazione dei carichi di ritorno. Inoltre, sistemi di consegna sensibili agli orari dipendono da una rete di trasporto molto affidabile, e il costo sarà alto quando viene resa inaffidabile dall'insorgere della congestione.

E' importante considerare come le tecniche di modellizzazione del trasporto merci tendano a restare indietro rispetto alla rivoluzione nella logistica. Le ragioni vanno trovate nelle difficoltà a raccogliere i dati per validare i modelli (dove sono i centri di distribuzione, quali origini e quali destinazioni sono servite, ecc), così come vanno ricercate nella complessità del processo di decisione che guida le stesse scelte logistiche.

L'approccio dinamico nei modelli già esistenti

Si definiscono dinamici tutti quei modelli che trattano esplicitamente la componente temporale all'interno del sistema di simulazione. La maggior parte dei tradizionali modelli di trasporto è essenzialmente basata su un approccio statico, ovvero sulla riproduzione del comportamento del sistema dei trasporti in un dato istante temporale.

La necessità di un vero e proprio approccio dinamico diventa importante ogniqualvolta è richiesta una valutazione degli impatti di lungo periodo. In una scala temporale di lungo periodo infatti diviene cruciale poter trattare all'interno del modello fenomeni che sono strettamente legati al fattore tempo: lo sviluppo economico generale e regionale, il tasso di crescita della popolazione e della motorizzazione, i processi logistici, ecc.

La comprensione delle dinamiche di evoluzione può essere in generale ancor più importate della previsione esatta dei valori nell'anno orizzonte dello studio. La ricostruzione degli andamenti di crescita delle variabili del sistema consente anche di riconoscere l'esistenza di livelli di saturazione e di meccanismi di equilibrio. Anche se due scenari possono produrre risultati simili nella specifica previsione di un certo anno futuro, essi possono mostrare uno sviluppo completamente differente negli anni precedenti e successivi a quel certo anno futuro.

Un approccio pseudo-dinamico è seguito da modelli integrati di trasporto ed uso del suolo che simulano l'interazione tra economia regionale e trasporti. I due sistemi, trasportistico e territoriale, sono trattati da due modelli distinti che si scambiano informazioni in un approccio interattivo fino al raggiungimento dell'equilibrio. La dinamica temporale dell'interazione tra i due modelli è resa nel modo seguente: il modello di trasporto raggiunge il proprio stato di equilibrio sulla base di input dal modello regionale nello stesso periodo di tempo, mentre i processi retroattivi dal modulo di trasporto vengono percepiti dal modulo regionale nel successivo periodo di tempo a causa della difficoltà di quest'ultimo a reagire in maniera istantanea. L'andamento dell'economia regionale risente infatti solo con una certa inerzia ai cambiamenti delle condizioni di trasporto (segnali di prezzo e congestione). Il modello integrato trasporti e territorio viene tipicamente fatto funzionare ad intervalli di circa cinque anni, concedendo il tempo alle fluttuazioni di espansione e recessione nell'economia di bilanciarsi. Nell'intervallo di questi cinque anni vengono fornite l'allocazione di fattori economici, la crescita (o il declino) degli elementi esogeni di base (reddito, motorizzazione, ecc.) e la costruzione di infrastrutture di

trasporto. Ciascuno dei due modelli di trasporto e di economia regionale è quindi essenzialmente statico, in quanto rappresenta l'uso del territorio o il sistema di trasporto solo in un determinato momento.

3.1.3 La rassegna dei modelli strategici

I modelli presi in considerazione sono quelli correntemente sviluppati nei principali progetti di ricerca strategica del Quarto Programma Quadro di ricerca dei Trasporti.

Il progetto STREAMS

L'obiettivo del progetto STREAMS è la creazione di un modello strategico di trasporto di merci e passeggeri per l'intera area dei 15 paesi della Comunità, con una rappresentazione meno dettagliata delle altre nazioni europee ed extra europee. Il modello è basato su una rete multimodale e tratta tutti i modi di trasporto, comprese le vie d'acqua e gli oleodotti. I principali risultati di questo progetto sono le matrici origine/destinazione, le statistiche aggregate sui flussi di trasporto per modo e per flusso e i carichi sui principali corridoi per l'anno di previsione 2020, a partire dall'anno base 1994 (Williams et al., 1998).

Tecnicamente il progetto si basa sul modello di interazione trasporti e territorio Meplan, ma l'enfasi è rivolta al trasporto. La generazione della domanda di trasporto nell'anno di partenza e per gli anni di previsione deriva da una versione semplificata del modello di economia regionale sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca EUNET. Dal lato dei trasporti è stata usata una modellizzazione su base giornaliera; l'algoritmo di scelta modale è un modello logit multinomiale gerarchico e l'algoritmo di assegnazione appartiene alla famiglia del SUE (Stochastic User Equilibrium).

Il sistema di azionamento

Il sistema di azionamento adottato consiste in tutto di 232 zone. All'interno dell'Unione Europea sono previste 201 zone al livello NUTS2 o inferiore e altre 27 zone rappresentano il resto delle nazioni europee. Per il resto del mondo sono state definite 4 zone esterne che indicano le principali direzioni dalle quali i flussi di merci e passeggeri entrano o escono dall'Europa.

La rete multimodale

Sebbene il modello sia per sua natura strategico, sono i collegamenti fisici e non i corridoi ad essere esplicitamente rappresentati nel modello che in questo modo è più simile ad un modello di trasporto convenzionale. La rete multimodale strategica è stata estratta a partire dalle reti GIS di base per strade, ferrovia e vie d'acqua interne adottate come standard di riferimento dal servizio GISCO, Sistema Informativo Georeferenziato della Commissione Europea ed estremamente dettagliate (ad esempio comprendono 37.000 collegamenti stradali).

Il modello consente una rappresentazione completa della competizione tra i diversi modi di trasporto e della loro combinazione (intermodalità). Tutti gli spostamenti da zona a zona sono suddivisi nelle diverse fasi e la scelta modale è disponibile in ciascuna di queste fasi. I nodi e i collegamenti che rappresentano i terminali di carico e scarico connettono tra loro i porti marittimi, la rete ferroviaria, la rete stradale e quella delle vie d'acqua permettendo una corretta simulazione del trasporto intermodale dei containers e delle casse mobili. Il modo di trasporto può essere quindi una combinazione di strada e ferrovia, utilizzando gli autocarri per accedere ai terminali e il treno per la tratta dello spostamento più lunga.

Il modello delle merci

Il modello di economia regionale fornisce la base per una realistica rappresentazione della domanda di servizi per le merci, stimando la localizzazione delle attività di produzione e consumo e i relativi flussi delle merci. I volumi di scambi in unità monetarie vengono convertiti in flussi di merci in tonnellate e successivamente ripartiti tra i modi di trasporto e assegnati alle reti.

I flussi di merce sono stati aggregati in segmenti omogenei per la modellizzazione della scelta modale. Da principio sono stati ottenuti 7 flussi a partire dai 10 capitoli NST/R e successivamente una ulteriore disaggregazione è stata fatta nel caso di 3 flussi per poter distinguere il tipo di condizionamento.

La definizione dei principali modi di trasporto ha posto particolare attenzione alle merci unitizzate, dato che la qualità del servizio disponibile per questo tipo di merce può essere significativamente migliore rispetto a quello dei carichi di tipo rinfuso o *general cargo*. Infatti il modello simula separatamente i modi di trasporto per rinfuse e unitizzato nel caso della ferrovia e della navigazione marittima e fluviale.

In generale, la disaggregazione dei flussi di merce è più dettagliata per la simulazione della scelta modale di quanto non sia necessario per la ricostruzione dei carichi sulle reti, ovvero nella fase di assegnazione. In questo caso infatti i flussi vengono riaggregati sulla base delle modalità di carico (rinfuse solide, rinfuse liquide, general cargo e unitizzato) in modo da ridurre l'onere computazionale.

Il modello dei passeggeri

La domanda di spostamento dei passeggeri è analizzata per segmenti omogenei in relazione all'elasticità rispetto al prezzo, al valore del tempo dei viaggiatori, alla durata del viaggio, ecc. Gli spostamenti per lavoro sono divisi in viaggi per affari e viaggi per servizi / manutenzioni, mentre quelli a breve distanza sono divisi in lavoro pendolare, studio e affari personali. A questi si aggiungono gli spostamenti di media/lunga distanza per motivo "visite ad amici e parenti" e gli spostamenti per vacanze suddivisi in viaggi "tutto compreso" e viaggi indipendenti (dato che le destinazioni e i modi di viaggio differiscono notevolmente).

Sono modellizzati tutti i modi di trasporto ed anche le loro combinazioni. L'utilizzo di una rete multi-modale integrata significa che gli effetti di congestione di un collegamento stradale influenzano tutti i modi di trasporto che sono presenti su quel collegamento nello stesso momento (auto, autobus, autocarri).

Gli spostamenti intra-zonali sono modellizzati tramite l'uso di diverse zone "fittizie" collegate (con collegamenti diversi per ciascun modo) al centroide di zona. Ciascuna zona "fittizia" rappresenta gli spostamenti realizzati nel raggio di determinate distanze (1-4 km, 5-8 km, 9-16 km) dal centroide. Il vantaggio di questa costruzione è che essa permette agli spostamenti di rimanere nella rete locale (intrazonale) o di uscire in quella strategica in relazione ai cambiamenti di politica e di costo.

Il progetto STEMM

Nel progetto STEMM sono studiate differenti metodologie per la modellizzazione di catene inter-modali per passeggeri e merci sempre a scala europea. In particolare il progetto ha utilizzato differenti modelli applicati in 5 casi studio: la regione di Vallove, il Channel Tunnel, il trasporto transalpino, Scan-Link and Nordic/North Sea Freight Study. Due di questi modelli sono presentati nel seguito: il modello di passeggeri e merci utilizzato nel trasporto transalpino e il modello basato sul software STAN per il trasporto merci (usato nello studio delle merci nel Mare del Nord e nel caso studio Scan-Link).

Il modello passeggeri IWW

Il modello passeggeri IWW è basato sull'applicazione simultanea delle tradizionali quattro fasi della modellizzazione della domanda di trasporto su un sistema di zone a scala NUTS3. Al momento vengono simulati tre scopi di viaggio: lavoro, motivi personali e turismo, ma una ulteriore segmentazione potrebbe essere introdotta sulla base della durata dello spostamento (PETS, 1996 e 1997).

I flussi totali origine/destinazione tra le coppie di zone sono stimati usando dei modelli di regressione indipendenti per ciascuno degli scopi di spostamento, mentre la distribuzione degli spostamenti è attuata attraverso un modello semplificato di gravitazione.

Nella scelta modale sono trattati contestualmente quattro mezzi di trasporto (l'auto, il treno, l'aereo e l'autobus) e una proposta di percorso multimodale selezionata. L'assegnazione del percorso dei veicoli sulla rete stradale è attuata attraverso un algoritmo incrementale del traffico, che tratta allo stesso tempo tutti i modi di trasporto merci e passeggeri.

Il modello delle merci IWW

La struttura del modello delle merci IWW è simile a quella del modello dei passeggeri, ma in questo caso si fa riferimento ad un sistema di zone più aggregato (basato sul livello regionale NUTS2). Il cuore del modello sono i moduli di simulazione della rete ferroviaria e stradale e l'assegnazione dei flussi sul sistema ferroviario è modellizzata con maggior dettaglio rispetto al caso del trasporto su strada: i collegamenti ferroviari sono a capacità vincolata e il tempo di viaggio è funzione non lineare del carico sull'arco. Allo stesso tempo un grande sforzo è stato rivolto alla rappresentazione del processo di composizione dei treni e alla scelta della motrice a seconda delle condizioni della rete elettrificata e non lungo il percorso.

La generazione e l'attrazione dei flussi di merce vengono stimate sulla base di tre tipi di dati socioeconomici: popolazione, impiego e valore aggiunto lordo; mentre la distribuzione spaziale è modellizzata con un approccio gravitazionale che tiene conto dell'informazione, dal lato dell'offerta, su tempo, costo e logistica del trasporto. La ripartizione modale è processata in due fasi: un primo livello di scelta tra la ferrovia e la strada e un secondo livello tra sotto-modi della strada (camion, trasporto combinato accompagnato e trasporto combinato non accompagnato) e della ferrovia (treni ad orario e non). L'assegnazione di flussi di merci ai camion assume i fattori di carico come costanti per differenti categorie e per modi di trasporto. L'algoritmo di assegnazione del percorso è lo stesso del modello dei passeggeri.

Il modello per il trasporto di merci per il Nord Europa

Il modello è basato sul software commerciale STAN e comprende un totale di 158 zone di dimensione variabile (dal livello NUTS3 delle nazioni del Nord al NUTS1 per l'Europa continentale) e lavora con otto modi di trasporto (camion, treno, trasporto ferroviario combinato, vie d'acqua interne, camion su traghetto RO-RO, containers, LO-LO, treno su traghetto RO-RO). Differenti classi di merci sono impiegate per i due casi studio: 4 per il caso del Mare del Nord e 12 per lo studio dello SCANlink. I collegamenti della rete basati sulle funzioni di costo per tonnellata includono sei variabili: rischio di danneggiamento, sicurezza del servizio, prezzo, costi operativi, tempo di attraversamento e frequenza. Il modello attua un'assegnazione deterministica del sistema ottimo in accordo ai costi del sistema (STEMM, 1998).

Il modello Scenario-Explorer

Scenario-Explorer è un modello strategico disegnato per la previsione di lungo periodo della domanda di trasporto passeggeri e l'analisi di politiche e scenari (Verroen and Jansen, 1993). Il modello, basato sull'approccio dei sistemi dinamici, è stato sviluppato dal Ministero dei Trasporti dei Paesi Bassi principalmente come modello a scala nazionale e in seguito ampliato per la modellizzazione dell'intera Europa.

Il modello è da intendersi come uno strumento flessibile ed aggregato per l'analisi di scenari che hanno una varietà di sviluppi interrelati di lungo periodo e per questo scopo è stato adottato un approccio di modellizzazione di Sistema Dinamico. Il sistema di trasporto è stato poi analizzato utilizzando un approccio di previsione incrementale *step by step* partendo dallo stato del sistema e prendendo in considerazione la limitazione esterna e i meccanismi di retroazione.

Gli input del modello sono le variabili descrittive degli scenari e come output vengono prodotti quattro indicatori di base relativi allo sviluppo della mobilità personale: la domanda di trasporto (km percorsi per modo, scopo, ecc.), offerta di trasporto (sviluppi dell'infrastruttura, livelli di servizio), equilibrio di domanda e offerta (tempi di spostamento) e tasso di motorizzazione. I tre componenti di base di Scenario- Explorer sono:

Il *modulo di costruzione dello scenario* in cui l'utente descrive l'evoluzione prevista del sistema dei trasporti e della struttura socioeconomica. Le variabili sono classificate in più categorie: la struttura socioeconomica (sviluppo demografico, economico, sociale, culturale e spaziale) e il sistema dei trasporti (sviluppi tecnologici nell'offerta di infrastrutture, prezzi e politiche di regolazione). Il modello strategico distingue tre differenti tipi di variabili: le variabili *di governo* (che descrivono gli andamenti generali e sono non correlate tra loro, ad esempio il volume di immigrazione), le variabili *dello scenario* (che descrivono effettivamente lo scenario, ad esempio la popolazione per età e sesso) e le variabili *del modello* (che descrivono gli input del modello di trasporto vero e proprio, ad esempio la popolazione per zone e categorie). La costruzione dello scenario viene realizzata attraverso una sequenza di passaggi attraverso i quali l'utente è guidato dal programma stesso, ponendo attenzione alle interrelazioni tra le variabili così come alla loro dipendenza temporale.

Il *modulo della domanda di trasporto* è il cuore di Scenario-Explorer. Esso calcola simultaneamente l'evoluzione della domanda di trasporto, dei tempi di spostamento e del tasso di motorizzazione sulla base degli input forniti dal modulo di costruzione dello scenario. La domanda di trasporto è divisa in segmenti omogenei in base alla distanza, all'ora del giorno, allo scopo e al modo di trasporto. Per poter gestire una tale mole di dati, sono state adottate tre principali semplificazioni: un numero molto limitato di zone, nessuna rappresentazione esplicita delle reti ed incorporazione dei vincoli di capacità e

dell'equilibrio tra domanda ed offerta. In pratica la domanda di trasporto per i Paesi Bassi è stata costruita utilizzando solo sei zone funzionali, ciascuna rappresentativa di una particolare categoria territoriale.

Il *modulo di valutazione* fornisce ulteriori informazioni rispetto alla previsione della domanda di trasporto. Le prestazioni delle politiche rispetto ai principali obiettivi di lungo periodo sono presentate in termini di indicatori.

Il modello Smile

Il modello Smile (Strategic Model for Integrated Logistic Evaluations) è stato costruito dal Centro di Ricerca del ministero dei trasporti olandese e da alcune organizzazioni di ricerca private. Si presenta come un sistema di supporto alla decisione (SSD) per decisori pubblici e privati nel settore dei trasporti e della logistica nell'area dei Paesi Bassi² per l'analisi delle strategie politiche di lungo periodo (Tavasszy et al., 1998).

L'enfasi è posta sull'analisi del sistema dei trasporti e della logistica e rappresenta anche le attività economiche che comprendono la catena completa dell'offerta, inclusa la produzione, le vendite, l'approvvigionamento, la gestione delle scorte e il trasporto.

Nel modello sono prese in considerazione due categorie di flussi di merce: quelli che fanno capo alla struttura di produzione e consumo nazionale e quelli in transito che utilizzano i porti olandesi per il solo trasbordo e cambio intermodale. La prima categoria di flussi è il risultato diretto della struttura di produzione e dell'organizzazione logistica. Le merci della seconda categoria vengono trattate diversamente per tenere conto della possibilità in più dell'utenza di non utilizzare le infrastrutture olandesi. La procedura modellistica è articolata in tre livelli:

Al primo livello - *produzione, vendita e approvvigionamento* - le funzioni di produzione per ciascun settore sono costruite utilizzando le tavole Make/Use, che forniscono una informazione di dettaglio sui fattori di produzione connessi all'attività di ciascun settore, incluse le merci che vengono prodotte e consumate. Dopo aver determinato il volume e la natura della produzione e del consumo nelle differenti localizzazioni, viene calcolata la distribuzione spaziale dei flussi tra queste localizzazioni. Questa distribuzione spaziale risulta dai processi di vendita e approvvigionamento in ciascuna localizzazione ed è il risultato delle differenze di prezzo e della resistenza al superamento di barriere geografiche, organizzative ed istituzionali.

² 40 zone nei Paesi Bassi e circa 77 regioni nel mondo; la versione a scala europea del modello SMILE è in corso di sviluppo nell'ambito del IV Programma Quadro.

La funzione principale del secondo livello - *gestione delle scorte* - è quella di legare gli spostamenti delle merci e le relazioni commerciali tramite i servizi di magazzino e distribuzione. In base al numero e alla localizzazione dei centri di distribuzione, vengono esplorate diverse opzioni per la catene di distribuzione. Nel processo di scelta vengono calcolati i costi totali della logistica che comprendono i costi di movimentazione, di magazzino e di trasporto per categorie di prodotti omogenee (famiglie logistiche).

Al terzo livello - *trasporto* - viene utilizzata una rete multimodale strategica su cui sono simulati 6 modi di trasporto (ferrovia, strada, navigazione interna, navigazione marittima, oleodotto ed aereo). La scelta del percorso avviene minimizzando la combinazione di tempi e costi pesati differentemente a seconda del tipo di merce in modo da riflettere i costi opportunità all'interno dell'intero processo logistico.

Nel modello SMILE, i livelli di produzione, distribuzione e trasporto costituiscono i tre passi fondamentali nel processo di calcolo e vengono ripetuti ciclicamente, dove ciascun ciclo della simulazione rappresenta il tempo di un anno (la simulazione di uno scenario è di norma di 25 anni).

Il modello DGXV

Il modello strategico DGXV per passeggeri e merci è stato sviluppato nello studio promosso dal Direttorato Generale XV - Affari Finanziari e Mercato Interno - della Comunità Europea nell'ambito della "Rassegna 1996" mirato a promuovere ulteriori azioni a favore dello sviluppo del mercato interno. Obiettivo dello studio - una delle poche valutazioni ex ante nella Rassegna - era analizzare fino a che punto l'inadeguatezza dei sistemi di trasporto può influenzare la libera circolazione di merci, servizi e persone nell'Unione Europea e allargare ulteriormente gli squilibri regionali. Era inoltre richiesto dalla Commissione che tali impatti venissero misurati confrontando le prestazioni all'anno dello studio dei sistemi di trasporto con quelli conseguibili nell'ipotesi di gradi diversi di completamento dei due principali programmi di trasporto dell'Unione Europea: Reti di Trasporto Trans Europee (TEN) e Politiche Comuni di Trasporto (CTP).

Per identificare il "costo di non Europa" nel settore dei trasporti, è stata valutata un'ampia gamma di impatti sia sulle prestazioni economiche (dirette) che sull'economia. Queste comprendono:

- aumento delle economie di scala;
- aumento del fenomeno di sostituzione delle importazioni dovuto a riduzioni nei costi di produzione;
- aumento del livello di consumo e di esportazioni dovuto a riduzioni nei costi di produzione;

- aumento o diminuzione della domanda di manodopera derivante dalla variazione del costo relativo nei vari settori.

Il modello di simulazione utilizzato è Meplan, un modello di interazione trasporti e territorio che fa uso di uno specifico modulo di interazione spaziale multiregionale e multisetoriale. Nel modello sono stati simulati due scenari alternativi - Integrazione Parziale e Integrazione Totale - per valutare gli impatti del miglioramento delle prestazioni di trasporto a fronte di uno stesso Scenario di Riferimento, che descrive una situazione in cui sono completati solo quegli investimenti e quelle politiche di trasporto che possono essere implementati dagli stati membri anche in assenza di un quadro europeo.

Ogni scenario - compreso quello di riferimento - è stato disegnato sulla base di assunzioni comuni sull'evoluzione probabile di variabili macro-economiche e di sviluppo demografico in Europa ed è caratterizzato da una combinazione specifica di investimenti per infrastrutture e politiche di trasporto. Per una trattazione più dettagliata del modello si rimanda al capitolo 5.

Tab. 3.2 *Principali caratteristiche dei modelli strategici di trasporto*

Modello	Stato del modello	Progetto di ricerca EU	Copertura geografica	Sistema zonale	Periodo modellizzato	Previsione anni
STREAMS	In costruzione	STREAMS	EU	Geografico (NUTS II)	1 giorno	2020
IWW passeggeri	In costruzione	STEMM PETS	EU	Geografico (NUTS III)	1 giorno	n.a.
IWW merci	In costruzione	STEMM PETS	EU	Geografico (NUTS I)	1 giorno	n.a.
Stan-based	In costruzione	STEMM	Nazioni Nordiche	Geografico (NUTS II)	1 giorno	n.a.
Scenario-Explorer	Applicato	SCENARIO SCENES	NL	Nozionale	1 giorno	2040
Smile	Applicato	SCENES	NL (da provare a livello EU)	Geografico (NUTS II)	1 giorno	2030
DGXV	Applicato		EU	Geografico (NUTS I)	1 giorno	2005

Tab. 3.3 *Flussi e modi di trasporto trattati dai modelli strategici di trasporto*

Modello	Flussi di Merci	Modi delle merci	Flussi passeggeri	Modi passeggeri
STREAMS	10	10	12	5
IWW passeggeri	-	-	3	4
IWW merci	n.a.	4	-	-
Stan-based	4	8	-	-
Scenario-Explorer	-	-	6	5
Smile	50	7	-	-
	(famiglie logistiche)			
DGXV	5	5	5	5

3.1.4 Conclusioni

Facendo riferimento alla necessità di definire uno strumento di valutazione degli impatti non secondari di lungo periodo delle iniziative di trasporto, è possibile riassumere la rassegna nei punti seguenti:

Ampiezza temporale.

Rispetto ad una scala temporale ottimale di 40 anni, tutti i modelli considerati hanno un orizzonte temporale più limitato (dai 10 ai 25 anni), con la sola eccezione di Scenario-Explorer.

Processi dinamici.

Questo punto è strettamente legato a quello precedente, in quanto un orizzonte temporale di lungo periodo rende obbligatorio introdurre esplicitamente i processi dinamici nel sistema. Considerando un orizzonte di 40 anni, è più facile valutare le informazioni degli andamenti di crescita delle variabili del sistema, piuttosto che prevedere in modo preciso un dato valore in un determinato momento futuro. È importante notare inoltre che la stima degli andamenti di crescita delle variabili caratteristiche nel tempo fornisce anche interessanti indicazioni in merito all'esistenza di livelli di saturazione e di meccanismi di equilibrio.

Trattamento della componente spaziale.

E' necessario che il dettaglio spaziale nella localizzazione della offerta e della domanda sia sufficiente per permettere di rappresentare la competizione tra alternative di trasporto in forma realistica, sia all'anno base sia nel corso del tempo. Nei modelli esaminati questo si ottiene attraverso un approccio di rete multimodale, nel quale le zone geografiche sono definite seguendo gli standard internazionali (generalmente i criteri NUTS) – ancora una volta con l'eccezione di Scenario-Explorer.

Passando da un approccio di breve periodo ad una prospettiva di lungo periodo diventa chiaro che un sistema convenzionale di divisione in zone geografiche non è l'unica soluzione. La classificazione spaziale in un piccolo numero di zone funzionali è infatti un approccio diverso e più promettente. Esso ha il grande vantaggio di ridurre i requisiti necessari di memoria e di calcolo nell'impiego del modello (infatti la dimensione di entrambi è proporzionale al quadrato rispetto al numero delle zone). Comunque perché l'approccio delle zone funzionali operi correttamente è necessario che sia capace di fornire una rappresentazione realistica della distribuzione degli spostamenti sia all'interno delle stesse zone che tra le diverse zone, così come in funzione delle diverse distanze (ad ogni classe di distanza sono infatti disponibili scelte modali differenti e criteri di scelta altrettanto differenti).

In termini di operabilità dello strumento di valutazione, il sistema di zone funzionali offre allo stesso tempo vantaggi e svantaggi. Da una parte le variabili di input (e di output) possono essere direttamente specificate nei termini strategici, ad esempio "la crescita della popolazione nelle grandi città" o "miglioramento dell'infrastrutturazione stradale tra le grandi aree metropolitane". Dall'altra parte però, seguendo l'approccio delle zone funzionali, la valutazione di specifici investimenti e politiche di corridoio potrebbe diventare impossibile.

Viaggi locali e di lunga distanza.

E' necessario notare che la scelta della scala alla quale il modello di valutazione deve operare influenza notevolmente le determinanti della domanda di trasporto. Volendo rappresentare sia i trasporti locali che interregionali in quanto entrambi dipendono da CTP e da TENs è necessario trovare un equilibrio tra l'approccio a scala urbana e quello a scala regionale. Anche se le strutture economiche di base sono le stesse per i modelli urbani di uso del suolo e per i modelli economici di sviluppo regionale, cambia notevolmente l'importanza relativa degli elementi diversi contenuti in questi modelli. Per esempio, quando si modella un'area urbana è necessario un trattamento dettagliato della competizione per il suolo e lo spazio edificabile, ma quando invece si opera a scala regionale questa importanza viene diluita a causa di densità differenti all'interno delle stesse regioni. Dal lato dei trasporti, quando si opera a scala urbana è relativamente molto più importante una rappresentazione dettagliata del trasporto passeggeri piuttosto che del trasporto merci. Quando si opera a scala regionale è spesso meglio analizzare con qualche dettaglio la struttura economica e i collegamenti tra le industrie, al fine di rappresentare realisticamente gli andamenti della domanda per il trasporto merci: maggiore è l'area di studio, tanto più grande diventa la relativa importanza del trasporto merci rispetto al trasporto passeggeri.

3.2 I modelli ambientali

Esistono due differenti livelli per valutare degli impatti ambientali del trasporto: la Valutazione d'Impatto Ambientale (Environmental Impact Assessment - EIA) applicata al livello del singolo progetto e la Valutazione Ambientale Strategica (Strategic Environmental Assessment - SEA - Direttiva 85/337/EEC) nella quale gli aspetti ambientali vengono integrati nel processo di pianificazione infrastrutturale.

Non esiste, ancora, una definizione comune per la SEA, tuttavia, sembra possibile fare riferimento a quella fornita da Therivel (THERIVEL ET AL., 1992): *“la valutazione ambientale strategica è il processo formalizzato, sistematico e completo di valutazione degli impatti ambientali di una politica, di un piano o programma e delle sue alternative impiegando i risultati in un processo decisionale pubblico.”*

L'ambito d'interesse di questa rassegna è quindi rivolto verso la SEA per la valutazione degli effetti di lungo periodo della Politica Comune dei Trasporti (CTP) compresa la costruzione delle Reti di Trasporto Trans-Europee (TEN).

La rassegna copre i progetti europei così come alcuni progetti nazionali basati sulla teoria dei sistemi dinamici. I progetti sono stati analizzati esplicitando in particolare i loro obiettivi e il loro orizzonte temporale. Nel testo si fa riferimento alle metodologie di base adottate nei diversi progetti e in particolare: l'approccio *top-down* - letteralmente significa dall'alto verso il basso - è inteso come procedimento dal generale verso il particolare, mentre al contrario l'approccio *bottom-up* - dal basso verso l'alto - è da interpretare come un procedimento dal particolare verso il generale. Un altro termine che compare spesso è quello del metodo del *fattore di emissione* nel quale ad ogni categoria di veicolo (o veicoli-km) viene associato uno specifico coefficiente unitario di emissione, in modo tale che le emissioni totali risultano dal prodotto di tale fattore unitario per la quantità di veicoli (o veicoli-km).

3.2.1 I progetti di ricerca europei

Il progetto COMMUTE

Il principale obiettivo di COMMUTE è lo sviluppo di una metodologia completa per la valutazione ambientale strategica a livello europeo così come a livello nazionale e regionale. Per questo scopo vengono esaminati gli impatti ambientali dei quattro modi di trasporto strada, ferrovia, aerei e vie d'acqua in termini di emissioni gassose, consumo energetico, rumore, sicurezza, uso del suolo e impatti sull'ecosistema. Il progetto è ancora in corso di svolgimento e le informazioni disponibili sono parziali.

La metodologia

Lo stato dell'arte delle metodologie di valutazione ambientale per i quattro modi di trasporto è alquanto differente: mentre nel trasporto stradale ne esistono di già comprovate, nel caso del trasporto aereo queste sono molto poche e per la ferrovia e il trasporto via acqua mancano non solo le metodologie, ma anche i dati. Idealmente il progetto dovrebbe sviluppare una procedura software in grado di collegare gli strumenti GIS e di condurre sia una valutazione costi-benefici tradizionale sia una valutazione multi-criteria.

La ricostruzione dell'inquinamento dell'aria dovuto al trasporto stradale avviene tramite due elementi chiave, la distanza percorsa e la velocità media, e fa riferimento alle stime del software realizzato dal progetto MEET. La decisione sugli indicatori maggiormente adeguati non è ancora stata presa.

Il progetto MEET

Lo scopo del progetto MEET è quello di fornire una serie di dati e i modelli corrispondenti per calcolare le emissioni gassose del trasporto. Il progetto non include nessuna procedura di valutazione d'impatto e copre le emissioni dei quattro modi di trasporto: strada, ferrovia, aereo e trasporto via acqua interne (e parzialmente di attività marittime). In qualche modo il progetto include un meccanismo "dinamico", dato che i futuri cambiamenti nelle tecnologie (nuovi carburanti) e nelle politiche di regolazione sono trattati dal modello attraverso il cambiamento dei fattori di emissione nel tempo. L'orizzonte temporale del progetto è l'anno 2020 (MEET, 1997).

La metodologia

MEET segue un approccio *top-down* ed è compito dell'utilizzatore dei risultati decidere quale risoluzione temporale e spaziale sia appropriata per il suo scopo. Per il trasporto stradale è stato sviluppato da MEET un approccio basato sul fattore di emissione che include:

- la categorizzazione dettagliata del veicolo,
- il calcolo delle emissioni a caldo, a freddo ed evaporative,
- le correzioni per gradiente, altitudine e percorso chilometrico medio dei veicoli catalitici.

Le funzioni principali

L'equazione di base per il calcolo delle emissioni a caldo del trasporto stradale per ciascuno degli inquinanti considerati è, per ciascuna categoria di veicolo:

$$\text{Emissioni[g]} = \text{fattore emissione[g/km]} \times \text{numero di veicoli} \times \text{distanza media percorsa da un veicolo[km]}.$$

Questa equazione è stata estesa successivamente in modo da comprendere diversi parametri di correzione per i gradienti di pendenza, per l'altitudine, ecc.

Gli indicatori

MEET fornisce modelli e fattori di emissione (compresi i loro cambiamenti nel tempo) per il calcolo delle quantità emesse dei seguenti inquinanti: CO₂, CO, VOC (CH₄, NMVOC), NO_x, PM, SO₂, Pb, NO₂, NH₃, N₂O, oHM (Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, Se) e H₂S.

Il progetto QUITs

L'obiettivo del progetto QUITs, il cui rapporto finale non è ancora pronto per la pubblicazione, è quello di sviluppare una metodologia per migliorare il processo decisionale nel settore dei trasporti, tenendo in conto i costi interni così come quelli esterni. L'analisi degli effetti relativi ai trasporti copre i quattro modi di trasporto strada, ferrovia, aereo e vie d'acqua in tre corridoi Milano-Francoforte, Pireo-Patrasso-Monaco e Londra-Lille per l'anno di riferimento 1995 (SCHLOMANN ET. AL, 1997; WEINREICH, 1997; ZEW/ISI, 1997).

La metodologia

L'accertamento e la valutazione dell'inquinamento ambientale segue le quattro classiche fasi: il calcolo dei carichi ambientali, il calcolo delle concentrazioni, la quantificazione degli impatti e la valutazione degli impatti.

I carichi sono soprattutto le emissioni di inquinanti calcolate con il metodo del fattore di emissione. Per il calcolo dei livelli di concentrazione lungo le strade sono stati impiegati tre metodi. Su una distanza fino a 200 m dalla strada viene usato l'approccio tedesco MLuS-92³. Per una distanza da 200 a 5.000 m è stata sviluppata un'estensione dell'approccio MLuS-92. Per calcolare le concentrazioni su una distanza dalla strada superiore a 5.000 m è stato applicato il metodo ECOSENSE, sviluppato nel progetto ExterneE (vedi più avanti). In più è stata sviluppata una speciale griglia per combinare i tre metodi per il calcolo della concentrazione.

Gli impatti sono distinti in effetti sulla salute, sull'ambiente e non sull'ambiente. I primi due dovrebbero essere quantificati - se possibile - grazie a funzioni del tipo "dose-response".

³ *MLuS-92, Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen*, Documento sull'inquinamento dovuto al trasporto stradale in Germania

Una volta quantificati, gli impatti, sono valutati secondo la metodologia della disponibilità a pagare.

Le funzioni principali

Il calcolo delle emissioni annue totali del traffico stradale per corridoio viene effettuato col seguente approccio basato sui fattori di emissione per tratta stradale:

$$\text{Emissioni[g]} = \text{lunghezza [km]} \times \text{traffico medio giornaliero} \times \text{fattore emissione[g/km]}$$

La formula di MluS-92 per calcolare la dispersione delle emissioni calcola la concentrazione relativa ad una certa distanza dalla strada come una percentuale relativa al valore di concentrazione sulla strada:

$$\text{Concentrazione relativa} = 1 - 0,166 \times \ln(1 + s)$$

dove s = distanza dalla strada.

Il progetto ExternE

Il progetto ExternE è stato sviluppato all'interno del Programma di ricerca sull'energia non nucleare JOULE III. Il lavoro di ricerca è già terminato, ma un rapporto ufficiale definitivo non è al momento ancora disponibile.

La metodologia

Il progetto ExternE sul trasporto ha l'obiettivo di sviluppare metodologie di valutazione delle esternalità relative al consumo di energia per il trasporto su strada e ferrovia. Questo significa che esso si confronta solo con le emissioni di inquinanti atmosferici. Per questi viene considerato un'ampia gamma di impatti: gli impatti sulla salute, sull'effetto serra, sulla perdita di raccolti, ecc.. Una specificità di questo progetto è quella di non considerare soltanto le emissioni relative ai mezzi di trasporto in movimento, ma anche quelle del ciclo di vita dei veicoli e delle infrastrutture di trasporto. Questo implica le emissioni relative alle attività che servono alla produzione, al mantenimento e allo smaltimento di veicoli e infrastrutture.

La metodologia per l'accertamento e la valutazione è ancora quella dei quattro passaggi: il modello di emissione, il modello di dispersione, la stima dei danni fisici e la valutazione monetaria degli impatti. Per la modellizzazione dell'emissione viene usato un approccio di calcolo *bottom-up* con fattore di emissione. La modellizzazione della dispersione degli inquinanti atmosferici fa uso di due differenti approcci. A scala locale (< 35km fino alla strada o alla ferrovia) viene usato il modello ROADPOL e a scala regionale viene impiegato il modello ECOSENSE.

La valutazione monetaria è principalmente influenzata dalla densità di popolazione lungo l'infrastruttura (specialmente la strada). Quindi danni specifici vengono calcolati per tre differenti tipi di localizzazione della strada: centri urbani, aree urbane e aree extraurbane.

Il progetto CORINAIR

Il progetto CORINAIR era stato avviato dalla Commissione Europea per classificare la vasta informazione disponibile a scala europea sulle emissioni di inquinanti nell'atmosfera. Il progetto CORINAIR, rispetto agli altri progetti di ricerca esaminati, si focalizza solo sull'inquinamento atmosferico (CEC, 1993).

La metodologia

In CORINAIR sono offerti due differenti approcci al calcolo delle emissioni: un approccio *top-down* e un approccio *bottom-up*. L'approccio *top-down* richiede dei dati meno disaggregati (e.g. il consumo totale di carburante, il numero di veicoli di una nazione) e utilizza più stime (e.g. le quote di veicoli-chilometro percorsi su differenti classi di strade). Esso opera al livello NUTS 0.

Per l'approccio *bottom-up* è necessaria una differenziazione maggiore di dati statistici (e.g. il conteggio del traffico su differenti classi di strada e categorie di veicolo). Essa viene considerata come la metodologia ideale per calcolare le emissioni dei trasporti. Seguendo questo approccio è possibile ricavare informazioni per tutti gli inquinanti causati dalle diverse categorie di veicolo a livello di area locale (NUTS III) sulle differenti classi di strada. Entrambi gli approcci considerano le emissioni a caldo (la guida normale con auto già calde) allo stesso modo che le emissioni iniziali a freddo (all'inizio di ciascuno spostamento con la temperatura della macchina a meno di 70°C). Il calcolo delle emissioni totali utilizza una classificazione di 10 inquinanti atmosferici, 34 categorie di veicoli, tre classi di strada (urbana, rurale, autostrada) e tre tipi di carburante (benzina, gasolio, GPL). In più, i fattori di emissione dipendono dalla velocità.

Siccome nella maggior parte delle nazioni, i dati necessari per l'approccio *bottom-up* non sono disponibili, CORINAIR propone i metodi di allocazione spaziale delle emissioni aggregate riferiti alle tre classi di strada. Le emissioni su strade urbane dovrebbero essere distribuite in città con più di 20.000 abitanti in base alla popolazione. Le emissioni rurali dovrebbero essere distribuite ovunque nella nazione all'esterno delle aree urbane, sempre secondo la densità di popolazione. Le emissioni delle autostrade dovrebbero essere allocate sulle strade caratterizzate da caratteristiche di tipo autostradale.

Le funzioni principali

La funzione di base per calcolare le emissioni a caldo è la seguente:

$$\text{Emissioni [g]} = \text{fattore emissione [g/km]} \times \text{veicolo chilometri per anno [km]}$$

Invece di usare i chilometri percorsi, per il calcolo si può usare il consumo di carburante. Così l'equazione diventa:

$$\text{Emissioni [g]} = \text{fattore emissione [g/kg carburante]} \times \text{consumo carburante dei veicoli per anno [kg carburante]}$$

Più precisamente, l'equazione deve riferirsi alle differenti categorie di veicolo e alle classi di strada:

$$\text{Emissioni[g]} = \text{fattore emissione [g/kg carburante]} \times \text{consumo carburante[kg carburante]}$$

Gli indicatori

CORINAIR fornisce la metodologia (funzioni e fattori di emissione) per dieci differenti inquinanti atmosferici del trasporto stradale, che possono essere usati come indicatori. Questi sono NO_x, N₂O, SO_x, VOC, CH₄, CO, CO₂, NH₃, PM (particolato) e piombo.

Il progetto GENEMIS

Il progetto GENEMIS fa parte degli strumenti di modellizzazione delle emissioni che sono stati sviluppati nel progetto EUREKA. L'obiettivo di GENEMIS è di fornire dati sulle emissioni ad alta risoluzione temporale (ore) alla scala Europea (FRIEDRICH ET.AL., 1994).

La metodologia

Il calcolo delle emissioni è ancora basato su CORINAIR, LOTOS ed altri *database* nazionali delle emissioni. I dati di CORINAIR (e altri) vengono trasformati dal livello NUTS 0 in una griglia EURAD, che consiste in 80x80 km quadrati. Per calcolare i valori orari delle emissioni vengono usate informazioni stagionali (vacanze, periodo dell'anno), settimanali (giorno infra-settimale, sabato, domenica) e orarie (ora di punta). Queste informazioni sono specifiche per nazione. Per calcolare le emissioni dei trasporti viene impiegato un approccio di fattore di emissione.

Gli indicatori

GENEMIS fornisce dati sull'emissione dei seguenti inquinanti atmosferici: SO_x, NO_x, VOC, NH₃ e CO. I dati sono disponibili per tutte le nazioni EU e per alcune nazioni dell'Est Europa in una griglia di 80x80 km².

Il progetto EST

Questo studio è stato avviato dal Gruppo sulla Prevenzione e il Controllo dell'Inquinamento (PPCG) dell'OECD. Esso ha il compito di studiare i concetti e le strategie verso un Trasporto Ambientalmente Sostenibile (EST - Environmental Sustainable Transport). Il primo rapporto sviluppa criteri per stabilire e misurare un trasporto sostenibile, mentre i prossimi dovranno definire strategie EST in diverse nazioni (OECD, 1996; OECD, 1997).

La metodologia

Il riferimento per definire i criteri per la sostenibilità ambientale di un sistema di trasporto sono le tre regole inventate da Herman Daly. Secondo la definizione del PPCG: *“Il trasporto che non mette a rischio la salute pubblica e gli ecosistemi e che garantisca la necessità di mobilità utilizzando (a) le risorse rinnovabili ad un tasso inferiore a quello della loro rigenerazione e (b) le risorse non rinnovabili ad un tasso inferiore a quello dello sviluppo di sostituti rinnovabili”* Sulla base di queste regole sono stati definiti sei criteri quantitativi per coprire i vari problemi ambientali alle diverse scale (globale, regionale, locale). L'OECD assume che questo insieme di criteri è utilizzabile e comprensibile per stabilire una strategia EST col minor sforzo possibile.

Vengono menzionate due prospettive possibili per la valutazione dell'uso delle risorse dal trasporto. Da una parte quella che tiene conto solo dell'uso delle risorse relazionate al consumo di carburante. Dall'altra, più complessa, quella che si basa sul ciclo di vita e include la costruzione dell'infrastruttura e la produzione dei veicoli così come lo smaltimento di entrambi.

Le funzioni principali

Non esistono funzioni principali in questo approccio, perché è basato su una tecnica di costruzione dello scenario.

Gli indicatori

L'OECD ha provato ad identificare i principali fattori di inquinamento da trasporto, cercando anche di minimizzare il numero di criteri necessari alla valutazione d'impatto e di riferirli se possibile a diversi aspetti ambientali. Ad esempio le emissioni di CO₂ per la combustione di carburanti fossili contribuisce all'effetto serra e le misure di riduzione di questi ridurrà, anche, le emissioni della maggior parte degli altri inquinanti atmosferici. Questo approccio ha condotto ai seguenti sei criteri:

1. Ridurre le emissioni di NO_x fino ad annullare ogni formazione rischiosa di ozono e acidificanti al livello del suolo. Questo implica una riduzione del 90% nei livelli di NO_x

nell'ambiente per i prossimi 35 anni e quindi una riduzione ben maggiore del 90% delle emissioni di NO_x per veicolo-km, a causa della prevista crescita del traffico.

2. Ridurre le emissioni di composti organici volatili fino ad annullare ogni formazione rischiosa di ozono al livello del suolo e fino a che il rischio di cancerogenicità non raggiunge un livello ritenuto accettabile.
3. Ridurre le emissioni di particolato fino a che non siano evitati livelli nocivi dell'aria.
4. Prevenire i cambiamenti climatici limitando le emissioni pro-capite di CO₂ del consumo di carburante fossile per il trasporto fino a che gli obiettivi di protezione del clima terrestre non siano raggiunti. Per l'Europa occidentale questo significa che le emissioni pro-capite di CO₂ con un valore di 2,2 t di carbone pro-capite nel 1992 dovrebbe essere diminuito fino a 0,44 t entro il 2050.
5. Considerare gli obiettivi per la protezione dell'ecosistema nella pianificazione dell'uso del suolo per le finalità dei trasporti, specialmente nelle aree urbane. Questo potrebbe significare la limitazione al 10% della parte di terreno usata per il trasporto motorizzato nelle aree urbane.
6. Non consentire al rumore causato dal trasporto di raggiungere livelli che producono un effetto negativo sulla salute umana o presentano un serio disturbo. Per ottenere questo risultato i livelli di rumore all'interno dell'area di assestamento superiore a 55 dB(A) durante il giorno, e 40 dB(A) durante la notte, dovrebbero essere evitati.

Il progetto POSSUM

Nel progetto POSSUM vengono disegnati differenti scenari per un sistema dei trasporti che soddisfi i tre obiettivi: efficienza economica, sviluppo regionale bilanciato e sviluppo ambientale sostenibile; obiettivo quest'ultimo cui viene assegnata la più alta priorità. L'attenzione non è solo localizzata sulle nazioni EU, ma anche sulle nazioni EFTA⁴-, CEEC⁵- e CIS⁶-. L'orizzonte temporale sarà l'anno 2020 (POSSUM, 1997a; POSSUM, 1997b; DREBORG ET.AL., 1997).

La metodologia

Per sviluppare scenari creativi verrà usato un approccio "a ritroso" (backcasting). Per primo viene fissato il contesto dello scenario. Per secondo gli scenari vengono costruiti all'interno del contesto e per terzo viene spiegato il percorso per raggiungere ciascuno scenario. Il contesto consiste di fattori esterni (le istituzioni, lo sviluppo sociale ed economico) e due

⁴ EFTA - European Free Trade Association

⁵ CEEC - Central and Eastern European Countries

⁶ CIS - Paesi dell'ex unione sovietica

possibili atteggiamenti per questi fattori: polarizzazione o cooperazione. Faranno ancora parte del contesto gli elementi strategici (sviluppo tecnico, crescita del GDP e del volume trasportati) e tre scenari di riferimento, ognuno ottimizzato per raggiungere principalmente uno degli obiettivi (efficienza, sviluppo regionale, protezione ambientale).

Gli indicatori

In POSSUM è stato identificato un insieme di elementi chiave per gli scenari suddivisi in quattro settori. Questi sono: il settore di innovazione tecnologica (efficienza energetica, veicoli più leggeri, veicoli più puliti, nuovi carburanti, rottamazione forzata di vecchi veicoli), lo sviluppo del trasporto passeggeri (stime dell'uso del suolo, tele-commutazione e conferenza, tele-shopping, stile di vita e valori, conoscenza dell'impatto del trasporto sull'ambiente), lo sviluppo del trasporto merci (caratteristiche di consumi, regionalizzazione), le infrastrutture e l'organizzazione dei mercati del trasporto (organizzazione del trasporto passeggeri e merci, esistenza di nicchie di mercato, costruzione di nuove infrastrutture).

Gli indicatori per la valutazione d'impatto ambientale sono: le emissioni di CO₂, le emissioni di NO_x, il degrado delle aree protette e il consumo di suolo per la costruzione di infrastrutture.

Lo studio sulle criticità nelle infrastrutture di trasporto europee

Lo studio è stato condotto da IWW et al. per conto del Centro Europeo di Studi sulle Infrastrutture (ECIS) nel 1995/1996. L'obiettivo dello studio era l'identificazione delle criticità esistenti nelle infrastrutture di trasporto europee. Un'importante parte dello studio è stata dedicata all'analisi delle criticità ambientali, ovvero all'identificazione di quelle aree critiche dove i problemi di congestione riguardano delle regioni ambientalmente sensibili o particolarmente danneggiate. La valutazione d'impatto è stata ridotta all'analisi dello status quo (IWW ET. AL., 1996; ECIS, 1997).

La metodologia

Lo scopo dello studio è un'analisi delle reti di trasporto europee alla situazione attuale. L'attenzione della valutazione d'impatto era verso la determinazione di regioni sensibili o danneggiate dal punto di vista ambientale. Quindi, la selezione degli impatti è stata ristretta agli effetti locali e regionali. Per l'identificazione delle più restrittive strozzature ambientali, il rischio imposto all'ambiente è stato valutato e confrontato con tutti gli altri. Come indicatori del rischio ambientale sono stati valutati i seguenti impatti per le reti Europee stradale e ferroviaria dell'anno 1993:

- effetti sulla protezione e conservazione della natura,

- effetti sulla popolazione,
- inquinamento atmosferico / emissioni (solo per il trasporto stradale).

Per la valutazione d'impatto sono stati acquisiti gli effettivi volumi di traffico delle reti e le strozzature del trasporto sono state identificate sulla base delle effettive capacità e di criteri basati sul livello del servizio (LOS) che esprimevano la qualità del trasporto. Successivamente le strozzature del trasporto sono state sottoposte alla valutazione d'impatto ambientale.

Le funzioni principali

Per calcolare il valore degli indicatori ambientali vengono usate le seguenti tre equazioni per il rumore del trasporto ferroviario, per il rumore e le emissioni di NO_x del trasporto stradale.

Il rumore della ferrovia prodotto lungo i binari è stato calcolato secondo le linee guida della legislazione tedesca sul rumore (16.BImSchV⁷). E' stata fatta una differenziazione del rumore durante il giorno (06.00-22.00 h) e la notte (22.00-06.00 h) ottenendo le due equazioni:

$$\text{Livello rumore medio giorno} = 31,8 + 10 \times \lg(nv^2) - \text{correzione distanza}$$

$$\text{Livello rumore medio notte} = 72,9 + 10 \times \lg(n) - \text{correzione distanza}$$

Dove:

$$\text{correzione distanza} = 10 \times \lg(s) + 0,0142 \times (s)^{0,9}$$

n = treni per ora

v = treni passeggeri massima velocità

s = distanza dal binario

Per calcolare il rumore della strada e la distanza dall'infrastruttura strada, dove viene raggiunto un certo livello di rumore (65 dB(A)), si è usato ancora un approccio semplificato tratto delle linee guida tedesche RLS-90⁸:

$$\text{Distanza dove si raggiunge il rumore di 65 dB(A)} = 250 \times ((PV + 5 \times FV)/100.000)^{0,65}$$

con:

⁷ 16. Bundesimmissionsschutzverordnung: 16° Decreto Federale della Germania per la protezione contro il rumore da traffico (1996)

PV = numero di passeggeri veicolo

FV = numero di merci veicolo

Le emissioni di NO_x del trasporto stradale sono state calcolate utilizzando fattori di emissione differenziati per tutte le nazioni secondo le loro flotte di veicoli nel 1994. Le emissioni sono state calcolate separatamente per sezioni di infrastruttura. Questo risulta nella seguente equazione differenziata per paese:

$$\text{Emissioni per anno[g]} = \text{veicoli per giorno} \times 365 \times \text{fattore emissione[g/km]} \times \text{lunghezza sezione dell'infrastruttura [km]}$$

Gli indicatori

La valutazione dell'impatto ambientale (natura, popolazione e inquinamento atmosferico) è quantificata nel modo seguente. L'impatto sulla natura è valutato grazie alle classi di aree protette che sono influenzate da una delle strozzature tecniche; le aree protette sono classificate secondo le Categorie di Gestione delle Aree Protette dell'Unità di Conservazione del Mondo (IUCN) e dove viene interessata un'area classificata nella classe più alta - una Severa Riserva Naturale - allora viene identificata una strozzatura ambientale.

L'impatto sulla popolazione viene valutato in base al livello di rumore al quale viene esposto un certo numero di abitanti. Quindi, oltre al calcolo del livello di rumore (vedi funzioni principali) è stata usata la densità di popolazione a livello NUTS 2 per la valutazione d'impatto. Una strozzatura ambientale viene identificata quando il numero di abitanti interessati eccede le 10.000 persone.

Per la valutazione d'impatto dell'inquinamento atmosferico, le emissioni di NO_x sono state scelte come indicatore. Come base è stata usata una griglia di 50x50km dei dati CORINAIR con il totale delle emissioni di NO_x per l'anno 1990. Per ciascuna strozzatura tecnica è stato calcolato il rapporto delle emissioni di NO_x relative al trasporto modellizzate (vedi funzioni principali) sul totale delle emissioni di NO_x nel corrispondente quadrato. Se la quota di emissioni di NO_x causata dal trasporto eccede il 90%, allora risulta una strozzatura ambientale.

3.2.2 Progetti di ricerca nazionali

Progetto UBA-IWW

Obiettivo di questo progetto, lanciato dalla agenzia ambientale tedesca (UBA Umweltbundesamt), è quello di perfezionare l'attuale metodologia per l'integrazione delle

⁸ *RLS-90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen):* Linee guida per protezione dal rumore lungo le strade (1990)

priorità ambientali nella pianificazione federale delle infrastrutture di trasporto. I risultati dello studio sono stati verificati grazie allo studio del caso dello stato federale di Baden-Württemberg nel sud-ovest della Germania (IWW ET. AL., 1997).

La metodologia

La metodologia sviluppata segue un approccio “a ritroso”. Ciò significa che il piano di infrastrutturazione è l’output e non l’input per la procedura di valutazione. La procedura consiste di tre passaggi principali. Nel primo passaggio vengono definiti i livelli degli indicatori ambientali, che garantiscono, sulla base della conoscenza presente, uno sviluppo sostenibile (“standard minimi di sicurezza”). Il secondo passaggio è la costruzione di un insieme di strumenti politici, che vorrebbero raggiungere gli standard minimi di sicurezza. E il terzo passaggio è la selezione del programma di azione tra quelli fattibili che massimizza il benessere materiale della società soggetto alle limitazioni ambientali.

L’agenzia ambientale tedesca propone di definire indicatori quantificabili per cinque impatti ambientali ottenuti dai trasporti: effetto serra, formazione di ozono troposferico, inquinamento atmosferico locale, rumore e degrado naturale, per i quali sono stati definiti gli obiettivi ambientali per l’anno 2010.

La valutazione d’impatto consiste del calcolo di impatti ambientali per l’anno base 1992, della previsione di traffico per il 2010 con tre scenari, della predizione degli impatti ambientali dello scenario e della comparazione dei risultati con gli obiettivi ambientali.

Per la previsione del traffico è stata usata un modello multimodale di trasporto che copre la generazione, la distribuzione la scelta modale e l’assegnazione del traffico. La valutazione ambientale si è basata sulle seguenti caratteristiche spaziali: aree protette, velocità del vento e densità della popolazione. Queste informazioni, insieme ai dati del modello di trasporto, sono state distribuite su una griglia basata su quadrati 5 x 5km (griglia EMEP).

Le funzioni principali

Lo studio applica tre principali funzioni per la valutazione d’impatto ambientale. La prima funzione calcola le quantità di emissione usando l’approccio dei fattori di emissione, e considera sei inquinanti atmosferici, due tipi di carburanti, quattro categorie di veicoli, quattro classi di strada, tre classi di congestione e tre classi di pendenza. Questo significa un totale di 1152 fattori di emissione. L’equazione di base di ciascuna categoria è:

$$\text{Emissioni[g]} = \text{km percorsi[veicolo/km]} \times \text{fattore emis.[g/km]}$$

Per calcolare le concentrazioni (benzene, materiale particolato) lungo le strade rurali, il calcolo segue lo schema MLuS-92, mentre per le strade urbane viene usato l’approccio sviluppato da Lohmeyer (LOHMEYER, 1996):

Concentrazione [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] = f (concentrazione di fondo, classe strada, velocità media del vento, quantità di emissioni)

Per predire il livello di rumore lungo le strade è stato sviluppato un approccio basato sulle linee guida tedesche RLS-90, integrato con la misura degli effetti delle riflessioni di tipiche strutture di abitazioni. Il numero di abitanti che sono esposti al rumore oltre un certo livello sono poi calcolati in base alla struttura abitativa e alla corrispondente densità abitativa.

Rumore_{strada} [dB(A)] = f (livello velocità, mix di traffico, classe strada, struttura residenziale, numero di abitanti)

Nel caso di trasporto ferroviario, le predizioni di rumore sono basate su un modello fornito nella legislazione Tedesca per il rumore (16. BImSchV):

Rumore_{ferrovia} [dB(A)] = f (lunghezza treno, velocità massima, tipo di intervalli, quote delle diverse categorie di treno durante il giorno/notte)

Gli indicatori

Per valutare i sopra citati impatti ambientali sono stati usati otto indicatori. Il primo indicatore è la quantità delle emissioni di CO₂, che è calcolato con l'approccio ai fattori di emissione (vedi funzioni principali). L'obiettivo per le emissioni di CO₂ è una riduzione di circa almeno il 30% dal 1992 al 2010.

I due indicatori successivi, riferiti alla formazione di ozono troposferico, sono le quantità totali di emissioni di NO_x e VOC, che sono anch'esse calcolate con l'approccio ai fattori di emissione. Per le emissioni di NO_x l'obiettivo di riduzione è dell'80% e per le emissioni VOC è del 70%.

I successivi prossimi due indicatori, riferiti all'inquinamento dell'aria, sono le concentrazioni locali di benzene e di materiale particolato. La quantità totale di entrambi gli inquinanti è calcolata con l'approccio ai fattori di emissione e poi distribuito in area urbana su una griglia di celle 5x5km. In aggiunta viene anche considerata la concentrazione di sfondo degli inquinanti. L'obiettivo ambientale è quello di non avere celle con una concentrazione di benzene superiore a 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e nessuna cella con una concentrazione di materiale particolato superiore a 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'indicatore del rumore viene anche applicato alla griglia di celle. Il suo obiettivo ambientale è quello di non avere celle, dove gli abitanti siano interessati da livelli medi di rumore superiori a 65 dB (A) durante il giorno.

Per la protezione della natura gli indicatori sono relativi alla segmentazione delle aree di conservazione e delle superfici costruite. Alcune aree di conservazione con un alto livello di protezione sono dichiarate come aree vincolate, dove nessuna costruzione di infrastrutture è ammessa. In altre aree di conservazione devono essere prese misure di compensazione

nel caso di infrastrutturazione. L'obiettivo rispetto al grado di infrastrutture è quello di non avere ulteriori interventi. Questo potrebbe significare nel caso della costruzione necessaria di una infrastruttura che in parallelo debba essere demolita un'altra infrastruttura di superficie equivalente⁹.

⁹ Questo è un obiettivo adeguato per la Germania, ma potrebbe essere inadeguato per nazioni che non hanno infrastrutture altrettanto sviluppate.

Tab. 3.4 *Metodologia, carichi e impatti valutati dei progetti*

Progetto di Ricerca	Approccio top-down, bottom-up	Metodologia	Modi di Trasporto Valutati	Carichi Valutati	Impatti Valutati
COMMUTE	Valutazione Ambientale Strategica (SEA)	non ancora deciso (fattore di emissione => bottom-up etc.)	trasporto stradale, ferroviario, aereo, fluviale/marino	consumo energetico, inquinamento atmosferico, rumore, sicurezza, uso del suolo, impatti ecologici	non ancora deciso (salute, impatti ecologici del surriscaldamento del globo ecc.)
MEET	top-down	fattori di emissione	trasporto stradale, ferroviario, aereo, fluviale/marino	consumo di carburante, inquinamento atmosferico (CO ₂ , CO, VOC, NMVOC, CH ₄ , PM, SO ₂ , NO _x , NO ₂ , Pb, NH ₃ , N ₂ O, H ₂ S, oHM)	---
QUITS	bottom-up per collegamenti speciali	sentiero d'impatto (MLuS-92, ECOSENSE)	trasporto stradale, ferroviario, aereo (passeggeri), fluviale/marino (merci)	inquinamento atmosferico (CO ₂ , CO, CH ₄ , PM, SO ₂ , NO _x , Pb, VOC), rumore, incidenti, effetti sospesi, visione non del ciclo di vita	salute, effetti ambientali e non ambientali, clima
ExternE Transport	bottom-up	sentiero d'impatto, risultato dell'esposizione (site-specific), visione del ciclo di vita	stradale, ferroviario	inquinamento atmosferico del trasporto e del ciclo di vita (costruzione, manutenzione, smaltimento)	salute, surriscaldamento del globo, altre, materie
CORINAIR	top-down, bottom-up	consumo di carburante, fattori di emissione	stradale (ferroviario ma solo indiretto delle emissioni dalle centrali)	inquinamento atmosferico (SO _x , NO _x , VOC, NH ₃ , CO, N ₂ O, CH ₄ , CO ₂ , particolati, piombo)	---
GENEMIS	basato su CORINAIR (bottom-up), LOTOS	approccio ai fattori di emissione	origine d'area (e.g. trasporto), origine puntuale	inquinamento atmosferico (SO _x , NO _x , VOC, NH ₃ , CO)	---
EST (OECD)	scenari (studi di casi)	carichi relativi al trasporto OR visione del ciclo di vita	stradale, ferroviario, navale (non tutti i modi in tutti gli studi di caso)	NO _x , VOC, particolati, CO ₂ , rumore, uso del suolo	salute, surriscaldamento del globo, impatti ecologici
POSSUM	scenari	Scenari a base esperta o orientati alla politica	trasporto stradale, ferroviario, aereo, fluviale	CO ₂ , NO _x , territorio preso	clima, salute, degrado delle aree protette
ECIS/IWW	bottom-up	fattori di emissione	stradale, ferroviario	NO _x , rumore, impoverimento della natura	salute, impatti regionali sulla natura
UBA/IWW	bottom-up	fattori di emissione, densità di popolazione, aree di esclusione	stradale, ferroviario, fluviale, (aereo)	inquinamento atmosferico (CO ₂ , NO _x , VOC, Benzene, PM), rumore, uso del suolo e territorio preso	salute, surriscaldamento del globo, colture, effetti sulla natura e sul paesaggio
Club di Roma	valutazione mondiale	sistema dinamico	---	uso delle risorse, inquinamento generale tossico	mortalità, degrado del territorio
DFG/Kumm	valutazione nazionale	sistema dinamico	---	inquinamento atmosferico, inquinamento idrico, spreco, danni alla salute	salute, qualità della vita
ISIS	valutazione urbana	seguendo l'approccio dinamico urbano di Forrester	stradale (veicolo / passeggero, autocarro / merce)	inquinamento atmosferico (CO ₂ , NO _x , SO ₂ , PM)	---

Tab. 3.5 *Tempo e scala spaziale, valutazione degli obiettivi dei progetti*

Progetti di ricerca	Orizzonte temporale	Scala Spaziale	Valutazione degli Obiettivi
COMMUTE	lungo periodo	Livello EU, procedure e strumenti per un livello o corridoio nazionale, regionale	strategia a livelli differenti
MEET	2020	Livello EU, livello regionale	misurazione e calcolo delle emissioni
QUITS	anno base 1995	due differenti larghezze di corridoio: 10 km di larghezza, 100 km di larghezza	analisi completa dello status quo dei costi / effetti esterni del trasporto
ExternE Transport	---	locale < 35km (ROADPOL) regionale > 35 km (ECOSENSE)	calcolo dei costi esterni relativi al trasporto (operativo e ciclo di vita)
CORINAIR	---	NUTS 3 se possibile	misurazione e calcolo delle emissioni
GENEMIS	---	griglia 80x80 km ²	misurazione e calcolo delle emissioni
EST (OECD)	2030	studi di caso a scala cittadina, regionale o nazionali	strategia a livello EU
POSSUM	2020	Livello EU, CEEC-, nazioni CIS	strategia a livello EU
ECIS/IWW	anno base 1992 (in parte 1995)	Griglia 50x50 km ²	analisi dello status quo della rete
UBA/IWW	2010	Griglia 5x5 km ² (in parte griglia 1x1 km ²)	pianificazione strategica dell'infrastruttura di trasporto a livello nazionale
Club di Roma	2100	globale	avvertimenti, consulenza di politica strategica
DFG / Kumm	1960 - 2000	nazionale (Germania)	consulenza strategica di politica ambientale
ISIS	2020	studio di caso per la città di Roma	strategia a livello cittadino

3.2.3 Conclusioni

Nel caso delle emissioni di inquinanti atmosferici, i progetti esaminati mostrano una chiara propensione nell'utilizzare l'approccio del fattore di emissione. Mentre nel caso del trasporto stradale sembra essere disponibile una vasta gamma di metodologie, alcune difficoltà potrebbero presentarsi calcolando le emissioni della ferrovia e delle vie d'acqua.

Gli indicatori più comuni sono le emissioni di CO₂ per i cambiamenti climatici e le emissioni di NO_x per i danni alla salute umana. Essi dovrebbero essere completati da altri come CO, PM, VOC, SO₂. Esistono maggiori difficoltà nel definire degli appropriati indicatori per effetti più locali come il rumore e il degrado del territorio.

Le emissioni e altri carichi dal trasporto sono stati trattati nella maggior parte dei progetti solo nel contesto degli effetti relativi allo spostamento dei mezzi di trasporto. Ma ci sono anche importanti influenze ambientali dovute alla costruzione, manutenzione e smaltimento di infrastrutture e veicoli. Ad esempio la costruzione di una automobile in Germania comporta una emissione di CO₂ pari al 30% del totale delle emissioni medie di

questa auto durante la sua vita. Ciò significa che per una corretta valutazione d'impatto ambientale strategica è necessario assumere una visione più globale e tenere conto anche del ciclo di vita per i diversi modi di trasporto.

Un ulteriore problema che non è integrato nella maggior parte degli approcci esistenti sono gli effetti cumulativi dei diversi carichi ambientali. Non sembra esistere al momento una applicazione basata sulla metodologia dei sistemi dinamici che tratti della valutazione d'impatto ambientale. In termini di orizzonte temporale, la maggior parte dei progetti segue un approccio statico o puntuale. La valutazione degli effetti ambientali nel lungo periodo non è quindi sufficientemente analizzata.

3.3 I modelli di economia regionale

Questa rassegna esamina le metodologie e gli strumenti per la valutazione d'impatto che cercano di analizzare le implicazioni che investimenti e politiche di regolazione e di prezzo nel settore dei trasporti hanno sulla localizzazione e sull'economia regionale in termini di uso del suolo.

Le prime due sezioni di questo capitolo descrivono il contesto di questo lavoro in termini di tendenze e politiche che ne identificano e misurano l'importanza. Le funzioni principali delle varie metodologie sono descritte nella sezione 3.3.3 insieme ad un'illustrazione dei loro benefici pratici e delle loro limitazioni. Maggior enfasi è posta sull'esame dei modelli effettivamente disponibili ed utilizzabili.

Tradizionalmente gli studi di sviluppo regionale si fondano sul presupposto che la disponibilità di infrastrutture di trasporto condizioni lo sviluppo economico/sociale, nell'ambito di una diffusione dello sviluppo vista come una funzione della variazione dell'accessibilità spaziale. A dispetto di ciò, come fanno notare gli studi EURET, le interazioni tra economie regionali, uso del suolo e trasporti non sono rappresentate in modo consistente e coerente (EURET, 1994). Non esiste una metodologia consistente e l'utilizzo dei modelli disponibili che integrano l'uso del suolo e il trasporto è poco diffuso (Still, 1996).

Tuttavia, capire gli impatti del trasporto sul territorio è molto importante poiché gli effetti derivanti dell'uso del suolo possono distorcere le tradizionali previsioni riguardanti il trasporto e l'utilizzo delle relative infrastrutture in funzione dello sviluppo economico. Da qui la necessità di essere in grado di valutare le interazioni che variano d'intensità nel tempo e nello spazio. A questo proposito il rapporto SACTRA (Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment) sul tracciato delle strade e sulla generazione del traffico (SACTRA, 1994, vedi sezione 3.3.1) ha riconosciuto il fatto che la creazione di nuova capacità stradale ha la potenzialità di indurre nuovo traffico con la conseguente raccomandazione di adottare tecniche di stima che sappiano tenere conto di questa possibilità.

3.3.1 Il contesto delle Politiche

Il decentramento della popolazione e dell'occupazione nei sobborghi e in insediamenti minori autosufficienti in aree non metropolitane, ha incoraggiato una rapida crescita nella mobilità personale, facilitata anche da crescenti livelli di motorizzazione privata. I meriti nel lungo periodo della dispersione abitativa in sé per sé sono motivo di dibattito riguardo alle sue implicazioni sulla sostenibilità. Questo argomento ha ricevuto una grande attenzione negli USA - California e Oregon sono un esempio - dove c'è una forte pressione per l'implementazione di politiche atte a limitare l'espansione urbana e si manifesta nel dibattito che contrappone modelli di città compatta allo sviluppo urbano incontrollato

(Richardson and Gordon, 1997; Bourne, 1992). Su questo argomento si svolge un vivace dibattito anche in Gran Bretagna.

Negli ultimi anni, con lo spostamento verso lo sviluppo di politiche dei trasporti sostenibili, guidato in Europa dalle indicazioni del 2° Articolo del Trattato di Maastricht in direzione di “una crescita non inflattiva, sostenibile e rispettosa dell’ambiente” e dagli obiettivi di sviluppo sostenibile del Quinto Programma di Azione Ambientale della Comunità Europea, si è rinnovato un esplicito riconoscimento del significato delle interazioni tra l’uso del suolo e il trasporto. Secondo la *Royal Commission on Environment Pollution* (RCEP, 1994) “...la pianificazione dell’uso del suolo è una componente importante delle politiche disegnate per ridurre gli effetti ambientali del trasporto” e ha la potenzialità di influenzare i comportamenti di viaggio e la scelta del modo per i differenti tipi di spostamento. A mano a mano che si impone il problema degli effetti ambientali dell’uso del suolo, cresce anche l’esigenza generale di un dibattito sui temi ambientali. A questo si deve un rinnovato interesse per le applicazioni di modelli integrati dell’uso del suolo urbano e del trasporto.

Recenti sviluppi nell’ambito delle politiche di trasporto indicano come la relazione tra uso del suolo e trasporto stia attraendo un rinnovato interesse, in particolare per ciò che riguarda una pianificazione integrata e sensibile agli aspetti ambientali. Esempi di queste politiche includono le più recenti linee-guida per la pianificazione definite in Gran Bretagna (PPG13), e la Legge sull’Efficienza del Trasporto Intermodale di Superficie (ISTEA) varata nel 1991 in USA.

Per ciò che riguarda le strade, il rapporto SACTRA (1994) sul traffico generato enfatizzava come la stima dell’uso del suolo e il modo in cui esso risponde alle politiche del trasporto potrebbe fornire un più realistico contesto per prevedere dove la densità territoriale ha maggiori probabilità di cambiare.

“... dato che la distribuzione spaziale degli insediamenti è la principale determinante del traffico, è nostra intenzione tenere in considerazione ogni modifica di questa distribuzione che può essere simulata a partire da cambiamenti nell’accessibilità che una nuova strada può determinare” (2.22, pag.10).

In Gran Bretagna, il PPG13 incoraggia i pianificatori a considerare insieme l’uso del suolo e il trasporto con l’obiettivo di utilizzare la pianificazione dell’uso del suolo per ridurre la necessità di spostarsi con veicoli a motore, cercando quindi di modificare la distribuzione spaziale della domanda di trasporto agendo sulla generazione degli spostamenti. In USA, l’ISTEA si è proposta di cambiare il modo in cui la pianificazione dei trasporti veniva interpretata basandosi sul riconoscimento che la qualità dell’aria era un obiettivo chiave, spostando quindi l’enfasi sul trasporto pubblico e sulla manutenzione delle infrastrutture. La legge richiede che le politiche del trasporto siano in grado di prendere in considerazione e interpretare il modo in cui il trasporto interagisce con l’uso del suolo.

3.3.2 Lo sviluppo storico della teoria e dei modelli di sviluppo spaziale

L'idea originale della teoria secondo cui il trasporto, alterando i livelli relativi di accessibilità, influenza lo sviluppo e la riorganizzazione del territorio urbano può essere ricondotto ai teorici della localizzazione di scuola tedesca (Weber, 1929). Molti dei primi modelli di sviluppo regionale e metodi di valutazione d'impatto seguivano l'approccio weberiano per dimostrare l'effetto che i costi del trasporto hanno sulla localizzazione delle imprese attraverso i costi variabili e i ricavi (e.g. Lösch (1954) and Alonso (1964)). Lavori più recenti hanno mostrato che in effetti i meccanismi al lavoro sono molto più complicati (Chisholm, 1985; Keeble et al, 1988; Vickerman, 1989) e il trasporto è oggi visto come una condizione necessaria, ma non sufficiente per la crescita, che può essere realizzata solo quando vengono soddisfatte anche altre condizioni.

La tabella 3.2 riassume i principali sviluppi teorici e lo sviluppo degli approcci modellistici utilizzati nella valutazione degli impatti sullo sviluppo socio economico di regioni e nazioni. Molte di queste idee sono state tradotte in pratica definendo schemi di metodologie di valutazione, come si vedrà nei prossimi paragrafi.

Molti dei primi teorici della localizzazione, ad esempio Weber e Christaller, usarono teorie dell'attività economica e teorie dell'equilibrio della localizzazione industriale per proporre modelli di uso del suolo, sebbene gli effetti del trasporto sullo sviluppo regionale non fossero facilmente quantificabili con quegli approcci. I successivi modelli di comportamento incorporarono assunzioni più realistiche nella teoria della localizzazione, ma le formulazioni iniziali erano difficili da implementare a livello regionale. I modelli della popolazione e del potenziale economico degli anni Settanta e Ottanta usavano analogie col modello gravitazionale per spiegare le tendenze spaziali ed erano fondati meno su concetti teorici e più su analisi empiriche. I successivi modelli di interazione spaziale cercarono di sintetizzare i migliori elementi di tutte le altre teorie in modo da spiegare la localizzazione delle attività economiche.

Tab. 3.6 *Riassunto dell'evoluzione delle teorie e dei modelli*

Tipo	Autore/Modello	Implicazioni per le aree periferiche	Note
1	Prime teorie sulla localizzazione industriale (Weber, 1929; Christaller, 1933; Lösch, 1944) Le attività produttive si localizzano nei luoghi di minore costo. Specializzazioni e valore delle produzioni influenzano la dislocazione delle attività.	Le aree periferiche sono svantaggiate a causa dei processi di concentrazione nei luoghi dove i costi sono minori.	Si assumono, irrealisticamente, costi uniformi e mobilità perfetta. Funzioni di costo continue e relazioni di domanda/offerta non realistiche rendono difficile valutare gli impatti degli sviluppi territoriali.
2	Teorie della polarizzazione spaziale: Rostow (1955), Myrdal (1957), Hirschman (1958) Intensificazione di un tipo di sviluppo territoriale irregolare e discontinuo determinato da effetti cumulativi	Le aree periferiche subiscono probabilmente effetti negativi. La distanza dalle aree centrali può impedire di beneficiare degli effetti di diffusione e la massa ridotta delle produzioni non consente lo sviluppo di imprese di servizi associate.	I modelli non contemplano teorie della produzione, così che i diversi ambiti territoriali sono sostanzialmente autonomi. Gli effetti legati al trasporto sono difficilmente separabili. I modelli sono difficili da quantificare.
3	Modelli della base economica e dei moltiplicatori regionali	La capacità delle aree periferiche di favorire produzione aggiuntiva è discutibile a la massa della produzione di queste aree non favorisce lo sviluppo associato.	La base economica di una regione non è immodificabile come implicitamente supposto da questi modelli, che sono fondamentalmente statici.
4	Anni '60: teorie della localizzazione industriale: Harris (1954), Ray (1965). Uso delle teorie di equilibrio della localizzazione industriale che integrano sia un'analisi dei costi che un'analisi dei ricavi.	Le imprese hanno il monopolio spaziale di localizzazioni facilmente accessibili che le aree periferiche di piccola massa non possono offrire	Secondo le teorie del Costo Potenziale di Trasporto, la domanda non è sensibile alla distanza. Le teorie del Mercato Potenziale sono semplicistiche, ma possono tenere in considerazione dimensioni variabili del mercato.
5	Anni '70: Edwards (1970/1975), Begg (1972), Rich (1978), Gordon (1978), Peida (1984)	Si trova che le imprese con alti costi di trasporto vendono localmente e viceversa. Si trova che i costi di trasporto rappresentano soltanto una piccola quota dei costi complessivi legati alla distanza i quali determinano la capacità delle imprese localizzate in aree periferiche di avere scambi commerciali.	L'importanza dei costi legati alla distanza non riconosciuta esplicitamente fino alla pubblicazione del Rapporto Peida, in cui si suggerisce di concentrarsi sulla qualità del servizio, l'affidabilità, ecc. piuttosto che sui costi diretti.

(cont.)

Tab. 3.6 (cont.) *Riassunto dell'evoluzione delle teorie e dei modelli*

6	Modelli comportamentali che fanno uso della teoria dell'utilità per determinare strutture di preferenze riguardo alle localizzazioni	I ipotesi relative alla massimizzazione di elementi diversi dal profitto aiutano a comprendere la localizzazione periferica delle imprese, ma vi sono poche indicazioni di impatti per ulteriori sviluppi.	Si introducono assunzioni più realistiche nella teoria della localizzazione. Sebbene sia agevole effettuare verifiche della teoria a livello di singola impresa, vi sono difficoltà per le applicazioni su un intero ambito territoriale.
7	Modelli di Potenziale (dal 1970 in avanti): Clark, Wilson, Bradley (1969), Owen, Coombes (1983), Keeble, Owens, Thompson (1981). Sono basati sui modelli di popolazione potenziale, allargati per introdurre anche effetti dei modelli gravitazionali.	Il potenziale economico di un'area è influenzato dalla sua massa. La periferia ha dunque poco valore sia come mercato che come luogo di produzione. I risultati di un'area sono ridotti dalle difficoltà di accedere ad altre aree e quindi la distanza è una barriera per lo sviluppo delle aree periferiche.	Si lavora solo a livello "macro" ed è difficile fare riferimenti diretti ai processi "micro" che sovrintendono alle scelte.
8	Teorie della strutture e della localizzazione industriale: Keeble (1981) Il potenziale economico è usato per spiegare la struttura economica del centro e della periferia.	La struttura delle localizzazioni è rinforzata da effetti cumulativi, che spingono le nuove imprese ad insediarsi in prossimità del centro per ridurre gli effetti di riduzione del livello di informazione determinati dalla distanza. In periferia si possono sviluppare insediamenti di imprese satelliti di quelle localizzate in centro, ma le imprese satellite non possono operare indipendentemente dalla sede centrale. La periferia contiene insediamenti vulnerabili, legati alla domanda delle famiglie.	Sono riconosciuti i problemi legati alla densità dell'informazione e al fenomeno dell'agglomerazione e la centralità dei servizi per lo sviluppo. L'accessibilità relativa ad aree dell'Unione Europea può influenzare la struttura e i risultati di determinate aree al di là dei fattori nazionali.
9	Test empirici sulla capacità di esportazione di determinate aree geografiche e modelli del potenziale economico: Chisholm (1985), Hoare (1985)	Le regioni periferiche sono relativamente autosufficienti e si occupano principalmente di esportare nelle aree confinanti. Le imprese devono adattarsi alle condizioni specifiche ed "evitare" i costi di trasporto attraverso scambi locali o produzioni specializzate.	I modelli del potenziale economico non tengono conto adeguatamente di questi aspetti e non sanno identificare i processi sottostanti che determinano la struttura produttiva.
10	Approcci dinamici della competitività (fine anni '80, anni '90): Vickerman (1989) Interazione e modificazione reciproca dei diversi fattori influenti.	E' possibile tenere in conto la risposta della periferia ai problemi di scarsa accessibilità, ma è difficile modellizzarla	Miglioramento ulteriore della interpretazione dei modelli del potenziale economico.

(cont.)

Tab. 3.6 (cont.) *Riassunto dell'evoluzione delle teorie e dei modelli*

11	Modelli di equilibrio generale concettuale (es. Krugman and Venables, 1994)	A mano a mano che i costi di trasporto si riducono, essi diventano secondari rispetto ad altri costi e quindi la produzione viene decentrata a seconda del vantaggio comparato di ogni regione riguardo ai costi dei fattori.	La spiegazione è in termini di forze attrattive e repulsive. Essa offre interessanti elementi di comprensione dei meccanismi operanti, ma il trattamento deterministico della scelta di localizzazione può costituire un limite della capacità analitica.
12	Modelli di interazione spaziale, es. MEPLAN	Le regioni periferiche sono descritte in termini della loro posizione geografica. Variazioni dell'accessibilità determinate da miglioramenti dell'offerta di trasporto possono dunque essere misurati sia in termini di localizzazione che di distribuzione.	Il modello raccoglie spunti da diverse teorie e somma trasporto, uso del suolo e attività economiche in una struttura integrata. Si può identificare fino a che punto settori dell'economia locale sono dipendenti dagli scambi con l'estero e fino a che punto possono beneficiare di variazioni dell'accessibilità

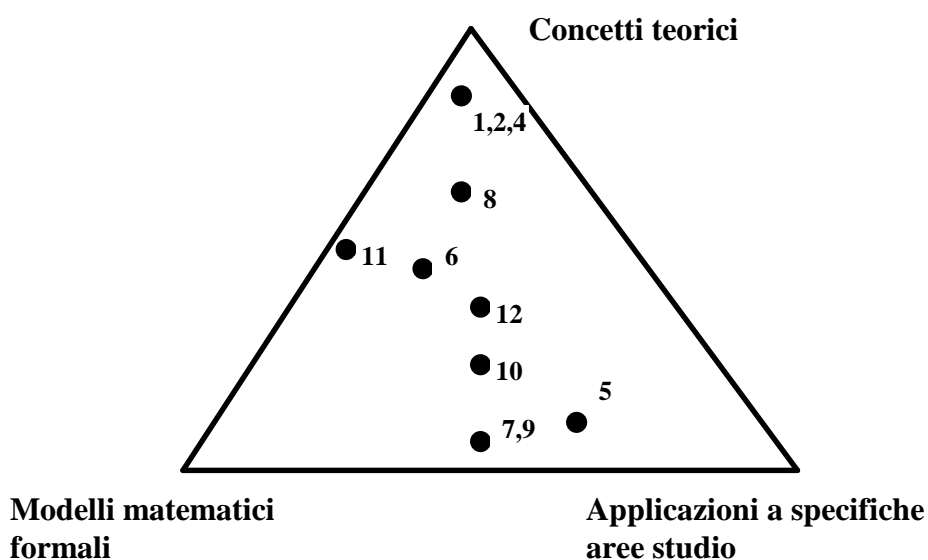
Fonte: CEC (1996)

I tipi di modelli mostrati nella tabella 3.6 possono essere classificati secondo la loro posizione in relazione a tre categorie generali:

- concetti teorici,
- modelli matematici formali,
- applicazioni empiriche a reali aree di studio.

Ciascuno degli approcci descritti nella tabella 3.6 tende, con le sue caratteristiche, verso uno di questi tipi. Tuttavia, particolarmente con i modelli a interazione spaziale, si delinea una tendenza tesa a creare una *mix* dei vari approcci. Per esempio il modello EUNET, che appartiene alla categoria dei modelli di interazione spaziale, si colloca idealmente in una posizione centrale equidistante dalle tre categorie di classificazione, come illustrato nella figura 3.1 qui sotto. La figura 3.1 identifica ciascuna delle categorie precedenti come punti di un triangolo equilatero e indica al suo interno la posizione relativa dei modelli e delle teorie elencate nella tabella 3.6. Si consideri che le posizioni assegnate ai modelli in figura sono indicative e frutto, almeno in parte, di valutazioni arbitrarie.

Fig. 3.1 *Posizione indicativa dei modelli e delle teorie rispetto alle famiglie di approcci*



Nota: i numeri in figura si riferiscono a quelli in colonna 1 nella figura 3.1

Il progetto ASTRA si occupa dei modelli operativi di economia regionale sviluppati per valutare gli impatti di strategie di trasporto. Questi modelli, comunemente conosciuti come modelli di uso del suolo, sono concentrati esplicitamente sulla localizzazione spaziale delle attività. Il lavoro originale di Lowry (1965) ha aperto la strada in quest'area di studio sebbene non includesse la componente relativa alla domanda di spazi. Soltanto alla fine degli anni Sessanta, con gli studi condotti presso l'Università di Cambridge, il mercato del suolo venne esplicitamente introdotto nei modelli strategici (Echenique, 1969; Echenique, 1976). I modelli strategici di uso del suolo generalmente includono le seguenti componenti;

- una componente che simula l'interazione tra settore produttivo e consumo nello spazio: le azioni dei produttori sono rappresentate da funzioni di produzione e quelle dei consumatori da funzioni di utilità del consumo. I costi del trasporto sono introdotti in queste funzioni come una componente che influenza le scelte di consumo e di localizzazione. La formalizzazione più comune è una tavola input-output regionalizzata.
- una componente che simula il mercato del suolo e interagisce con quella precedente. Date le attività localizzate in ciascuna zona e l'offerta di spazio, viene stimata una rendita media per ciascun tipo di terreno (o di superficie residenziale).

L'*output* di queste componenti, cioè lo scambio di lavoro, di beni e di servizi tra le zone, deve essere convertito in matrici di domanda di trasporto che fungono da *input* per un

modello strategico di trasporto. Molti dei primi modelli erano sviluppati per le aree urbane ma da allora le tecniche sono state adattate e applicate ad un livello più strategico e sono quindi utili per esaminare l'impatto spaziale delle iniziative nel campo dei trasporti.

Nello stesso tempo, l'interazione del trasporto con l'uso del suolo genera impatti ambientali, per esempio la congestione causata dall'incremento dell'uso dell'auto dovuta alla dispersione delle attività, porta all'aumento delle emissioni. La maggiore consapevolezza di questi effetti e delle loro implicazioni per il dibattito ambientale, come osservato in precedenza, pone come imperativo che l'applicazione di modelli integrati di uso del suolo e trasporto sia in grado di contribuire alle valutazioni d'impatto ambientale. Questa è una nuova sfida ai modelli esistenti, che devono essere in grado di trattare differenti dinamiche e differenti gradi di risoluzione territoriale allo scopo di simulare gli impatti ambientali a diversi livelli di scala: locale, regionale, nazionale ecc. Un esempio importante è rappresentato dagli USA dove l'ISTEA (cfr. paragrafo 3.3.1) sposta i criteri di valutazione dei nuovi investimenti nel campo dei trasporti dai risparmi del tempo di percorrenza ai benefici ambientali come la qualità dell'aria o la riduzione degli spostamenti con veicoli privati con il solo conducente a bordo.

Sebbene ci siano molti modelli di trasporto e uso del suolo, la maggior parte, se non tutti, tiene conto degli effetti ambientali solo in modo limitato. Di recente alcune funzionalità di modelli sono state estese per incorporare indicatori ambientali; il progetto SPARTACUS è un esempio in questa direzione (si veda al paragrafo 3.3.5.4).

3.3.3 Tecniche correntemente in uso

Lo studio APAS (CEC, 1996) ha identificato sei principali gruppi di tecniche utilizzate per esaminare gli impatti spaziali socioeconomici e di economia regionale dei provvedimenti strategici di politica dei trasporti. Certamente non tutte le tecniche hanno la stessa complessità e in particolare il primo gruppo, quello delle interviste, è da intendersi in molti casi come supporto per l'applicazione di metodologie più elaborate.

Interviste e questionari

Questi metodi sono utilizzati da tempo nelle ricerche di mercato ed è stata condotta una grande quantità di indagini presso le famiglie allo scopo di rilevare dati per la calibrazione e validazione di parecchi modelli di uso del suolo e del trasporto. Questi metodi comprendono sia indagini di "preferenze rivelate" che raccolgono informazione sulla base delle esperienze reali dei soggetti coinvolti, sia indagini di "preferenze dichiarate" che si fondano su risposte fornite riguardo a scenari ipotetici di cambiamenti dell'offerta di trasporto.

Interviste e questionari nel campo della valutazione degli impatti territoriali hanno avuto un'applicazione piuttosto limitata, tuttavia tra gli studi che hanno utilizzato questa tecnica si possono citare lo studio di Bonnafous sugli impatti regionali del TGV in Francia (Bonnafous, 1987) e lo studio Peida (Peida, 1984) dedicato ai costi del trasporto nelle aree periferiche.

Un'ulteriore variante in questa famiglia di metodi, adottata per misurare benefici socioeconomici in termini più generali è la tecnica Delphi. Essa consiste nel raccogliere l'opinione di un gruppo di esperti in modo indipendente e in tornate successive. I questionari utilizzati mettono a disposizione di ogni esperto una elaborazione delle opinioni raccolte nella tornata precedente e verificano se il singolo interpellato vuole modificare le proprie valutazioni sulla base delle opinioni precedenti nel gruppo degli interessati. Le caratteristiche distintive del metodo Delphi sono dunque:

- l'anonimato (ogni esperto interpellato non conosce l'identità degli altri),
- l'effetto di *feedback* che le opinioni raccolte hanno sulle risposte della tornata successiva,
- il valore statistico delle risposte (che sono quindi espresse in termini quantitativi e non meramente qualitativi).

Le tornate si susseguono fino a che non sia raggiunto un consenso o non sia chiaro che non è possibile raggiungerlo. Uno studio Delphi è stato usato per localizzare la crescita nell'attività economica in alcune zone degli USA (Gamble and Pearson, 1993).

Gli approcci di "Profilo"

Questo gruppo include le tecniche - come l'analisi di regressione - in cui gli elementi infrastrutturali che si suppone influenzino lo sviluppo regionale vengono introdotti come variabili esplicative degli indicatori di benessere regionale in modo da derivare equazioni che possono essere usate a scopi di previsione. L'assunzione implicita è dunque che la relazione statistica stabilita nella situazione di base si manterrà valida anche nel futuro e quindi, aggiornando i valori delle variabili indipendenti all'anno di previsione, si possano derivare le previsioni per le variabili dipendenti (gli indicatori di benessere regionale).

Tuttavia, è bene tenere presente che l'esistenza di una relazione statistica tra il sistema di trasporto e lo sviluppo economico non implica l'esistenza di una relazione causale. A questo approccio potrebbero quindi sfuggire le interazioni che intervengono tra lo sviluppo economico e altre variabili indipendenti appartenenti a differenti settori dell'economia regionale.

Il progetto ECOPAC (vedi più avanti) è un esempio dell'implementazione di questo tipo di approccio. Questo progetto sta esaminando, a livello aggregato, i benefici degli investimenti nei trasporti rispetto ad altri tipi di investimento. I risultati del progetto, in questo momento, sembrano indicare una forte associazione tra il miglioramento dell'infrastruttura e l'occupazione ma senza effetti di rilocalizzazione.

Metodi di potenziale economico

La teoria dietro a questa tecnica è che il potenziale economico di una regione è una funzione della sua capacità produttiva. Questa capacità è generalmente rappresentata dalla popolazione dell'area o dalla forza lavoro e dai mercati che può servire. Ai mercati viene assegnato un peso che rappresenta il livello di accessibilità alla regione per la quale si sta calcolando la misura del potenziale economico. Questa misura tenderà a zero per le regioni più distanti. La misura dell'accessibilità può poi essere moltiplicata per la grandezza del mercato in ciascuna regione di destinazione (popolazione); sommando i valori per ciascuna regione di origine si ottiene un indice di accessibilità per quella regione. Questo processo viene svolto per tutte le regioni dell'area di studio.

Una delle applicazioni chiave in quest'area è il lavoro sull'Europa realizzato da Keeble et al (1986) che utilizza il potenziale economico come un *proxy* della perifericità della regione. Tuttavia, uno dei difetti di questo tipo di studio è che l'effetto "frenante" determinato dalla necessità di trasportare da una regione all'altra è misurato in termini di distanza e quindi i piani di trasporto non hanno un effetto diretto sulla perifericità/centralità anche nel momento in cui producono risparmi di tempo e/o di costo che possono condurre a benefici. Oosterhaven et al (1988) hanno applicato una tecnica simile per valutarne degli impatti dei piani dell'alta velocità ferroviaria nei Paesi Bassi ma utilizzando il tempo dello spostamento piuttosto che la distanza come misura dell'accessibilità. Rietveld (1988) ha suggerito che i metodi di potenzialità economica potrebbero essere ulteriormente migliorati introducendo quattro modifiche;

- prendere in considerazione l'importanza relativa del trasporto per ciascuna coppia di zona origine-destinazione,
- permettere alla divisione modale di cambiare in risposta alle politiche dei trasporti che vengono considerate,
- includere il tempo di accesso oltre che i tempi a bordo del mezzo,
- si dovrebbe misurare in qualche modo anche il tempo di spostamento intrazonale per permettere di tenere in considerazione le differenti dimensioni delle zone.

La metodologia del potenziale economico è stata usata per sviluppare un modello per l'intera Comunità Europea e l'EFTA (Area Europea di Libero Scambio) in grado di analizzare

gli impatti regionali del Tunnel della Manica (Simmonds, 1992). L'implementazione di questo modello è descritta in CEC, 1996. Una critica all'analisi di tipo potenziale è che essa è statica e non considera in alcun modo l'interazione tra il cambiamento nell'accessibilità e il cambiamento economico, né i guadagni conseguibili con aumenti di efficienza del sistema dei trasporti.

Un vantaggio di questo approccio è che esso rappresenta un'analisi multi-regionale, in cui il cambiamento relativo di accessibilità è importante tanto quanto il cambiamento assoluto per ciascuna regione (Keeble et al, 1982). Tuttavia ci sono dei limiti. L'approccio è basato in modo predominante sulla domanda, fa affidamento sulle misure del mercato di un'area come sulle stime del potenziale di quest'area. L'approccio non permette cambiamenti dell'insieme della produzione regionale o dei cambiamenti nella tecnologia che conducono ad aumenti di efficienza e dunque a cambiamenti di domanda indotti da effetti di prezzo (Vickerman, 1992).

Le tecniche di input-output

L'analisi input-output è un metodo per quantificare sistematicamente le interrelazioni tra i vari settori di un complesso sistema economico che potrebbe essere una regione, un paese o un insieme di paesi. Nell'analisi input-output la struttura di ciascun processo di produzione del settore è definito da un vettore di coefficienti strutturali che descrivono, quantitativamente, la relazione tra gli input che assorbe e gli output che produce. L'interdipendenza tra i settori dell'economia data è descritta da un insieme di equazioni lineari che esprimono il bilanciamento tra gli input totali e l'output aggregato di ciascuna merce o servizio prodotto nel corso di uno o più periodi di tempo. Quindi, la struttura del sistema può essere rappresentata da una matrice di coefficienti tecnici input-output che descrivono il flusso di beni e servizi tra tutti i settori in un dato periodo di tempo (Leontief, 1986.).

Il concetto base è che la produzione di ogni settore consuma i prodotti di altre attività economiche, che a loro volta per essere prodotti consumano, come input, prodotti di altri settori, ecc. L'economia dell'area di studio è rappresentata da un certo numero di industrie manifatturiere che originano domanda di trasporto merci e da altri settori dei servizi che generano domanda per i movimenti di passeggeri sia per ragioni di lavoro che personali. Derivando dalla teoria della base economica, il punto d'inizio per il sistema economico è la domanda finale che include i consumi privati della popolazione, i consumi degli enti pubblici e di altri enti no-profit, l'investimento e l'esportazione di beni e servizi verso paesi esterni all'area del mercato interno. Le importazioni del mercato interno sono trattate come un input esogeno.

Generalmente la domanda finale, dovuta all'investimento in un progetto, viene introdotta nel modello e consuma input in un modo che è definito dai coefficienti di domanda nella tavola input-output.

Questa tecnica è stata adottata in molti studi per esaminare gli impatti ad ampio raggio degli investimenti infrastrutturali sull'economia a livello regionale o più ampio. Una comune estensione è quella di includere la modellizzazione input-output come un sotto modello all'interno di più ampi modelli di interazione spaziale (vedi più avanti).

La "classica" tecnica input-output ha una diffusa applicazione nella previsione di impatti diretti socio-economici ma un più limitato uso nel considerare gli impatti relativi ai miglioramenti nell'accessibilità. Sebbene alcune metodologie permettono un esame dell'effetto totale sull'occupazione nell'area, essi non considerano la localizzazione spaziale dell'occupazione all'interno dell'area o l'impatto che l'espansione di un fattore potrebbe avere nelle regioni confinanti. Tuttavia, come notato sopra questo difetto può essere superato se l'approccio "classico" viene esteso a includere una componente spaziale per allocare la crescita prevista a livello sub-regionale. Questo può essere fatto grazie all'incorporazione diretta dei costi di trasporto nel modello spaziale input-output attraverso l'uso di un modello dei trasporti multi-modale collegato. In pratica, i coefficienti relativi ai costi di input dei rami dei servizi di trasporto nella tavola input-output sono messi a zero e i relativi costi sono sostituiti da quelli ricostruiti dal modello dei trasporti multi-modale collegato.

Questo approccio è stato adottato nel modello DGVX precedentemente menzionato (TRT, 1997). Nel tempo, i cambiamenti nel costo di trasporto per ogni modo e percorso derivanti da investimenti infrastrutturali, aumento della concorrenza o della produttività, ecc. entrano a far parte direttamente dei costi che i produttori, nelle diverse zone, devono affrontare per acquisire gli input necessari.

Esistono in pratica diverse difficoltà da superare, incluso il fatto che i rami del servizio di trasporto nelle tavole input-output non includono tutti gli input di trasporto il che significa che lo scontare i costi dei rami di trasporto, in casi normali, non evita completamente il doppio conteggio. Tuttavia, con tutte le imperfezioni nel conteggio del costo, i rami del trasporto danno conto di un'ampia separazione dell'input di trasporto nei servizi così come nella produzione. La futura ricerca nella composizione dei coefficienti tecnici potrebbe rivelare fino a che punto il costo degli input include anche implicitamente spese di trasporto.

Ancora, allo stato attuale di sviluppo di questa metodologia, mentre in sede previsiva i cambiamenti nei costi di trasporto possono essere esplicitamente modellizzati, i coefficienti tecnici vengono mantenuti fissi. Questo è un limite perché impedisce di modellizzare esplicitamente cambiamenti dei coefficienti tecnici che possono intervenire in

diverse branche. D'altro canto, i coefficienti fissi consentono di misurare l'effetto del trasporto sull'economia locale a parità di altre condizioni.

In terzo luogo, sebbene le tavole nazionali input-output siano pubblicate con una certa frequenza, esse possono non essere accurate a un livello sub-regionale/regionale. Il problema è più grave se le regioni sono molto differenti nelle loro relative dotazioni.

Gli approcci input-output classici non sono in grado di includere le famiglie tra i fattori della tavola, ma assumono che la domanda delle famiglie possa essere rappresentata esogenamente come domanda finale. Occorre estendere l'approccio classico di Leontief per includere le famiglie nella struttura input-output e questo è ciò che il IV Progetto Quadro EUNET si propone. EUNET, similmente al modello DGXV, incorpora anche la modellizzazione esplicita dei costi di trasporto nella struttura input-output.

Il vantaggio del modello input-output associato a un modello di scambio rispetto all'approccio del potenziale è che esso può identificare fino a che punto i settori nell'economia regionale sono più o meno dipendenti dallo scambio e quindi fino a che punto essi beneficeranno dal cambiamento nell'accessibilità (Vickerman, 1992).

I modelli di equilibrio generale

Similmente alle tecniche input-output descritte sopra, i modelli di equilibrio generale (GEMs) si basano su relazioni economiche inter-settoriali. Tradizionalmente i modelli GEM identificano un gruppo di consumatori con una dotazione iniziale di merci e un set di preferenze. Le preferenze determinano le funzioni di domanda delle famiglie per ciascuna merce, la domanda complessiva del mercato è data dalla somma delle domande individuali. La domanda dipende dal prezzo e si assume che sia soddisfatta la legge di Walras (cioè, che per ciascun insieme di prezzi il valore totale della spesa di ciascun consumatore eguagli il suo reddito).

Dal lato della produzione, si assume che i produttori massimizzino i profitti. L'equilibrio si determina in corrispondenza di un insieme di prezzi relativi e livelli di produzione per ogni industria a cui corrisponda una domanda di mercato pari all'offerta. In conseguenza dell'assunzione che i produttori massimizzino il profitto, si opera in un contesto di concorrenza perfetta, in cui nessuna attività può migliorare la propria condizione di equilibrio.

I modelli di equilibrio generale possono essere divisi in modelli concettuali semplificati e modelli operativi orientati alle politiche, la differenza tra i due è spiegata di seguito.

Modelli concettuali semplici

Il più rilevante di questi è quello proposto nella serie di pubblicazioni di Krugman and Venables (Krugman and Venables, 1994). Questo modello cerca di fornire una spiegazione economica non neoclassica (e quindi esulando in parte dalle regole generali appena descritte per questa categoria di modelli) del comportamento localizzativo di differenti attività a diversi livelli (urbano, regionale, ecc.). Esso si concentra specificatamente sulla spiegazione della concentrazione spaziale delle attività. La spiegazione è fornita in termini di forze di attrazione (incrementi di profitto alla scala di produzione, competizione imperfetta, costi spaziali, integrazione verticale nella produzione) e di repulsione (competizione nel mercato e alti costi nei fattori di produzione come il lavoro). L'attenzione del modello concettuale è di fornire un meccanismo per rappresentare vari comportamenti localizzativi. Questa formulazione semplificata ha una lunga tradizione rintracciabile in Von Thunen (1826) ma attinge particolarmente al modello di Dixit-Stiglitz di competizione monopolistica (Dixit and Stiglitz, 1977) che affronta l'economia in termini di comportamento del consumatore, costi di trasporto e offerta di lavoro e prodotti.

Modelli macroeconomici operativi

La maggior parte dei modelli macroeconomici convenzionali quando sono impiegati operativamente descrivono le conseguenze a breve e medio periodo delle politiche ma non considerano gli effetti dei miglioramenti dell'offerta, il che limita la loro capacità di descrivere le relazioni di lungo periodo. Quindi essi non sono adatti per la valutazione di politiche strategiche. Tuttavia i modelli CGE (Modelli Computazionali di Equilibrio) specificano le relazioni esplicite di domanda e offerta e fanno riferimento ad un mercato operante in condizioni di equilibrio. Così essi forniscono una miglior rappresentazione dei risultati di lungo periodo, in cui si assume che i mercati siano appunto in equilibrio.

Esistono alcuni buoni esempi di modellizzazione all'equilibrio generale nel contesto Europeo come per esempio E3ME (Modello Energetico - Ambientale - Economico) sviluppato da un team internazionale capeggiato da *Cambridge Econometrics*. Si tratta di un modello macroeconomico generale che è stato applicato agli aspetti connessi tanto allo sviluppo quanto alle politiche nell'area dell'economia, dell'ambiente e dell'energia. (Barker, Ekins and Johnstone, 1995). E3ME combina le caratteristiche di un modello settoriale di breve e medio periodo stimato attraverso metodi econometrici con un modello di lungo periodo di tipo CGE, fornendo un'analisi del movimento dei livelli di equilibrio di lungo periodo per gli indicatori principali in risposta ai cambiamenti di politica. Il modello è strutturato per simulare i cambiamenti nei settori industriali, e quindi fornisce una buona base per la previsione delle tendenze complessive delle economie, ma non ha l'abilità di esaminare argomenti quali i cambiamenti nella politica del trasporto. Inoltre, non c'è nessuna esplicita rappresentazione di una rete di trasporto e non vengono prodotte informazioni specifiche sul mercato del trasporto a parte quelle necessarie al funzionamento complessivo del modello.

La modellizzazione macroeconomica è in grado di contribuire alla modellizzazione dell'economia regionale in molti modi. Ad esempio i modelli operativi possono fornire previsioni macroeconomiche generali a livello nazionale, che possono essere utilizzate come punto di partenza per i modelli economico-regionali (REM). Di questo si parlerà a proposito del progetto EUNET.

Modelli di simulazione delle interazioni spaziali

I primi modelli di interazione spaziale regionale e urbana tendevano ad essere basati sull'analogia gravitazionale dove l'interazione tra due zone è proporzionale al numero delle attività in ciascuna zona e inversamente proporzionale alla disutilità generate dallo spostamento tra esse. Questa disutilità era rappresentata dalla distanza dello spostamento, dal tempo, dal costo o da una combinazione di questi, di solito denominata costo generalizzato.

Quest'approccio complessivo alla modellizzazione include una rappresentazione dinamica dell'interazione tra il modello di simulazione dell'economia regionale e del trasporto. Mentre la maggior parte dei primi modelli erano sviluppati per le aree urbane, molte delle tecniche sono state via via adottate ed applicate a un livello più strategico e sono, quindi, rilevanti per l'analisi d'impatto socioeconomico delle iniziative del trasporto. Inoltre, molte delle prime applicazioni erano rivolte all'analisi della domanda di trasporto piuttosto che all'analisi degli effetti del trasporto sulla localizzazione delle attività economiche.

Modelli gravitazionali

Gli approcci gravitazionali di base alla modellizzazione dell'impatto del trasporto sulla localizzazione delle attività (modelli con vincolo singolo, modelli con doppio vincolo e modelli non vincolati) rappresentano solo un approccio parziale per esaminare queste relazioni per il fatto che essi tendono a simulare l'interazione tra una parte del sistema regionale e il trasporto a parità di tutti gli altri elementi del sistema regionale. In realtà, il sistema è continuamente in evoluzione con differenti elementi che interagiscono simultaneamente.

Similmente agli approcci di profilo essi sono modelli di equilibrio statico che simulano il sistema regionale in un dato istante temporale con l'assunzione che le relazioni stabilite nell'anno base si manterranno valide nel futuro. Le previsioni sono prodotte facendo funzionare il modello dopo aver aggiornato esogenamente le variabili di input. In realtà, invece, il sistema evolve dinamicamente attraverso il tempo e potrebbe essere rappresentato con modelli dinamici basati su serie temporali di dati.

Modelli di interazione spaziale generale

I modelli generali che simulano l'allocazione e l'interazione tra diversi tipi di attività e il trasporto possono fornire rappresentazioni più realistiche mettendo insieme modelli di gravitazione parziale, per coprire l'allocazione di diverse attività, o estendendo le tecniche di modellizzazione gravitazionale con l'utilizzo di un approccio del tipo Lowry (Lowry, 1964). L'approccio Lowry ha formato la base per molte delle tecniche operative disponibili oggi per valutare l'impatto del trasporto sulle strutture urbane e regionali. In molti casi l'approccio di base del tipo Lowry è stato modificato incorporando una struttura input-output, per dare una più completa rappresentazione dell'economia regionale. È stata sviluppata un'ampia gamma di modelli a interazione spaziale applicata, anche se nella maggior parte dei casi si tratta di applicazioni a scala urbana. Wegener (1994; 1996) fornisce un utile riassunto delle tecniche correntemente utilizzate nel mondo.

Alla scala interregionale e internazionale esistono meno applicazioni, sebbene in teoria molti dei metodi sviluppati in contesto urbano possono essere estesi a coprire le necessità della modellizzazione regionale.

Meplan

Il modello Meplan, sviluppato da ME&P è un approccio complessivo alla modellizzazione che può essere utilizzato per stimare gli impatti spaziali socioeconomici delle iniziative della politica dei trasporti. Esso è composto di tre sotto-modelli: un modello d'interazione spaziale/economia regionale, un modello di trasporto, e un modello di interfaccia. Il primo dei tre sotto modelli è quello rilevante ai fini di questa rassegna di approcci. I meccanismi generali del modello economico-spaziale sono descritti in CEC (1996), la parte più complessa di questo modulo rappresenta i collegamenti economici e spaziali tra le attività e l'uso del suolo in un particolare momento nel tempo.

Un modello input-output è utilizzato per fornire i meccanismi basilari che guidano il modello, assumendo che la domanda di beni, lavoro, servizi e terreno o superficie residenziale sia, in generale, generata dalla produzioni di altri beni e servizi. A differenza del classico approccio input-output MEPLAN permette alle relazioni tra input e output di variare con il consumo essendo beni, servizi e spazio, una funzione dei prezzi e del reddito. I prezzi di produzione e reddito sono calcolati all'interno del modello input-output e per ciascuna relazione possono variare tra zone e nel tempo.

In questo modo l'approccio MEPLAN combina molte delle metodologie già discusse includendo le potenzialità, i profili, le relazioni input-output e un semplificato modello di tipo GEM. In ciò esso rappresenta bene l'approccio oggi prevalente, in cui i metodi finora esaminati non sono mutuamente escludentisi, ma piuttosto gli aspetti più appropriati di ciascuno di essi vengono utilizzati in modo integrato. Esistono molti esempi di applicazione del modello MEPLAN a livello regionale ad esempio in Cile (Echenique et al, 1994) e a Londra e della regione del Sud Est inglese (LASER), (Williams, 1994). Il modello LASER è

stato successivamente usato per analizzare gli effetti di diverse ipotesi sugli input del modello, ipotesi riguardo ai livelli di offerta e costo di trasporto e al grado con cui un nuovo sviluppo potrebbe essere incoraggiato o limitato in località particolari del Sud Est inglese (ME&P, 1995). Questo approccio è stato utilizzato anche a scala Europea includendo la valutazione, in termini di sviluppo economico delle regioni all'interno della Comunità Europea per la DGXVI (Williams and Rohr, 1992) e, più recentemente, nel modello della DGXV del 1996 che è stato utilizzato per quantificare l'impatto dei miglioramenti nel costo di trasporto e della qualità del servizio sull'efficienza del funzionamento del mercato interno (TRT, 1997).

Hunt e Simmonds (1992) identificano una debolezza potenziale a livello teorico riguardante il contesto del trattamento di dinamica ed equilibrio all'interno del sistema urbano. Gli autori argomentano che una più esplicita rappresentazione delle dinamiche determinate dall'evidente disequilibrio del mondo reale, potrebbe migliorare la rappresentazione del modello.

Altre Tecniche

Sistemi Dinamici

Bell (1997) ha utilizzato un sistema dinamico per modellizzare l'allocazione spaziale delle famiglie e dell'occupazione al fine di investigare se l'intensificazione delle limitazioni del traffico nelle città attraverso pedaggi al cordone o contingentamento degli accessi può avere un impatto di lungo periodo sulla capacità dell'area sottoposta a restrizioni di attrarre e trattenere residenze e posti di lavoro. Nel modello l'allocazione spaziale dipendeva dal costo degli spostamenti per lavoro, che era anche funzione della dipendenza dall'auto e dall'efficienza del trasporto pubblico. Questo studio ha considerato un modello veramente semplificato che consisteva solo di due zone.

Questo solleva dei problemi di appropriatezza ed efficienza dell'utilizzo di questi metodi. Un modello di sistema dinamico può modellizzare esplicitamente la dimensione temporale, ma ciò potrebbe andare a detrimento della possibilità del modello di trattare le relazioni spaziali se non a costo di utilizzare notevoli risorse in termini di capacità computazionale.

Nel valutare questo approccio è importante considerare che cosa è più importante modellizzare esplicitamente, se la dimensione spaziale o quella temporale. In sostanza, la scelta è tra una modellizzazione dell'evoluzione temporale o un modello che compia un'analisi riferita a un dato istante temporale.

C'è un'ulteriore questione, e cioè se in un approccio dinamico sia possibile separare le dinamiche locali da quelle generali a livello strategico. Se si considerano irrilevanti le dinamiche locali si potrebbe perdere la capacità di mettere in relazione gli impatti con la

struttura geografica. Poiché la maggior parte delle politiche di uso del suolo e del trasporto hanno effetti distributivi la cui componente spaziale è importante questa limitazione deve essere attentamente valutata in relazione ai requisiti richiesti riguardo alla previsione degli effetti delle politiche in esame.

Tecniche GIS

I sistemi GIS (Geographic Information Systems) stanno suscitando un'attenzione crescente come strumenti di valutazione degli impatti locali e regionali. Essi possono essere utilizzati per definire spazialmente l'area per la quale la valutazione sarà effettuata e possono essere usati per definire spazialmente le informazioni sulla popolazione residente e sugli addetti in quell'area. Si stanno inoltre sviluppando nuovi strumenti utili per analizzare gli impatti. Tra gli esempi di applicazioni che hanno sfruttato la potenzialità dei GIS si può citare il sistema di modellizzazione dell'accessibilità sviluppato da Howard Humphreys Transport Planning per misurare l'accessibilità a differenti singole localizzazioni (Hardcastle and Cleve, 1995).

Uno dei limiti dei sistemi GIS che è stato frequentemente sottolineato è la mancanza di funzioni modellistiche e c'è un generale accordo sul fatto che il futuro successo delle tecniche GIS dipenderà dall'incorporazione di maggiori capacità analitiche e di modellizzazione (Birkin et al 1987).

Un approccio guidato al modello è stato adottato e sviluppato alla Leeds School of Geography e alla sua compagnia associata GMAP per sviluppare sistemi GIS "intelligenti", modificati in base alle necessità dei decisori. Questo approccio ha il vantaggio di poter valutare gli impatti distributivi tra gli individui, le famiglie o le aree geografiche (si veda Birkin et al 1990).

Il sistema di modellizzazione si basa sui concetti di gravitazione menzionati precedentemente nella sezione 3.3.3 e quindi ha la potenzialità di valutare le implicazioni localizzative dei cambiamenti nell'offerta di trasporto. Di ciò si è avvalso il progetto SASI, che ha esaminato gli impatti socioeconomici e spaziali dei TENS in termini di cambiamento nell'accessibilità utilizzando una piattaforma GIS per l'analisi. L'approccio adottato in SASI è commentato ulteriormente più avanti. Le tecniche GIS sono state usate anche nel progetto SPARTACUS (vedi al 3.3.5.4) in modo da disaggregare a livello di microzone gli impatti ambientali - come il rumore e le emissioni gassose - che sono fortemente correlati con la localizzazione delle infrastrutture di trasporto, delle industrie e dei corridoi di traffico.

L'integrazione dei GIS con approcci complessivi alla modellizzazione regionale ha fornito, recentemente, uno strumento alternativo per la valutazione strategica d'impatto socioeconomico. I GIS hanno aperto nuovi tipi di analisi e accresciuto l'utilizzabilità di modelli spaziali più elaborati.

Tecniche Qualitative

Esiste un'ampia gamma di tecniche quantitative che sono state utilizzate per misurare gli impatti spaziali socioeconomici delle iniziative strategiche nel trasporto, tuttavia esistono anche esempi di analisi qualitative di questi effetti.

Un esempio è la valutazione degli impatti di una nuova linea ad alta velocità ferroviaria da Helsinki alla Finlandia dell'est. Un tradizionale modello a quattro stadi è stato usato per stimare gli effetti diretti del trasporto della linea, ma, una metodologia qualitativa dello scenario è stata usata per esaminare un gruppo di effetti aventi un impatto sullo sviluppo della struttura urbana.

3.3.4 Rassegna dei modelli strategici

In questa sezione vengono analizzati numerosi progetti nell'ambito del IV Programma Quadro della Commissione Europea che hanno una rilevanza rispetto a quanto discusso nelle pagine precedenti.

EUNET

Il programma di ricerca EUNET coinvolge la modellizzazione e la valutazione degli impatti socioeconomici delle iniziative di trasporto nell'Unione Europea. Uno dei compiti è lo sviluppo di una metodologia di modellizzazione per rappresentare l'interazione tra il trasporto e la distribuzione di impatti socioeconomici attraverso lo spazio e il tempo, cosicché, gli impatti delle iniziative legate al trasporto (sia gli impatti diretti sul trasporto sia gli impatti più ampi a livello socioeconomico e di sviluppo regionale) possano essere previsti in una forma che possa essere inclusa in un pacchetto operativo di valutazione delle politiche. Questo sarà un prototipo per una nuova generazione di modelli per la simulazione e la previsione capaci di utilizzare pienamente insieme di dati aggiornati, metodi e modelli di previsione macroeconomica, analisi di economia regionale e modelli strategici di trasporto.

Il modulo del Modello di Economia Regionale (REM) è il cuore di EUNET. Esso consiste di:

- una struttura input-output regionalizzata che rappresenta il settore primario, il settore secondario e i servizi:
- stime della domanda per spostamenti personali,
- tutti i tipi di attività economica.

In aggiunta:

- la calibrazione del modello può prendere in considerazione le limitazioni potenziali alla crescita economica e processi storici di localizzazione;
- in modo simile al modello DGVX (TRT, 1997), da una parte il REM serve come una procedura per stimare le matrici origine-destinazione della domanda per il trasporto merci, basata sugli scambi internazionali di merci generate dalle industrie, e per viaggi di lavoro basati sullo scambio di servizi. Dall'altra parte esso stima l'impatto dell'accessibilità del trasporto sul costo di produzione e consumo e quindi aggiusta la localizzazione delle industrie in ciascuna regione.

Uno degli aspetti principali della ricerca EUNET è il fatto che essa estende il contesto input-output al cuore del REM e questo può rappresentare una possibile occasione per utilizzare quel modello per stimare i guadagni netti di occupazione e prodotto lordo derivanti dai progetti di trasporto. Come si è osservato precedentemente, il modo in cui le tavole input-output di Leontief sono correntemente applicate fornisce un approccio coerente per rappresentare le relazioni tra differenti settori economici, ma sono necessari dei miglioramenti per corrispondere ai requisiti di EUNET per valutare l'impatto socioeconomico delle iniziative di trasporto. A questo fine la ricerca di modellizzazione di EUNET pone attenzione su;

- l'incorporazione delle famiglie e dell'occupazione nella struttura input-output,
- il collegamento tra occupazione e consumatori,
- l'introduzione di costi di trasporto modellizzati.

Nelle sezioni seguenti si descrive brevemente come vengono affrontati questi aspetti.

Introduzione delle famiglie e dell'occupazione nella struttura input-output

Nella tavola standard input-output il consumo delle famiglie è definito come il valore monetario della domanda totale dell'output di ciascuna industria. Non c'è quindi relazione diretta con il numero delle famiglie (intese come consumatori). Se si vuole introdurre questo elemento è necessario rimpiazzare il valore totale della domanda di con il numero delle famiglie e il consumo medio per famiglia in modo tale che il prodotto di queste due componenti eguagli la somma originaria nella tavola input-output.

Le famiglie possono essere introdotte distinguendo diversi gruppi socioeconomici così che si possano valutare gli effetti delle variazioni dei prezzi dei beni determinate dal trasporto sul costo della vita di ciascun gruppo socioeconomico.

In modo simile, la tavola di base input-output rappresenta l'occupazione per mezzo dei salari lordi come parte del valore aggiunto. Per stimare i cambiamenti nella domanda di lavoro in termini di numero di occupati è necessario anche in questo caso rimpiazzare il

valore monetario. Anche in questo caso è preferibile includere diverse categorie di occupati cosicché i cambiamenti possono essere analizzati in dettaglio.

Collegamento tra occupazione e consumatori

La tavola input-output di base non contiene collegamenti tra i consumatori finale e l'offerta di lavoro, il che significa che un cambiamento della domanda di lavoro non influisce sul livello del consumo. Tuttavia, le famiglie hanno un doppio ruolo sia come consumatore sia come produttore di lavoro. In EUNET si intende fornire questa connessione cosicché i cambiamenti nell'occupazione implicano cambiamenti nella domanda finale del consumatore, e il costo della vita è riflesso nei costi del salario. È dunque necessaria una matrice di coefficienti che rappresenti il modo in cui i diversi gruppi di famiglie rappresentano l'offerta di lavoro per i diversi settori produttivi.

Introduzione dei costi di trasporto modellizzati

La struttura input-output rappresenta il settore del trasporto per modo. Una tipica struttura input-output assume che il costo del trasporto è un input costante per le industrie ovunque siano localizzate. In EUNET si intende rimuovere questa ipotesi di indipendenza spaziale dei costi di trasporto nel modello di economia regionale (REM) fornendo a quest'ultimo i costi del trasporto stimati da un modello di trasporto multi-modale cosicché sia considerata una diversa spesa per il trasporto, per le industrie e per i consumatori, a seconda della loro localizzazione.

Il modello in EUNET considera tutti i componenti del Prodotto Interno Lordo (PIL) come input esogeni e non varia con differenti alternative di politica dei trasporti. Tuttavia fornisce un'indicazione dei cambiamenti potenziali dei costi per le industrie e le famiglie che risultano da variazioni nell'offerta di trasporto attraverso la valutazione di tutti gli effetti del moltiplicatore nel sistema basato su una matrice di coefficienti fissi, raggiungendo nel contempo una nuova configurazione di equilibrio di costi e prezzi. Questi effetti possono portare un aumento marginale netto del PIL rispetto a quanto potrebbe essere stimato da una previsione su base macroeconomica. Connettendo il REM alle previsioni macroeconomiche la struttura del modello EUNET si svincola da molti dei problemi determinati dall'analisi temporale di equilibrio generale e produce una struttura del modello più semplice. La sezione successiva esamina in maggior dettaglio la natura del collegamento tra la struttura input-output del modello EUNET e la previsione macroeconomica.

Il collegamento con le previsioni macroeconomiche - Senza retroazione sul Prodotto Interno Lordo

Prima di EUNET, nella maggior parte delle applicazioni precedenti di un REM, agli outputs del modello non era consentito retroagire e influenzare le assunzioni macroeconomiche esterne. In altre parole, il PIL totale e l'occupazione totale per l'area di studio erano fissi e non venivano cambiati dalle opzioni di politica provate. Quindi, un REM con una previsione macroeconomica fissa può solo simulare lo spostamento della produzione industriale (e quindi dei posti di lavoro) e delle famiglie (sia come forza lavoro che come consumatori finali) tra regioni interne all'area di studio. Preparato questo modo, il REM non è in grado di prevedere nessun cambiamento netto negli indicatori economici, quali il PIL, nel numero di posti di lavoro. In questo caso, il miglioramento di una regione è una perdita per un'altra regione: complessivamente è un gioco a "somma zero".

Per molte semplici applicazioni è interessante conoscere gli effetti di spostamento, soprattutto se gli spostamenti rappresentano un problema e se gli effetti sul PIL e sull'occupazione complessiva sono verosimilmente trascurabili.

Convenzionalmente, il modello economico regionale prende come dato l'ammontare totale di consumo privato, consumo pubblico, investimento, tasse/sussidi, import ed export per la politica annuale. Per differenti scenari di trasporto della stessa politica annua, l'ammontare totale del PIL è invariato. In altre parole, il modello assume che il PIL totale non cambi con differenti alternative di progetti/politiche di trasporto.

La tavola input-output all'interno del modello economico regionale stima la produzione intermedia, la alloca nelle zone, e calcola i costi di produzione (di beni intermedi) e consumo (di tutti i beni) in ciascuna zona. I costi del trasporto sono presi in considerazione quando si calcolano i costi della produzione e del consumo. I costi generalizzati di trasporto (cioè i costi monetari più una valutazione del tempo e di altri attributi della qualità del servizio) influenzano la localizzazione della produzione intermedia.

Dei costi monetari associati alla distribuzione risultante dell'uso del suolo si tiene conto separatamente, così come dei costi degli input materiali, del lavoro, ecc. In questo senso il modello EUNET ha la capacità di riflettere i cambiamenti nell'offerta di trasporto e di mettere in conto le implicazioni in termini di costo di questi cambiamenti. Il modello, quindi, fornisce un'indicazione dei cambiamenti potenziali dei costi di produzione che risultano dal cambiamento nel trasporto.

Ad esempio, una riduzione delle tariffe sulle merci significa che il costo di certi input diventa meno costoso, il che, per mezzo dei coefficienti fissi input-output, causa la diminuzione dei costi degli output nel modello. Siccome nel modello il reddito delle famiglie è legato all'indice dei prezzi dei beni, questo si traduce in un minor costo della vita, il che porta a minori costi del lavoro. I minori costi del lavoro a loro volta, riducono ancor di più i costi degli input materiali. Il modello è in grado di considerare in modo coerente tutti gli effetti di equilibrio generale nel sistema, sebbene sia basato su una matrice di coefficienti fissi.

Nel momento in cui il modello raggiunge l'equilibrio, esso genera un nuovo insieme di costi e prezzi, che generalmente saranno più bassi. Queste riduzioni di costo possono potenzialmente essere usate come un indicatore di:

- un rafforzamento della competitività di certi prodotti per il mercato esterno, riducendosi i prezzi FOB per le esportazioni;
- maggiori opportunità per l'investimento interno dovute ai costi di produzione ridotti in certe aree;
- una maggiore domanda finale per le famiglie.

Bisogna comunque tenere presente che indicazioni quali quella di un prezzo FOB potenzialmente inferiore possono non avere ripercussioni reali. Per esempio, il prezzo di esportazione dei prodotti dipende non solo dai costi interni degli input del lavoro e del trasporto, ma anche dai cambiamenti del mercato mondiale, dalle condizioni economiche delle altre nazioni, dai tassi di cambio, ecc.

Il collegamento con le previsioni macroeconomiche - Con retroazione sul Prodotto Interno Lordo

Nei casi in cui è lecito attendersi che l'impatto del costo di trasporto conduca a cambiamenti netti del PIL e dell'occupazione, l'approccio precedente potrebbe essere inadeguato per catturare gli effetti completi e sono necessari nuovi metodi per identificare l'esistenza o meno di questi effetti.

Uno delle maggiori stimoli per la ricerca in EUNET è stato investigare questo aspetto e i risultati hanno mostrato che può esserci ragione di stimare il probabile impatto nella crescita marginale del PIL, attraverso l'utilizzo di modelli esistenti di tipo macroeconomico. L'assunzione di base fatta è che l'impatto del trasporto sulla crescita del PIL è piccolo a confronto delle variazioni attese per il periodo per cui si valuta la politica in esame, ma non così piccolo da poter essere ignorato.

Secondo EUNET, i metodi analitici attualmente disponibili per valutare in pratica come il risparmio del costo di distribuzione ha un impatto sull'economia nazionale e regionale includono:

- i modelli di economia regionale basati su tavole input-output nazionali, che sono in grado di identificare le spinte a riallocazioni spaziali delle attività economiche, ma da sole non possono fornire previsioni su una crescita economica aggiuntiva;
- i modelli macroeconomici che sono in grado di stimare l'impatto del risparmio del costo di distribuzione sull'economia nazionale ma non possono rappresentare

facilmente gli impatti regionali; essi richiedono inoltre che i risparmi del costo di distribuzione siano stimati esternamente;

- i modelli computazionali di equilibrio generale come quelli proposti in Venables and Gasior (1997), che possono collegare i cambiamenti del costo di distribuzione al dislocamento regionale, alle economie di scala e alla crescita addizionale, anche se essi sono difficili da implementare nella pratica a causa della loro complessità e della grande mole di dati richiesta.

Nel progetto EUNET è presentato come fattibile un approccio ibrido in cui nel modello di economia regionale entrano le rilevanti relazioni costo/output inerenti ad un modello operativo macroeconomico. In sostanza si tratta di un approccio di equilibrio parziale. Il modello combinato approssima le relazioni quantitative modellizzate da un modello computazionale di equilibrio generale, mentre sfrutta i dati esistenti già utilizzati da modelli macroeconomici operativi come QUEST II. La struttura input-output del modello di economia regionale fornisce uno strumento operativo per considerare i collegamenti a monte e a valle e gli effetti del moltiplicatore. Allo stato attuale del progetto, il modello input-output esistente in EUNET, ancorché sofisticato, non tratta le economie di scala e gli effetti della concorrenza imperfetta.

In conclusione, il processo di previsione in EUNET può essere descritto come segue.

Inizialmente lo scenario di base e tutti gli scenari di politica vengono simulati utilizzando la previsione macroeconomica di base. Il modulo di economia regionale stima la domanda implicita di trasporto, il modulo di trasporto la assegna alla rete e stima gli effetti di congestione risultanti. La congestione nella rete di trasporto è reintrodotta nel modello di economia regionale per simulare l'impatto sulla localizzazione dell'attività. Ciascuno scenario di politica è confrontato con quello base ed ogni cambiamento nel costo di produzione è introdotto in un insieme esterno di equazioni macroeconomiche per prevedere i cambiamenti che risultano nel commercio, nell'investimento e nel consumo privato. Nel momento in cui questi causano un cambiamento marginale rispetto alla previsione macroeconomica di base, il ciclo si ripete utilizzando la previsione macroeconomica modificata (che implica un differente livello di crescita del PIL e dell'occupazione). Il modello di economia regionale indica anche la distribuzione spaziale dei vantaggi netti. È importante notare che il progetto EUNET è ancora ad un anno dalla sua data di ultimazione prevista, Luglio 1999, e quindi la metodologia utilizzata non è ancora consolidata, in particolare per ciò che riguarda le fonti da utilizzare per la parte macroeconomica.

SAMI

Il principale scopo del progetto “Metodologia di Valutazione Strategica per gli Strumenti della Politica Comune dei Trasporti “ (SAMI) è quello di facilitare il processo decisionale in un contesto complesso, caratterizzato da obiettivi tra loro spesso conflittuali come nel caso del settore dei trasporti. Da una parte, è sempre più riconosciuto che il trasporto gioca un ruolo vitale nella costruzione di un’economia di europea integrata e dall’altra parte, c’è una crescente consapevolezza degli alti costi sociali del trasporto, particolarmente riguardo all’uso del suolo e all’ambiente. Conseguentemente, esistono imprese preoccupate della loro competitività nel mercato globale a causa dell’inadeguata dotazione di infrastruttura, ma allo stesso tempo crescono le preoccupazioni per l’ambiente, che pone limiti all’entità e al carattere dell’infrastruttura di trasporto.

SAMI intende fornire una completa metodologia di valutazione delle politiche e allo stesso tempo raccomandazioni sul contesto e sulle condizioni per le implementazioni della Politica Comune dei Trasporti (CTP). SAMI intende ridurre la distanza tra i risultati di altri progetti nel Programma di Ricerca Strategico sul Trasporto e il processo decisionale concreto.

SASI

Il progetto “Impatti Socio-Economici e Spaziali degli Investimenti nelle Infrastrutture di Trasporto e nei Miglioramenti del Sistema di Trasporto” (SASI)¹⁰ ha lo scopo di costruire un sistema di modellizzazione interattivo e trasparente per la previsione degli impatti che gli investimenti nelle infrastrutture di trasporto e nei miglioramenti al sistema di trasporto hanno sulle attività socio-economiche e sullo sviluppo, prendendo anche in considerazione la distribuzione spaziale e temporale degli impatti nonché la loro incertezza. Il sistema dovrebbe anche essere in grado di interfacciarsi con altri *database* e metodi di valutazione sviluppati in altri progetti. Per raggiungere questo obiettivo è stato sviluppato un modello di simulazione dinamico che fornisce previsioni riguardo all’accessibilità, il PIL, l’occupazione, la popolazione e la forza lavoro in 201 regioni dell’Unione Europea. Le previsioni sottostanno a determinate assunzioni che riflettono i cambiamenti nella politica dei trasporti Europea. I risultati del modello sono indicatori che descrivono lo sviluppo socio-economico delle regioni in termini, ad esempio, di accessibilità regionale, PIL pro-capite e disoccupazione; sono anche considerati indicatori di coesione sociale ed equità.

Il modello SASI consiste di sette sottomoduli di previsione: sviluppo europeo, accessibilità regionale, PIL regionale, occupazione regionale, popolazione regionale, forza lavoro regionale, indicatori socio-economici. La dimensione temporale viene trattata dividendo il tempo in intervalli discreti della durata di uno o due anni.

¹⁰ Il progetto SASI è un sottoprogetto di EUNET.

Il compito centrale di SASI è di identificare il modo in cui l'infrastruttura di trasporto contribuisce allo sviluppo economico regionale in differenti contesti regionali (es. regioni centrali o periferiche), valutando se risultano rinforzati dinamiche preesistenti di polarizzazione o decentramento. Questo significa che necessitano di essere sviluppati non già indicatori che misurano i livelli di investimenti nelle infrastrutture in sé, ma il beneficio che essi portano alle imprese e alle famiglie nelle diverse regioni, in termini di maggior capacità, maggior velocità ecc. Questi indicatori si definiscono di accessibilità e sono il risultato di due funzioni: una che rappresenta le attività o le opportunità da raggiungere e una che interpreta le difficoltà, il tempo, la distanza o il costo necessario per raggiungerli.

I risultati delle analisi sono indicatori di accessibilità da una regione alle altre regioni. Questi indicatori determinano i benefici che le famiglie e le imprese localizzate in una regione traggono dall'esistenza e dall'utilizzo di una infrastruttura di trasporto rilevante per la loro regione.

Si è anche intrapresa la strada verso un livello di disaggregazione ulteriore degli impatti in modo da provare a includere nelle analisi l'organizzazione spaziale interna a ogni regione. Per fare ciò Spiekermann and Wegener in IRPUD hanno sviluppato indicatori disaggregati di accessibilità utilizzando una tecnologia GIS (Spiekermann and Wegener, 1994; 1996, Vickerman et al, 1997). Come risultato l'area di studio è stata disaggregata in 70.000 celle di 10 km di larghezza con l'accessibilità calcolata utilizzando ogni cella sia come origine che come destinazione. Questi valori possono essere poi aggregati a livello regionale. Questa tecnologia è piuttosto simile a quella applicata nel progetto SPARTACUS descritto di seguito.

La metodologia SPARTACUS

Questo progetto fa parte di una serie di studi promossi dalla Direzione Generale XII - Ambiente - nell'ambito del IV Programma di Ricerca finanziato dalla CEE per l'ambiente ed in particolare riguarda l'area 4.2 "Risposte dell'economia e della società ai problemi ambientali - verso lo sviluppo sostenibile". Oltre che dalla Commissione Europea il progetto è finanziato anche dalle tre città campione, Napoli, Bilbao ed Helsinki, che partecipano direttamente al lavoro stesso, nella definizione degli obiettivi e dei pesi nella fase di valutazione delle politiche.

Il principale obiettivo dello studio è quello di sviluppare e di testare una procedura quantitativa con una solida base metodologica in modo da valutare differenti strategie di lungo periodo di sviluppo urbano sostenibile. Lo studio si basa sull'interazione tra i trasporti, il territorio, l'economia e l'ambiente fisico e sociale. Esso parte dallo stato dell'arte della metodologia applicata per la modellizzazione dell'interazione tra trasporti, uso del suolo ed economia, per poi sviluppare una procedura che consente di trattare allo

stesso tempo anche le implicazioni relative alla sostenibilità sociale ed ambientale delle differenti politiche di sviluppo urbano da analizzare.

In questo contesto il termine di *politica di sviluppo* è da intendersi in una accezione piuttosto generale relativamente al settore dei trasporti e a quello del territorio, comprendendo al suo interno misure di regolazione della domanda di trasporto, così come politiche di tariffazione del trasporto pubblico o di incentivazione alla localizzazione di attività economiche in alcune aree.

L'analisi quantitativa è basata sulle elaborazioni dello stesso modello integrato trasporti e territorio Meplan che i componenti del consorzio hanno già applicato nelle tre città campione. La valutazione della sostenibilità di differenti politiche urbane avviene con l'aiuto di una serie di indicatori che vengono elaborati a partire dai risultati delle simulazioni del modello. In base alla sperimentazione delle politiche e ai confronti tra i risultati delle tre città pilota verranno poi prodotte una serie di raccomandazioni generali.

Coerentemente alla gran parte della letteratura, l'approccio scelto dal consorzio SPARTACUS è quello di fare riferimento al concetto di sostenibilità relativa, considerando i tre aspetti fondamentali: ambientale, economico e sociale. Per sostenibilità relativa si intende la valutazione delle prestazioni delle strategie in relazione ad una serie di valori obiettivo che possono derivare dalle raccomandazioni degli istituti di ricerca o dalle direttive comunitarie, nazionali e locali.

Il passaggio chiave del progetto è quindi il processo di sperimentazione delle differenti strategie intese come mix di strumenti di regolazione, tariffazione e controllo degli investimenti nel settore territoriale, trasportistico e ambientale. Tali strategie sono definite sulla base delle direttive delle autorità comunitarie, nazionali e locali, oltre che dalle indicazioni derivate dalla letteratura scientifica e da altri progetti di ricerca nel settore. Ciascuna strategia viene testata utilizzando il modello di interazione trasporti e territorio Meplan nelle tre città campione: Napoli (il modello Meplan è stato applicato da TRT per la realizzazione del Piano Comunale dei Trasporti nel 1996), Bilbao ed Helsinki. La misurazione degli effetti di tali strategie avviene per mezzo di indicatori di sostenibilità sociale ed ambientale e di efficienza economica utilizzando un sistema di supporto alle decisioni appositamente sviluppato nel progetto.

Il processo ovviamente viene ripetuto più volte man mano affinando i diversi elementi che compongono le strategie e studiando attentamente i risultati ottenuti dalle elaborazioni dei modelli e le differenze che emergono tra le diverse città. Nelle tre applicazioni di Napoli, Bilbao e Helsinki il modello integrato trasporti e territorio viene sempre fatto evolvere nel tempo sino all'anno 2010, dato che questa soglia temporale rappresenta un periodo abbastanza lungo per far sì che le politiche adottate, in particolare le scelte di investimento, abbiano avuto il tempo di produrre i loro effetti sul sistema territoriale e su quello dei trasporti.

Il modello DGXV

La metodologia EUNET per molti aspetti si fonda sui principi costruiti nel Modello DGXV a cui si è precedentemente fatto riferimento in questo rapporto e che in qualche modo può essere considerato come un primo esempio della metodologia impiegata per costruire il modello EUNET. Nel seguito ci si limiterà a trattare gli argomenti relativi al modulo di economia regionale e ai vincoli di natura macroeconomica utilizzati nel modello DGXV all'anno base. Per ciò che riguarda la metodologia generale si può fare riferimento al modello EUNET, che rappresenta il livello concettuale successivo in questo genere di modellizzazione. Per ciò che riguarda il modello DGXV nel suo complesso si veda al capitolo 5.

Il REM del modello DGXV consiste di una struttura input-output regionalizzata basata sulle tavole nazionali che rappresenta tutti i settori delle industrie primarie, secondarie e di servizio. Esso stima anche la domanda per spostamenti personali. Sono inclusi tutti i tipi di attività economica. La procedura di calibrazione del modello prende in considerazione ogni vincolo potenziale alla crescita economica, così come i modelli di localizzazione storicamente consolidati. Da una parte, il REM nel modello DGXV serve come procedura per stimare la domanda di trasporto merci (basata sul commercio interregionale di merci generate dalle industrie), di spostamenti di lavoro (basata sul commercio di servizi), e di spostamenti per motivi personali. Dall'altra parte, esso stima l'impatto dell'accessibilità del trasporto sul costo di produzione e consumo, da cui dipende la localizzazione delle industrie in ogni regione.

Il REM è poi combinato con proiezioni macroeconomiche al fine di muovere il modello nel futuro. Le proiezioni macroeconomiche nel modello DGXV sono state utilizzate per stabilire uno scenario dello sviluppo economico fino al 2005 per ciò che riguarda l'Unione Europea. Le proiezioni macroeconomiche sono state utilizzate principalmente nel modello di economia regionale, ma anche un limitato numero di input del modello di trasporto sono stati mutati, ad esempio è stato tenuto in conto un aumento del valore del tempo di viaggio.

Lo scenario di base in previsione al 2005 del REM ha richiesto proiezioni macroeconomiche esogene riguardo ai seguenti punti:

- gli investimenti,
- i consumi privati,
- i consumi pubblici,
- le esportazioni all'esterno dell'UE,
- le importazioni dall'esterno dell'UE.

La fonte principale utilizzata è rappresentata dalle previsioni di breve e medio periodo della Direzione Generale per gli Affari Economici e Finanziari (European Commission DG II, 1996a; 1996b) dell'Unione Europea.

Un'importante assunzione che si aggiunge agli indicatori illustrati riguarda la distribuzione spaziale dell'importazione e della esportazione nel resto del mondo. Per l'esportazione, dati addizionali riguardanti i tassi di crescita per tipo di beni sono stati estratti dal *database* TREX di Eurostat. La proiezione dell'esportazione ha fatto uso di tassi di crescita differenziati; la crescita delle importazioni per il consumo intermedio è invece generata direttamente dal modello input-output, la differenza tra la crescita complessiva dell'import prevista dalle fonti citate e quella generata dal modello per effetto dei consumi intermedi si è assunta essere dovuta ai consumi finali.

Dati i tassi di consumo pubblico e privato, investimenti ed esportazioni, il REM genera un tasso di crescita della produzione per settore che è coerente con la tavola input-output utilizzata. Per questa ragione i tassi di crescita del PIL non sono stati applicati come vincoli esterni al modello, ma sono stati usati per comparare i risultati del modello per verificarne la consistenza.

Le proiezioni demografiche per gli stati membri sono state utilizzate per stimare la domanda di viaggio personale. Poiché non erano disponibili previsioni regionali, un tasso di crescita medio a livello di Unione Europea è stato applicato a tutte le zone nell'area di studio.

Il modulo di economia regionale considera i vincoli macroeconomici all'anno di base e in tutti gli anni futuri per cui si vogliono produrre previsioni e stima la localizzazione del consumo e della produzione e la struttura degli spostamenti merci, per lavoro e per motivi personali generati dalla matrice degli scambi.

3.3.6 Conclusioni

La pratica corrente tende a incorporare modelli di uso del suolo e di economia regionale, modelli di trasporto e previsioni macroeconomiche in un contesto unico integrato così da poter valutare gli effetti di retroazione, per esempio tra trasporto e uso del suolo, particolarmente nel lungo periodo. Allo stesso tempo, esiste la tendenza a includere l'analisi degli impatti ambientali all'interno di questo contesto come è dimostrato in SPARTACUS. Questo approccio sta diventando sempre più importante in termini politici data l'adozione di obiettivi sostenibili nelle politiche di trasporto e di pianificazione (ad esempio, ISTE A e PPG13).

Un'altra tendenza, come evidenziato nel contesto del progetto EUNET è l'utilizzo di previsioni macroeconomiche esogene da usare nel modulo di modellizzazione dell'economia regionale.

L'approccio di sistema dinamico proposto in questo progetto dovrebbe permettere di seguire l'evoluzione del sistema e non di limitarsi a scattare delle istantanee in singoli istanti temporali come nei modelli statici di equilibrio, ma questo è necessario riguardo agli impatti di lungo periodo? Ciò che conta a questo proposito è il grado di rilevanza degli impatti territoriali locali sulle valutazioni politiche di lungo periodo.

3.4 I modelli macroeconomici

Questa sezione si divide in tre parti: la prima (3.4.1) rivede le basi teoriche dello sviluppo di modelli macroeconomici per la valutazione degli impatti e dedica particolare attenzione al legame tra lo sviluppo di infrastrutture e la crescita della produzione; la seconda (3.4.2) presenta una rassegna dei modelli e delle metodologie attualmente utilizzati nelle applicazioni; la terza (3.4.3) illustra nel dettaglio il modello macroeconomico QUEST II a scala europea per la valutazione degli impatti di sviluppi delle infrastrutture. Il paragrafo 3.4.4 è dedicato alla rassegna dei progetti europei in corso e infine le conclusioni sono riportate nell'ultimo paragrafo (3.4.5).

3.4.1 Le basi teoriche

Durante gli anni '70 e '80 la quota di Prodotto Interno Lordo dedicato allo sviluppo delle infrastrutture di trasporto in Europa è scesa dal 1,5% allo 0,9%, determinando così una riduzione di una delle principali voci di spesa pubblica nel bilancio dei diversi stati. Nel corso degli anni '90 il dibattito tra pianificatori e decisori pubblici in Europa e negli Stati Uniti si è focalizzato sulla possibilità di riconoscere le infrastrutture di trasporto come uno dei fattori nella crescita della produttività e su come il capitale pubblico possa aumentare il potenziale produttivo di un'economia allo stesso modo del capitale privato. Alcuni spunti per questo dibattito sono dovuti ai risultati della ricerca macroeconomica avviata negli Stati Uniti da David Aschauser (1989) (Roy 1994), il maggior sostenitore dell'impatto positivo degli investimenti pubblici.

In questo filone di ricerca, l'analisi econometrica è stata utilizzata per quantificare le relazioni tra il saggio di crescita dello stock di capitale pubblico e dello stock di capitale investito in infrastrutture di trasporto da una parte, e il tasso di crescita della produttività del settore privato e altri eventuali indici di performance macroeconomica dall'altro. Lo scopo di questi studi era quello di mettere in evidenza gli impatti degli investimenti in trasporti e in altre infrastrutture sull'economia nel suo complesso.

In ogni caso esistono notevoli difficoltà a mettere in collegamento direttamente questo approccio teorico macroeconomico con le scelte di pianificazione dei decisori pubblici. È infatti importante sottolineare come Aschauser, Munnell e gli altri studiosi non abbiano preteso di utilizzare questo approccio come uno strumento alternativo o aggiuntivo

rispetto alla convenzionale analisi costi-benefici per la valutazione di specifiche proposte di investimento.

Alla ricerca macroeconomica non è richiesto infatti di dimostrare in modo esaustivo l'esistenza di un maggior rendimento economico di un determinato investimento in infrastrutture di trasporto, rispetto a quello determinato con l'analisi costi-benefici. L'analisi costi-benefici è stata da sempre il miglior strumento per fare tutto ciò, ma non è stata neppure essa in grado di dar luogo alla decisione di investire. Parte dei motivi è da ricercare nella differenza tra il saggio di rendimento finanziario e quello economico. Come è noto, i risultati di studi di valutazione di progetti infrastrutturali di trasporto mettono in luce come il saggio di rendimento economico per la collettività sia spesso differente dal saggio di ritorno finanziario¹¹.

Ma il saggio di ritorno finanziario è un fattore relevantissimo per coloro che dovranno costruire e gestire l'infrastruttura di trasporto. L'investitore privato infatti deciderà di investire in un progetto solo se il saggio di rendimento finanziario è superiore a quello di altri progetti di investimento che presentano la stessa componente di rischio. D'altra parte i governi hanno risorse limitate e altri settori richiedono a loro volta dei contributi per spese di investimento e il risultato finale è che investimenti che potrebbero avere alti benefici sociali non vengono intrapresi. E questa situazione può spesso determinare dei bassissimi livelli di spesa per investimenti in infrastrutture di trasporto. Infine in presenza di un elevato debito pubblico, si possono avere perdite di *welfare* direttamente connesse al livello di spesa in deficit. Si tratta del noto problema dello "spiazzamento" degli investimenti privati.

L'importanza della ricerca macroeconomica può consistere anche nel fatto che, assumendo la congestione nel trasporto come una perdita di *welfare*, sia possibile dimostrare che, se l'investimento in infrastrutture di trasporto è complementare all'investimento nel settore privato, tagliare il primo per evitare di "spiazzare" il secondo, può non essere una scelta ottimale.

Il ruolo della ricerca macroeconomica è quindi complementare a quello svolto dalla analisi costi-benefici, perché può aiutare a dimostrare ai decisori il valore dei benefici in termini di produttività, produzione e/o altre variabili macroeconomiche, tenendo comunque presente che tale valore è differente caso per caso, dato che non sembra possibile definire un criterio generale valido per tutti i casi.

¹¹ Il saggio di rendimento finanziario esprime i benefici per il costruttore/gestore dell'infrastruttura, mentre il saggio di rendimento economico (o sociale) misura i benefici per l'intera società.

3.4.2 Strumenti e metodologie per la valutazione dei progetti

L'approccio macroeconomico

Il principale obiettivo della ricerca di Aschauer negli USA era quello di valutare se le variazioni di stock di capitale pubblico e di sue componenti potevano spiegare la dinamica della produttività del settore privato, in particolare durante la crisi negli anni '70 e '80.

I risultati ottenuti non sono comunque stati in grado di stabilire un nesso di causalità tra i due elementi, anche dati i limiti di impostazione dello studio. Questo tipo di approccio riguarda infatti un solo legame tra la spesa per l'infrastruttura e determinate variabili macroeconomiche e non tiene conto dell'eterogeneità degli effetti di un determinato investimento. Di conseguenza non è certo una sorpresa se i governi, così come i ricercatori, hanno continuato a mantenere un atteggiamento piuttosto scettico su questo genere di studi, dato che nello stesso tempo sono stati condotti diversi ricerche che hanno dimostrato la debolezza o l'inesistenza di tale nesso di causalità (Quinet, 1992) (Krugman, 1995).

Vengono qui ripercorsi i principali passi compiuti da Aschauer e dai suoi seguaci nel corso degli ultimi anni. Negli studi originali di Aschauer dal 1989 come variabile dipendente si è sempre considerata la crescita del livello di produttività o di produzione del settore privato, mentre come variabile esplicativa si è considerato di volta in volta lo stock di capitale pubblico come in tutto, la capacità delle infrastrutture, la capacità autostradale, ecc. Il metodo di analisi ha considerato sia l'approccio della funzione di produzione (quindi studiando l'impatto della variabile esplicativa sulla produzione del settore privato), sia quello delle funzioni di costo e delle funzioni di profitto (stimando in questo caso l'impatto sui costi e i profitti del settore privato). L'analisi ha compreso sia studi "cross-sectional" che "time series" (Roy 1994). Applicando l'approccio delle funzioni di produzione alle serie temporali 1950-1985, Aschauer trovò una relazione, di cui tuttavia non dimostro la causalità, tra la dinamica dello stock di capitale pubblico e la dinamica del saggio di crescita della produttività del settore privato.

Attaran e Auclair (1990) hanno poi portato a termine uno studio analogo, mettendo in evidenza una relazione diretta tra il tasso di crescita della produttività e quello di crescita dello stock autostradale. Successivamente Munnell (1990) intraprese uno studio sulla produttività del lavoro in due periodi temporali 1948-69 e 1969-87 (rispettivamente +2.5% e +1.1%). La studiosa cercò di spiegare la caduta del tasso di crescita avvenuta nel secondo periodo usando il rapporto capitale/lavoro come *proxy* del livello di infrastrutturazione a disposizione di ciascun lavoratore. Il rapporto capitale privato/lavoro era stato costante in entrambi i periodi e la variazione fu attribuita alla produttività di quote di capitale con diverse caratteristiche. Infatti quando la produttività era misurata in termini di rapporto capitale pubblico/lavoro, una buona parte della sua variazione poteva essere spiegata

proprio dalla variabile “capitale pubblico”. In questi studi l’elasticità della produzione e gli impliciti rendimenti da investimenti infrastrutturali risultavano molto alti. Le conclusioni di Aschauer sono state poi corroborate da un successivo studio a scala nazionale che faceva uso dell’approccio delle funzioni di profitto per l’analisi di serie temporali (Lynde & Richmond, 1993).

La presentazione esauriente del dibattito sugli studi Aschauer e sulle critiche di Munnell e altri e sulle successive risposte, sarebbe qui certamente fuori luogo. E’ necessario però riportare in questa sede il consenso giunto dai partecipanti alla conferenza OECD del 1994 proprio su questi temi. Tale consenso riguardava una vasta gamma di questioni, ma le due conclusioni più importanti sono le seguenti:

- diversi studi macroeconomici del tipo avviato da Aschauer mettono in luce una robusta correlazione tra la fornitura di infrastrutture e certe variabili macroeconomiche e in particolare la produttività del lavoro;
- questo tipo di studi non ha stabilito un nesso di causalità, ma solo una correlazione, né ha dimostrato l’esistenza di benefici superiori a quelli misurati dalle analisi costi-benefici e né che gli investimenti in infrastrutture mostrino rendimenti superiori ad investimenti in altri settori.

È in ogni caso importante sottolineare come gli studi di Aschauer siano riusciti a determinare un nuovo interesse verso l’importanza delle infrastrutture e verso il loro potenziale contributo alla produttività, alla crescita economica e all’occupazione. Il miglior modo per arrivare a capire bene questo processo è quello di partire dai dati di un vero progetto e calcolare gli effetti differenziali degli specifici investimenti.

3.4.3 Il modello macroeconomico Quest II

Quest II è un modello macroeconomico di equilibrio di lungo periodo a scala Europea.

La filosofia generale del modello può essere definita come una versione aggiornata della sintesi neoclassico-keynesiana. Le equazioni comportamentali sono basate su principi microeconomici di ottimizzazione intertemporale da parte di famiglie e imprese. La componente dell’offerta è modellizzata esplicitamente tramite una funzione di produzione neoclassica e questo fa sì che il comportamento del modello nel lungo periodo richiami fortemente il modello standard di crescita neoclassico.

Il modello raggiunge una traiettoria di crescita stabile il cui saggio è governato dalle variabili esogene del progresso tecnico e della crescita della popolazione. Il tasso di interesse reale è determinato dal comportamento dei risparmi privati, e in modo simile, la domanda e l’offerta di beni nazionali ed esteri determinano il tasso reale di cambio tra diversi paesi.

Questo implica che in questo modello, la politica economica non sarà in grado di modificare il tasso di crescita di lungo periodo (a meno che non riesca ad influire sul saggio di preferenza intertemporale, sul tasso di sviluppo tecnico o su quello di crescita della popolazione). Tuttavia la politica economica può influenzare il livello della produzione di lungo periodo e quindi il tasso di crescita dell'economia su estesi periodi di tempo fino a che non viene raggiunto un nuovo livello di reddito. Rispetto all'impostazione neoclassica ci sono due principali differenze:

1. dato che le aziende non sono perfettamente competitive ed esse possono caricare *mark-up* sui costi marginali di lungo periodo, il livello dell'attività economica sarà inferiore a quello previsto da un modello di competizione perfetta;
2. il modello non raggiungerà uno stato di equilibrio stabile di piena occupazione a causa della struttura negoziale introdotta per descrivere l'interazione tra imprese e lavoratori, e quindi persino nel lungo periodo persistono rigidità del mercato del lavoro e disoccupazione involontaria.

Il comportamento del modello nel breve periodo è influenzato dalla tipica impostazione keynesiana e riproduce salari e prezzi imperfettamente.

L'approccio metodologico

Come già detto, negli anni 90 è stata avviata la discussione sul principio secondo il quale il capitale pubblico come il capitale privato, incrementa la produzione potenziale. La questione dell'importanza relativa di questi due input è tuttora oggetto di discussione. Sulla scorta di tale asserzione si è osservato come il basso tasso di investimenti nei tipici settori di spesa pubblica, compresi i trasporti, possa essere uno dei fattori che determina un rallentamento della crescita economica e quindi della produzione e dell'occupazione. Data la durata e l'entità della riduzione di spesa riscontrata nel settore degli investimenti pubblici e dati valori plausibili della loro produttività marginale, si potrebbe ben dire sulla base delle teorie appena esposte che il risultato sia stato un notevole freno alla crescita complessiva a livello europeo, nazionale, e soprattutto regionale. D'altra parte però è possibile notare come esistano degli esempi che suggerirebbero l'inesistenza di tale relazione: proprio negli Stati Uniti, negli stessi anni '90 sono diminuiti in gran misura gli investimenti pubblici e allo stesso tempo si è registrato un notevole aumento della produttività.

Per poter valutare correttamente il progetto di una infrastruttura di trasporto, è necessario quindi svolgere una analisi a livello microeconomico e a livello macroeconomico, e al tempo stesso è necessario assicurarsi che tutti i benefici sociali siano tenuti in conto, dato che una parte di questi benefici potranno essere percepiti in aree differenti da quelle nelle quali l'investimento sarà effettuato.

Identificare costi e benefici di un progetto di investimento nei trasporti

Il primo passo per valutare costi e benefici di un progetto di investimento è quello di determinare esattamente che cosa considerare nelle due voci *costi e benefici*. E qui c'è una distinzione tra l'approccio microeconomico, ovvero l'analisi costi-benefici, e l'analisi dell'impatto macroeconomico. Dato che i due metodi misurano aspetti differenti dell'impatto di un progetto, possono essere considerati complementari ed entrambi dovrebbero essere intrapresi in modo da poter avere una visione equilibrata dell'impatto del progetto proposto. Una volta che si è concordato quali siano le categorie di costi e potenziali benefici da tenere in conto, è necessario identificare quali sono le effettive determinanti di tali impatti per il progetto in esame.

La valutazione microeconomica

La valutazione di costi e benefici in termini di microeconomia ruota intorno al concetto di funzione di utilità dell'individuo (o della famiglia). Si ipotizza che certi fattori contribuiscano al benessere sociale e che, se il progetto conduce ad una variazione nel consumo di tali fattori, allora questo determini una variazione nel benessere sociale. Il caso più semplice che esemplifica questo approccio è quello in cui l'utilità è considerata dipendere dall'acquisto (e dal consumo) di beni fisici e servizi da parte delle famiglie. Dato il livello del reddito della famiglia e dati i prezzi dei beni e servizi, le famiglie decidono i propri consumi in modo da rendere massimi i benefici derivanti. Se alcuni investimenti abbassano il prezzo di uno di questi beni, allora il consumatore può spostarsi su una curva di indifferenza più alta e allo stesso tempo può consumare una quantità maggiore di quel bene.

Il problema per l'analisi dei progetti è quello di valutare il guadagno di benessere in termini monetari così che possa poi essere confrontato con i costi. Se il progetto è un'operazione nell'ambito del settore privato dove le imprese possono definire i prezzi in un contesto competitivo, l'investimento viene realizzato sino a che i benefici (attualizzati) per le imprese dovuti all'investimento incrementale saranno uguali ai costi incrementali. Tutto quello che è necessario quindi all'investitore del settore privato è quello di fare una valutazione finanziaria per verificare se questo investimento può generare dei profitti.

Questo approccio però non può essere usato nel caso delle infrastrutture di trasporto per diverse ragioni:

- il settore dei trasporti non è un settore puramente privato;
- non esiste un ambiente fortemente competitivo;
- è governato secondo criteri sociali e quindi non semplicemente in termini di massimizzazione dei profitti: esternalità, costi e obiettivi sociali devono essere debitamente considerati.

Come si è detto, nel settore dei trasporti, come in molti altri settori della spesa pubblica, sembra esserci stato negli ultimi anni un certo sottinvestimento, e ciò anche nel caso di progetti di trasporto che potrebbero presentare dei benefici sociali marginali più alti dei rispettivi costi sociali marginali. E, pur nel mondo orientato al mercato degli anni 90, non è certo che le tariffe potranno crescere sino a coprire tutti i costi. Dove questi investimenti rappresentano interventi di grande rilevanza, è probabile che ci si sposti da un punto della curva di domanda ad un altro cosicché i benefici non possono essere valutati semplicemente attraverso variazioni marginali di prezzi. Al contrario, come è prassi nell'analisi costi-benefici, per dare una misura dei benefici incrementali del progetto deve essere utilizzata l'area sottostante la curva di domanda, espressa dalla variazione del surplus del consumatore.

I progetti di trasporto presentano una rilevante difficoltà nella valutazione della variazione di benessere. La gran parte degli investimenti infatti sono mirati allo specifico obiettivo di ridurre il tempo di viaggio. Questo può essere trattato come uno degli aspetti qualitativi del servizio e a questa maggior qualità corrisponderà una maggiore disponibilità a pagare per quel servizio. Per poter valutare questa variazione è necessario identificare la curva di domanda e misurare l'incremento del surplus del consumatore: per far ciò, è necessario convertire la variazione della "qualità" del servizio (il tempo) in una equivalente variazione di prezzo. Questo è di norma ottenuto tramite l'uso del costo "generalizzato" dello spostamento, che ha proprio lo scopo di rappresentare la qualità associata allo spostamento. La questione è poi ulteriormente complicata dal fatto che il tempo è anche una risorsa limitata per le famiglie, che ne possiedono una determinata dotazione iniziale. Spostamenti più veloci permettono di avere maggior tempo disponibile per altri scopi e di sostituire altre attività a quella di trasporto. La definizione dell'uso che può essere fatto di tale tempo risparmiato è cruciale per la valutazione di tali benefici per i vari gruppi di utenti.

L'introduzione del tempo di viaggio, sia come risorsa sia come fonte di utilità in sé, dà luogo ad una differenza tra la valutazione microeconomica e quella macroeconomica. Nell'analisi microeconomica, infatti, aspetto cruciale è la valutazione dei benefici da risparmi di tempo tanto come oggetto della funzione di benessere sociale quanto come fonte di maggior reddito per gli utenti.

Valutazione macroeconomica

Nella tradizionale analisi macroeconomica i progetti infrastrutturali sarebbero stati considerati semplicemente come una delle voci di spesa pubblica destinata a "scompare" una volta che l'investimento fosse stato completato. Soltanto con l'introduzione dei modelli in grado di incorporare le funzioni di offerta aggregata è divenuto possibile tenere in conto del fatto che tali infrastrutture sono da considerare come un aumento permanente della dotazione di capitale, e che come tali determineranno un livello più alto

di offerta aggregata. Se questo determini o meno impatti sull'economia dipende poi dall'insieme delle politiche macroeconomiche adottate.

È importante rilevare come gli effetti di traboccamento dovuti ai miglioramenti dei collegamenti di trasporto siano certamente una componente critica dell'analisi di tipo microeconomico. Un tipico esempio è quello della valutazione dei benefici di investimenti in progetti infrastrutturali di trasporto: nel caso di un progetto riferito ad una infrastruttura che attraversava diversi paesi (PBKAL: Paris, Brussels, Koln, Amsterdam, London), la semplice somma di una serie di valutazioni su base nazionale sottostima di gran lunga i benefici complessivi del progetto (ECIS, 1995). La sottostima è dovuta al fatto che i governi nazionali, nel valutare i benefici dei propri investimenti in progetti infrastrutturali di trasporto, non hanno tenuto conto dei miglioramenti di benessere goduti dai cittadini di altri stati che si trovavano ad utilizzare tali infrastrutture per viaggi di attraversamento.

Le questioni che emergono al livello macroeconomico sono analoghe. La diminuzione dei costi di offerta in un mercato non solo influenzerà la capacità di acquisto dei consumatori locali, con tutte le conseguenze di questa variazione, ma produrrà i suoi effetti anche sulla domanda di trasporto proveniente da altri paesi. I consumatori provenienti da altri paesi goderanno infatti di una riduzione dei loro costi di importazione di servizi di trasporto e pertanto beneficeranno anch'essi dei benefici dell'investimento effettuato in quel paese.

Il principale effetto macroeconomico degli investimenti in infrastrutture è sul lato dell'offerta, dato che la nuova infrastruttura si aggiunge allo stock di capitale investito. L'effettivo impatto di questo investimento sul Prodotto Interno Lordo, sulla crescita, sull'occupazione, ecc. dipende dal grado di "spiazzamento" causato dall'investimento stesso. E questo a sua volta dipende dalla capacità finanziaria disponibile del sistema economico e dalle modalità di finanziamento.

Benefici microeconomici e costi di investimento in infrastrutture

La chiave di volta per una corretta valutazione sia microeconomica sia macroeconomica è la determinazione degli effetti del progetto e l'identificazione dei settori in cui questi ricadono. Gli impatti diretti del progetto sono tre:

- costruzione fisica dell'infrastruttura;
- finanziamento dell'infrastruttura;
- riduzione del tempo di viaggio per le varie categorie di utenti e non utenti e aumento del numero di spostamenti.

Il costo tariffario di uno spostamento rappresenta a livello macroeconomico un trasferimento dall'utente al gestore dell'infrastruttura o del servizio. Differenti regimi

tariffari determinano differenti effetti di cui si deve tenere conto. Il costo dello spostamento non è trattato nel modello come un costo diretto, mentre si concentra l'attenzione sui benefici dei progetti in termini di risparmi di tempo.

3.4.4 Progetti rilevanti del IV Programma Quadro di Ricerca

Di seguito vengono presentati alcuni progetti di ricerca tra quelli in corso nell'ambito del IV Programma Quadro di Ricerca dei Trasporti.

TRENEN

Obiettivo

L'obiettivo di TRENEN è quello di esaminare l'efficienza di differenti politiche nei settori dei trasporti, energia e ambiente, e di studiare gli indirizzi della riforma di una politica dei prezzi che può essere di interesse per una data regione o area suburbana. Il sistema studiato dal modello non comprende soltanto la domanda di trasporto e la sua interazione con le reti, ma anche la stessa fase produzione degli autoveicoli. In un certo senso quindi l'approccio adottato in questa ricerca si differenzia dai tradizionali modelli di trasporto di rete e sembra più adatta a studiare l'impatto di politiche di regolazione e di sussidio che di investimenti in infrastrutture di trasporto.

L'idea di base è quella di studiare simultaneamente i mercati del trasporto e cercare i prezzi ottimi in questi mercati tenendo in considerazione i diversi tipi di costi esterni generati.

Struttura del modello e metodologia

La struttura di base del modello TRENEN comprende due sezioni: l'urbana e l'interregionale. Ciascuna sezione è composta da tre moduli: un modulo di domanda, un modulo di offerta e un modulo di equilibrio dei prezzi.

Il lato della domanda del modello rappresenta le scelte degli utenti del trasporto passeggeri e merci. La domanda di trasporto passeggeri (in entrambi i modelli urbano e interregionale) è generata assumendo che un individuo tipo allochi ottimamente la spesa tra il trasporto e l'acquisto di altri beni. La domanda di trasporto merci, attiva solo nel modello interregionale, è derivata come domanda di input del processo produttivo.

Il lato dell'offerta del modello rappresenta le attività e le scelte fatte dai produttori di autoveicoli e dai fornitori di altri input, come carburante, manutenzione dell'auto, ecc. Le scelte sul lato dell'offerta vengono effettuate sulla base della massimizzazione del profitto, soggette alle limitazioni governative. L'offerta è rappresentata come funzione dei costi delle risorse, sussidi ai produttori e regolazione ambientale.

Nel modulo di equilibrio dei prezzi, vengono computati prezzi generalizzati per i diversi tipi di servizi di trasporto. Il prezzo generalizzato è la somma di tre elementi:

- il prezzo di produzione per i diversi tipi di veicolo x km, determinato dal modulo di offerta;
- una funzione del costo del tempo di trasporto relativamente al volume totale di traffico in equilibrio;
- una tassa (o sussidio), con una doppia funzione di policy: sussidiare alcuni modi di trasporto e correggere alcuni costi esterni come l'inquinamento dell'aria, i costi di congestione, ecc.

Il modello è statico e rappresenta l'equilibrio per un dato anno assumendo che lo stock di tutti i mezzi di trasporto (privati e pubblici) sia perfettamente adattato alla domanda di trasporto. L'infrastruttura stradale e l'infrastruttura di trasporto pubblico (per esempio la rete ferroviaria) vengono tenute fisse.

Esistono diversi equilibri possibili nel mercato del trasporto e si assume che il decisore pubblico ordini le sue scelte con l'aiuto di una funzione di benessere che è una somma pesata dei surplus del consumatore, del produttore, degli introiti della tassazione e dei costi esterni (rumore, inquinamento atmosferico e sicurezza). I costi marginali esterni di congestione sono valutati endogenamente nel modello perché inclusi nei costi generalizzati.

In sintesi TRENEN è un modello macroeconomico statico impiegato per calcolare gli effetti di benessere di una data politica e per consentire la costruzione di pacchetti di politiche ottimali. Si basa sul tradizionale approccio costi-benefici e non fa alcun tentativo di calcolare gli effetti macroeconomici.

ECOPAC

Obiettivo

Lo scopo del progetto ECOPAC è di sviluppare una metodologia per la valutazione dell'impatto degli investimenti in infrastrutture di trasporto e dei miglioramenti del sistema di trasporto sull'attività socio-economica e sullo sviluppo. L'attenzione principale è rivolta agli impatti occupazionali.

Struttura del modello e metodologia

Il progetto si riferisce a cinque paesi: Francia, Inghilterra, Spagna, Germania e Finlandia. Questi paesi sono stati suddivisi in 375 zone. Il metodo principale consiste nell'effettuare

un'analisi di regressione multipla al fine di spiegare le variazioni di occupazione durante un certo periodo di tempo tenendo in considerazione i fattori che possono spiegare tali variazioni. L'attenzione è rivolta alla stima dell'impatto di investimenti in infrastrutture di trasporto, ma vengono considerate anche altre fonti di impatto, come le tendenze esistenti nell'occupazione, gli investimenti non di trasporto e le tendenze localizzative.

I risultati sono coerenti con i risultati raggiunti da Aschauer in USA (Aschauer 1989) e da CEBR ad un livello più aggregato per la Gran Bretagna e per l'Unione Europea (CEBR 1993).

La valutazione degli effetti di "spiazzamento" dell'investimento di interventi di trasporto a livello regionale non porta a nessun risultato statisticamente significativo. Un'analisi simile a livello nazionale, basata su funzioni di produzione, distinguendo l'investimento in trasporti e in altri settori, è stata effettuata per la Francia. I risultati sono simili a quelli forniti dalla letteratura (Holtz-Eakin 1988, Aschauer 1990, Munnel 1990 and 1992, Fritsh and Prud'homme 1994) e sosterebbero una produttività marginale del capitale in trasporti che è doppia rispetto a quella di altri settori.

Garcia-Milà et al (1996) sono giunti alla conclusione che non è stato dimostrato che le infrastrutture pubbliche non abbiano impatto sulla produzione, ma piuttosto che le funzioni di produzione non hanno ancora stabilito una tale relazione positiva. Molti studi sono stati condotti impiegando metodologie simili, come in Gran Bretagna (Dogson 1994 and Botham 1983), ma questi non erano a scala europea e non includevano collegamenti ferroviari ad alta velocità.

Le principali difficoltà nella valutazione dell'impatto dell'infrastruttura di trasporto nel progetto ECOPAC sono identificate nelle seguenti:

- non esiste una relazione sistematica tra infrastrutture di trasporto e occupazione in quanto i benefici potenziali del miglioramento dell'infrastruttura vengono tradotti in vantaggi economici per gli operatori, ma senza esplicitare le conseguenze occupazionali di tali vantaggi;
- gli impatti dell'infrastruttura di trasporto sull'occupazione sono difficili da isolare da altri parametri socio-economici;
- una correlazione tra l'occupazione e le infrastrutture di trasporto può essere dimostrata ma non in termini di causalità.

In un recente documento prodotto da ECOPAC si è concluso che il progetto ECOPAC costituisce la base di una metodologia che potrebbe essere impiegata al fine di stimare gli impatti socio-economici di miglioramenti delle infrastrutture di trasporto stradale nell'intera Comunità Europea.

ECONOMETRIST

Obiettivo

Il principale obiettivo del progetto ECONOMETRIST è quello di valutare l'effetto dell'attività del settore del trasporto e dei suoi cambiamenti sull'economia dei principali Stati Membri.

A tutt'oggi le informazioni disponibili in merito a questo progetto sono molto scarse.

La struttura del modello

La metodologia è basata su di un modello statico e di breve periodo per determinare l'impatto economico delle politiche di trasporto sul resto dell'economia utilizzando tavole input-output. Le tavole input-output di ciascun paese sono disaggregate in 31 settori, nove dei quali si riferiscono alle attività di trasporto e nelle quali il consumo privato è stato suddiviso in consumo su veicoli privati e su mezzi di trasporto pubblico.

Un modello d'impatto economico e un modello specifico di trasporto sono stati sviluppati per valutare l'impatto economico che le politiche di trasporto esercitano sul resto del sistema economico. Il modello d'impatto economico è un modello statico e di breve periodo e prende in considerazione le relazioni intersettoriali. Il modello di domanda di trasporto stima la domanda globale di spostamento e la distribuzione modale per i passeggeri.

3.4.5 Conclusioni

L'analisi macroeconomica misura l'impatto di sviluppi infrastrutturali di trasporto in termini che sono importanti per i decisori pubblici.

Esistono vari approcci a questo tipo di analisi. L'utilizzo di tavole input-output è un'analisi statica, ed è difficile, se esiste un cambiamento nei prezzi dei fattori, misurare i successivi cambiamenti nei coefficienti di produzione.

Alcuni studiosi sostengono che i metodi convenzionali di valutazione della fattibilità economica di progetti infrastrutturali di trasporto, sottostimerebbero significativamente i loro veri benefici perché l'analisi costi-benefici standard non riuscirebbe a prendere in considerazione gli effetti di stimolo che le infrastrutture potrebbero avere sull'investimento privato e sulla produttività del lavoro. I risultati delle principali ricerche però mostrano le correlazioni, ma non possono dimostrare la causalità ed è importante notare come alcuni critici ritengano che la correlazione sia da cercare nel verso opposto a quello preteso, ovvero che la variabile indipendente sia la produzione e non il capitale pubblico investito nelle infrastrutture.

L'analisi costi-benefici è per definizione statica e si basa sui principi dell'economia del benessere. Essa è quindi appropriata per formulare dei giudizi circa gli effetti di benessere delle diverse politiche, ma non sembra totalmente adeguata a catturare gli impatti sulle variabili macroeconomiche.

Quando si implementa una simulazione degli effetti macroeconomici di un progetto di trasporto, è bene comunque tenere presenti le assunzioni macroeconomiche di base, dato che queste avranno poi influenza sui risultati finali.

In particolare i problemi cruciali sembrano essere due:

- a) Risulta necessaria la verifica della validità di modelli *Keynesiani* rispetto a modelli più attenti ai fenomeni di "spiazzamento", propri di contesti con elevata spesa e debito pubblico e con espliciti obiettivi di rientro da tale debito. Il concetto di *costo opportunità marginale dei fondi pubblici* e l'eventuale sua introduzione, implicita o esplicita, nei modelli è un tema che richiede urgenti approfondimenti.
- b) Anche assumendo la validità di contesti *Keynesiani*, o comunque di effetti di moltiplicatore, diviene irrinunciabile l'analisi riferita a più alternative progettuali o di politiche e il confronto con progetti di spesa in altri settori. In caso contrario i modelli *Keynesiani* presentano un ruolo "agiografico" inaccettabile, poiché tendono a giustificare qualsiasi progetto e qualsiasi spesa pubblica, poiché a priori quantificano benefici molto superiori rispetto a quanto emerge dalla tradizionale analisi costi-benefici.

4. L'INTERAZIONE TRA I MODELLI E IL DISEGNO DI UN SISTEMA DINAMICO

4.1 La necessità di un approccio integrato

Come visto nella rassegna presentata nel capitolo 3, sono oramai disponibili e correntemente utilizzati un buon numero di strumenti di valutazione di differenti tipi di impatti dei progetti di trasporto. Gli obiettivi e le caratteristiche di ciascuna categoria di valutazione (il trasporto, l'ambiente, l'economia regionale e la macroeconomia) e il tipo di modelli settoriali sono sicuramente specifici e non intercambiabili, ma è possibile notare come negli ultimi anni si sia provato a sviluppare modelli capaci di analizzare gli impatti a livello multiplo: ad esempio, in un crescente numero di applicazioni i modelli di trasporto vengono utilizzati anche per la valutazione degli impatti sull'ambiente o sulle scelte localizzative delle famiglie e delle imprese.

Volendo investigare gli impatti non-marginali di lungo periodo delle politiche e delle strategie per gli investimenti infrastrutturali pubblici, le interazioni tra questi strumenti settoriali non possono essere ignorate. Infatti, più le politiche e gli investimenti sui trasporti vengono considerati importanti per la società e l'economia, maggiore è il grado di interazione richiesto tra gli strumenti, anche per una maggiore garanzia della coerenza e validità delle stime dei costi e dei benefici.

Ad esempio, un certo grado di coerenza è richiesto anche tra gli strumenti e i parametri microeconomici (parametri comportamentali e ambientali, funzioni di produzione) con quelli macroeconomici (crescita economica, occupazione, distribuzione del reddito, costo-opportunità della spesa pubblica).

L'attività di ricerca di ASTRA si concentra quindi sulla costruzione di una unica piattaforma di interfaccia per i vari strumenti parziali, con l'intenzione di stabilire una metodologia che permetta ai differenti moduli di valutazione:

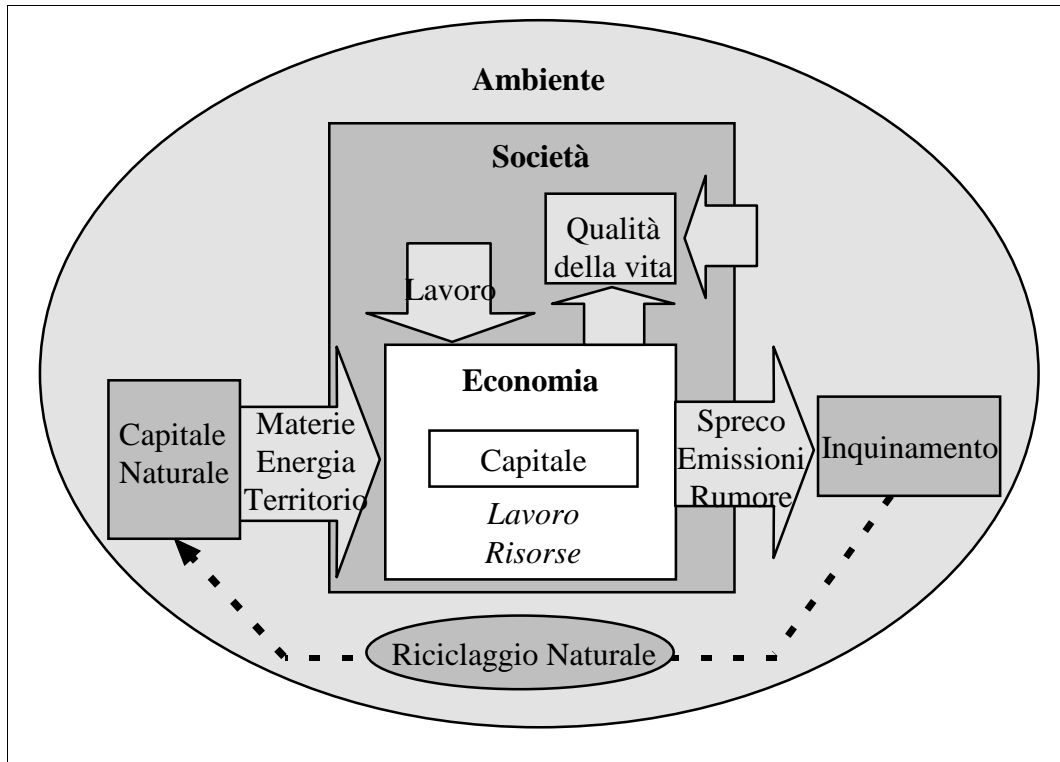
- a) di scambiare input e output intermedi;
- b) di condividere le stesse strutture di dati.

In particolare il proposito è quello di utilizzare l'approccio della teoria dei sistemi dinamici, che consente di trattare, da una parte, le influenze dirette e le retroazioni tra i differenti moduli e dall'altra, di rappresentare correttamente il fattore temporale.

Una rappresentazione generale dell'interazione tra i diversi sistema viene dato nella figura 4.1, dove il sistema Ambiente, il sistema Società e il sistema Economia sono strettamente collegati tra loro. Inoltre è possibile distinguere tra dotazioni (il Capitale Naturale, il Capitale Economico, l'Inquinamento) che si accumulano e i flussi (l'uso di energia) che si

trasferiscono; altrettanto importante è anche la divisione dei fattori dei sistemi in endogeni ed esogeni (come il riciclaggio di scarti e rifiuti).

Fig. 4.1 *Le relazioni tra Società, Ambiente ed Economia*



La relazione tra il settore dei trasporti e il settore dell'economia è duplice. Innanzitutto il trasporto merci e la logistica contribuiscono nel tempo ai cambiamenti nelle funzioni di produzione e, in secondo luogo, il trasporto influenza la domanda finale dell'economia favorendo il consumo di beni e servizi. E qui si tocca una questione molto discussa, ovvero gli effetti del settore del trasporto sulla produttività economica complessiva, argomento sul quale le analisi econometriche fino ad ora non hanno generato risultati chiari e largamente accettati.

Facendo riferimento alla classica divisione della valutazione d'impatto nei quattro settori - trasporto, ambiente, economia regionale e macroeconomia - la definizione di una semplice matrice delle influenze reciproche può aiutare a mettere in chiaro le relazioni esistenti. La figura 4.2 dà una rappresentazione dei temi che influenzano/sono influenzati dalle prestazioni e dai parametri che vengono calibrati/valutati in un modello appartenente ad un'altra area.

In altre parole, nella valutazione di impatto strategico di una iniziativa di trasporto si può osservare come i flussi di traffico possano essere visti come un input del modello ambientale e allo stesso tempo come un output del modello di trasporto. A sua volta il modello di trasporto assume la domanda di spostamenti come input, ma questa domanda è un output del modello regionale, il quale usa la crescita economica come input, dove la stessa crescita economica è un risultato del modello macroeconomico.

Fig. 4.2 *Matrice delle interazioni tra gli strumenti di valutazione*

A:	Trasporto	Economia Regionale	Ambiente	Macroeconomia
Da:				
Trasporto		Indici di accessibilità Costi monetari Tempo generalizzato	Traffico per relazione Passeggeri per modo di trasporto Merce per modo di trasporto	Utilizzo dell'infrastruttura Ricavi delle tasse del trasporto Cambiamenti nella funzione di produzione
Economia Regionale	Matrice Origine/destinazione Tasso di motorizzazione		Uso del suolo Grado di copertura del territorio	Occupazione (Aggregata)
Ambiente		Qualità ambientale		Consumo di risorse naturali
Macroeconomia	Investimenti in infrastrutture	Andamento del reddito Andamento dell'occupazione		

Oltre alle interazioni dirette presentate nella matrice della figura 4.2, anche i fattori esogeni vanno presi in considerazione. Questi sono, tra gli altri, la crescita della popolazione, lo sviluppo tecnologico o il tasso di innovazione tecnica e la loro influenza è diffusa in tutti i quattro settori.

4.2 La teoria dei modelli dei sistemi dinamici

Gli approcci macro-econometrici convenzionali e i modelli input-output sono basati sull'assunzione della stabilità nel tempo delle strutture industriali e dei modelli comportamentali. Le relazioni tra input e output osservate in passato sono di norma riprodotte tramite un sistema di equazioni con coefficienti costanti e come tali sono proiettate al futuro. Normalmente, i cambiamenti nella struttura economica e/o della popolazione sono assunti essere esogeni e non influenzati dai cambiamenti nei modelli di trasporto. Dati tali presupposti, l'impiego di questi approcci per gli scenari di lungo periodo sembra essere piuttosto limitato e proprio nel tentativo di superare questa limitatezza è stato deciso di fare ricorso all'approccio dei modelli dei Sistemi Dinamici.

La teoria dei modelli dei Sistemi Dinamici (System Dynamics Model SDM) è stata sviluppata da Forrester e impiegata in una varietà di applicazioni di ricerca economica e tecnologica, compreso il modello a scala mondiale del Club di Roma.

L'approccio della modellistica dei Sistemi Dinamici nasce con l'idea di mettere in luce le interrelazioni tra gli elementi di diversi sistemi e le dinamiche che sono indotte da meccanismi di retroazione e come tale cerca di superare la classica divisione scientifica della ricerca in sistemi isolati.

Lo scopo della costruzione di un modello di un determinato sistema non è certamente quello di creare una copia 1:1 del sistema esistente nella realtà, ma invece quello di concentrarsi sulle più importanti interrelazioni tra le componenti del sistema per riprodurre il comportamento nella vita reale. I modelli classici sono unicamente basati sull'analisi di regressione dei dati statistici del passato e pertanto sono in grado di proiettare nel futuro solo gli stessi andamenti del passato. Al contrario, i modelli dei sistemi dinamici hanno l'obiettivo di identificare i processi che determinano la dinamica stessa del sistema e quindi anche identificare e spiegare fenomeni che non sono stati osservati nel passato, ma potrebbero accadere nel futuro.

4.2.1 I principi di fondamentali

La teoria dei Sistemi Dinamici nasce con l'obiettivo di fornire una miglior comprensione e quindi una migliore previsione della dinamica di sistemi complessi, tra cui i sistemi sociali. Si tratta di un metodo di analisi basato sulle simulazioni al *computer* e che si fonda essenzialmente sulla teoria della retroazione dell'informazione tra le varie componenti del sistema. L'approccio dei Sistemi dinamici pone particolare attenzione allo studio del comportamento di un determinato sistema nel corso del tempo in maniera da riconoscere i cambiamenti comportamentali dinamici non-lineari.

La costruzione di un *modello di sistema dinamico* si compone di una serie di passi che vanno dalla definizione esatta dei limiti del sistema in esame, alla identificazioni delle relazioni tra gli elementi del sistema stesso e alla loro formalizzazione.

Una volta isolato il sistema rispetto all'ambiente esterno, allo scopo di distinguere tra variabili esterne ed interne, si devono individuare le diverse componenti e studiarne il comportamento. Il passo fondamentale da compiere a questo punto è quello della descrizione dei cicli di retroazione, ovvero delle relazioni causali tra le componenti del sistema e per tradurre queste relazioni all'interno del modello è necessario formalizzarle in termini di equazioni dinamiche.

La ricerca della soluzione di equilibrio implica la ricerca della soluzione contemporanea dell'insieme di tali equazioni dinamiche, che non sono altro che delle equazioni

differenziali. Tale soluzione non sempre esiste o è ottenibile in maniera diretta e pertanto diventa necessario ricorrere a metodi di approssimazione.

Un modello di sistema dinamico è descritto da cinque elementi:

- le variabili di livello (*levels*),
- le variabili di flusso (*rates*),
- le variabili intermedie,
- i parametri,
- i fattori esogeni.

Le variabili di livello rappresentano l'elemento più importante del sistema. Esse descrivono lo stato del sistema in modo completo e dal loro sviluppo può essere ricavato il comportamento dell'intero sistema. In termini matematici le variabili di livello sono calcolate come integrazioni nel tempo e pertanto ricopre molta importanza, ovvero il valore da esse assunto all'inizio della simulazione.

Rispettando l'assonanza con i principi della fluidodinamica, ogni variabile di livello è governata da flussi in ingresso o in uscita, che possono essere interpretati come *le regole di decisione*. Il valore delle variabili di livello quindi cambia durante l'esecuzione della simulazione a seconda del segno delle variabili di flusso che le governano. Il bilanciamento tra il flusso in ingresso e il flusso in uscita e il valore del livello all'inizio del periodo determinano l'andamento del sistema e quindi il valore del livello alla fine del periodo.

4.3 Il modello dinamico ASTRA

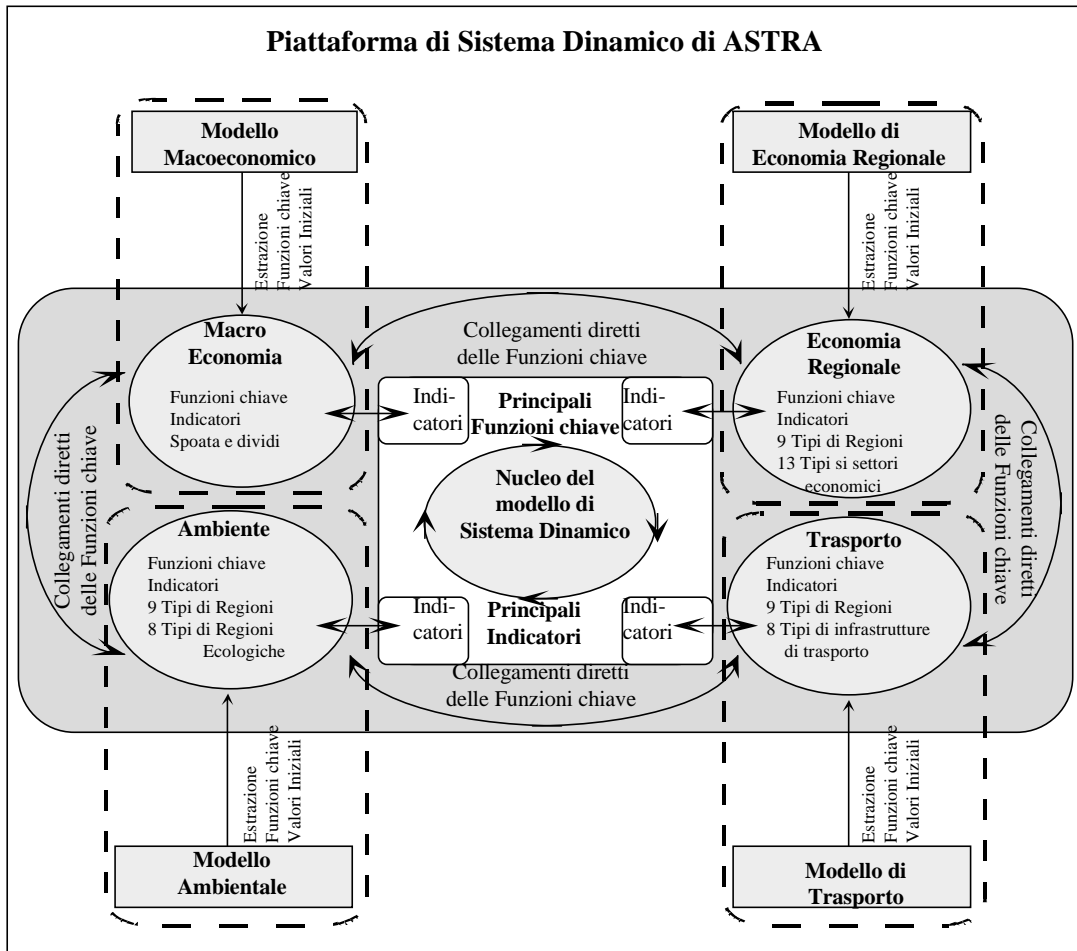
In termini applicativi è stato adottato un comune pacchetto software standard ("ithink") all'interno del quale è stata costruita una comune piattaforma in cui sono integrati man mano i diversi moduli che vengono sviluppati autonomamente da ciascun partner. I moduli riguardano:

- il modello macroeconomico,
- il modello di economia regionale,
- il modello ambientale,
- il modello di trasporto.

Il processo di modellizzazione inizia con la definizione dei fabbisogni di dati per i quattro moduli di settore e delle informazioni che questi devono scambiarsi tra loro (vedi fig. 4.3). Le interazioni tra i moduli rappresentano un elemento chiave nel disegno del modello

dinamico: per esempio, l'offerta di infrastrutture di trasporto (una variabile del modello di trasporto) influenza direttamente lo stock di capitale che è parte del modello macroeconomico; il *valore aggiunto* può essere usato come un parametro principale per l'interrelazione tra la macroeconomia e l'economia regionale.

Fig. 4.3 Visione d'insieme della Piattaforma di Modellizzazione di ASTRA



L'esempio del Piano Generale dei Trasporti in Germania (BVWP)

Per illustrare l'utilizzo delle funzioni chiave come relazione tra moduli differenti, si discute in questo esempio del collegamento tra *gli investimenti nell'infrastruttura* e *l'occupazione regionale* preso in esame dal Piano Federale dei Trasporti in Germania (BVWP).

L'obiettivo del BVWP è quello di generare un classifica in termini di costi e benefici dei differenti progetti di infrastruttura di trasporto sulla base di un determinato scenario di riferimento. Questo significa che un utilizzo alternativo dei capitali (ad esempio per miglioramenti nel settore dell'educazione o della sanità) non è considerato in questo processo.

Nel BVWP gli effetti sull'occupazione sono valutati durante la costruzione dell'infrastruttura di trasporto. A questo scopo prima di tutto vengono calcolati i costi del progetto (costi di costruzione, di acquisizione del terreno, di indennità, provvedimenti di protezione dal rumore e costi per ridurre gli impatti negativi sulla natura e sul paesaggio) per i differenti tipi di investimenti infrastrutturali:

- Costruzione di nuove autostrade
- Ampliamento delle autostrade
- Costruzione di sottopassaggi stradali
- Costruzione di nuove infrastrutture ferroviarie
- Ampliamento delle infrastrutture ferroviaria esistenti
- Costruzione di aree di scalo
- Costruzione di nuove vie d'acqua interne
- Costruzione di chiuse di vie d'acqua

Il calcolo del numero di occupati e della divisione del reddito dall'occupazione nei costi di investimento è basato sulle matrici input-output per 58 settori economici. Per calcolare il numero dei nuovi occupati (coloro che altrimenti potrebbero essere senza lavoro se il progetto dell'infrastruttura non fosse realizzato) viene calcolato un fattore di distinzione regionale (f) a seconda del tasso di disoccupazione regionale di lungo periodo. Di conseguenza, l'ammontare regionale di nuovi impiegati (ANE) durante la costruzione della nuova infrastruttura di trasporto viene calcolato come segue:

$$ANE = \frac{E \cdot I \cdot f}{T}$$

E: Effetto dell'occupazione in una regione con un investimento infrastrutturale I (anni-uomo)
 I: Nuovo investimento infrastrutturale (in ECU)
 f: fattore di distinzione regionale (tra 0 e 0.8)
 ANE: Ammontare regionale di nuovi occupati durante la costruzione di un nuovo progetto infrastrutturale
 T: Tempo di costruzione (anni)

Questa equazione può quindi essere impiegata per collegare direttamente l'investimento nell'infrastruttura e l'occupazione regionale. Con le matrici input-output menzionate è possibile poi separare l'effetto dell'occupazione in impatti per i diversi settori economici.

4.4 Una lista preliminare di progetti e politiche di trasporto per i test del modello ASTRA

In questa sezione viene presentata una lista preliminare di politiche i cui impatti potrebbero essere testati utilizzando il modello di sistema dinamico di ASTRA. È da intendersi decisamente come una lista di lavoro e quindi soggetta a miglioramenti e revisioni durante la costruzione e la verifica delle componenti del modello. Ciò nonostante essa dovrebbe aiutare a mettere in evidenza le potenzialità del modello.

È molto importante identificare le leve che potrebbero essere introdotte nel modello di sistema dinamico di ASTRA per implementare i progetti e le politiche. La leva più importante potrebbe essere quella dei costi, ciò significa che ogni politica potrebbe essere quantificata cercando di capire quali potrebbero essere i costi di questo provvedimento e come questi potrebbero essere integrati nel modello? Ad esempio, un investimento in un'infrastruttura ferroviaria potrebbe essere calcolato col prezzo per un km di nuovo tracciato. Il calcolo dovrebbe dipendere dagli investimenti totali del modulo macroeconomico e dovrebbe avere un effetto sull'offerta di infrastruttura nel modulo di trasporto e di conseguenza anche sugli indicatori di accessibilità nel modulo dell'economia regionale.

Le politiche sono elencate di seguito. E' importante ricordare che tutte queste ipotesi preliminari saranno riconsiderate nuovamente durante il progetto, una volta che il modello sarà pronto e funzionante.

4.4.1 Investimenti

In linea di massima si è assunto che il modello di sistema dinamico utilizzerà un sistema di zone nazionali e, quindi, gli impatti derivanti da investimenti nei trasporti non saranno analizzati da un punto di vista locale. In altre parole, il modello non sarà in grado di valutare l'impatto dell'alta velocità nel tunnel del Frejus tra Lione e Torino, ma invece potrà valutare l'impatto di un nuovo collegamento ferroviario ad alta velocità fra due grandi aree metropolitane. La struttura del modello favorirà l'analisi delle politiche di investimento dipendentemente dalle classi di distanza (urbana, metropolitana, regionale e inter-regionale) e quindi il modello sarà in grado di valutare l'impatto degli investimenti per specifico modo di trasporto e/o per specifica area funzionale o tra specifiche coppie di aree funzionali:

- l'investimento in ferrovie urbane/metropolitane/regionali o ferrovie ad alta velocità/lunga percorrenza;;
- l'investimento in strade a differente scala;
- l'investimento in servizi autobus a scala urbana/locale/regionale.

4.4.2 Le politiche

Testando gli impatti sulle politiche di regolazione e dei prezzi il modello di sistema dinamico dovrebbe essere più flessibile e offrire maggiori possibilità di utilizzo. I sussidi agli operatori del trasporto pubblico potrebbero essere analizzati in termini di riduzione dei costi del biglietto degli utenti e, allo stesso tempo, i sussidi alle industrie per gli investimenti in nuove tecnologie potrebbero essere simulati direttamente in termini di riduzioni delle emissioni.

Una lista preliminare di politiche potrebbe includere:

- politiche dei prezzi (parcheggi a pagamento alla scala urbana/metropolitana, road pricing, ecc.);
- politiche di regolazione (car pooling, riduzione della velocità sulle strade, aumento della proibizione della circolazione notturna degli autotreni, ecc.);
- politiche di tassazione (tassa sui carburanti per il trasporto stradale, incentivi alla rottamazione delle vecchie auto, ecc.).

4.4.3 Gli impatti

In questo paragrafo viene presentata una prima lista degli impatti che sembrano di particolare interesse per lo scopo del progetto.

Impatti generali:

- impatti sul settore industriale delle variazioni nei costi generalizzati di trasporto (forze centripete o centrifughe);
- impatti dei costi di internalizzazione delle esternalità del trasporto o di spostamento verso modi di trasporto ambientalmente più favorevoli;
- impatti sul Prodotto Interno Lordo del consumo ridotto delle risorse non rinnovabili;
- impatti economici delle politiche che ridurranno le emissioni di CO₂ attraverso la riduzione dello spostamento;

- impatti delle politiche dei prezzi rispetto alle politiche di comando e controllo;
- impatti sull'occupazione degli investimenti di trasporto rispetto ad altri tipi di investimenti;
- gli impatti del finanziamento privato rispetto a quello pubblico degli investimenti del trasporto.

Impatti specifici del trasporto:

- gli impatti sui tempi di trasporto per modo e per scopo di viaggio a scala urbana/metropolitana/regionale e interregionale;
- gli impatti sui costi di trasporto per modo e per scopo a scala urbana/metropolitana/regionale e interregionale;
- gli impatti sulla ripartizione modale per scopo a scala urbana/metropolitana/regionale e interregionale.

Impatti ambientali specifici:

- effetto delle politiche in termini di aumento o diminuzione delle emissioni di CO₂ e consumo di risorse);
- effetto delle politiche in termini di aumento o diminuzione delle emissioni di rumore e di NO_x.
- effetto delle politiche in termini di aumento o diminuzione del cementificazione del territorio e degli effetti sulle aree protette.

5. UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE DI UN MODELLO INTEGRATO TRASPORTI E TERRITORIO A SCALA EUROPEA

L'applicazione del modello integrato trasporti e territorio a scala europea è stata realizzata nell'ambito di uno studio con l'obiettivo di valutare l'impatto delle barriere di trasporto esistenti sul funzionamento del mercato interno. Lo studio è stato promosso dal Direttorato Generale XV - Affari finanziari e mercato interno - della Comunità Europea nell'ambito della "Rassegna 1996" mirata a promuovere ulteriori azioni a favore dello sviluppo del mercato interno (TRT, 1997).

Molti dei benefici del programma del mercato interno derivano dall'aumento della competizione dovuto alla liberalizzazione del contesto di regolazione e da una più efficiente allocazione delle risorse a seguito della rimozione delle barriere non tariffarie al libero commercio tra i paesi dell'Unione Europea. Tuttavia le barriere naturali, dovute alla posizione geografica, e artificiali, dovute a connessioni poco efficienti tra i paesi, continuano a limitare la competizione e continuano ad ostacolare la libera circolazione di beni, servizi e persone nell'Unione Europea.

Lo studio è stato svolto in due passaggi. Nel primo passaggio sono state investigate le cause d'inefficienza nell'attuale rete di trasporto, analizzando i risultati disponibili in merito ad indagini sui sistemi di trasporto e realizzando una nuova indagine volta a raccogliere le opinioni di un campione di grandi industrie e di spedizionieri di merce europei. Nel secondo passaggio sono stati preparati degli scenari di previsione per l'anno 2005: uno scenario di riferimento, ovvero la soluzione di minimo intervento sul sistema di trasporto, è stato quindi confrontato con degli scenari alternativi, caratterizzati da politiche di intervento con differenti gradi di integrazione. La simulazione dello scenario di riferimento e delle politiche di intervento è stata realizzata attraverso il modello integrato di trasporto e uso del suolo Meplan.

Tramite il modello Meplan, un pacchetto *software* disegnato per facilitare l'analisi dell'interazione tra le attività economiche ed il trasporto all'interno di un unico contesto integrato, sono state prodotte le statistiche operative per ciascun modo di trasporto, stimando costo, tempo ed altri risparmi indiretti per ciascun tipo di utente del trasporto, relativamente alle diverse politiche. Gli impatti delle politiche sono stati valutati anche a livello macroeconomico in termini di variazione dei livelli di produzione regionale. Sono stati distinti gli effetti diretti ed indiretti sull'economia e sono stati prodotti un certo numero di indicatori quantitativi. Lo studio ha fornito anche un limitato insieme di indicatori ambientali come l'uso di energia e le emissioni per modo di trasporto di ogni scenario.

5.1 La percezione delle inefficienze attuali

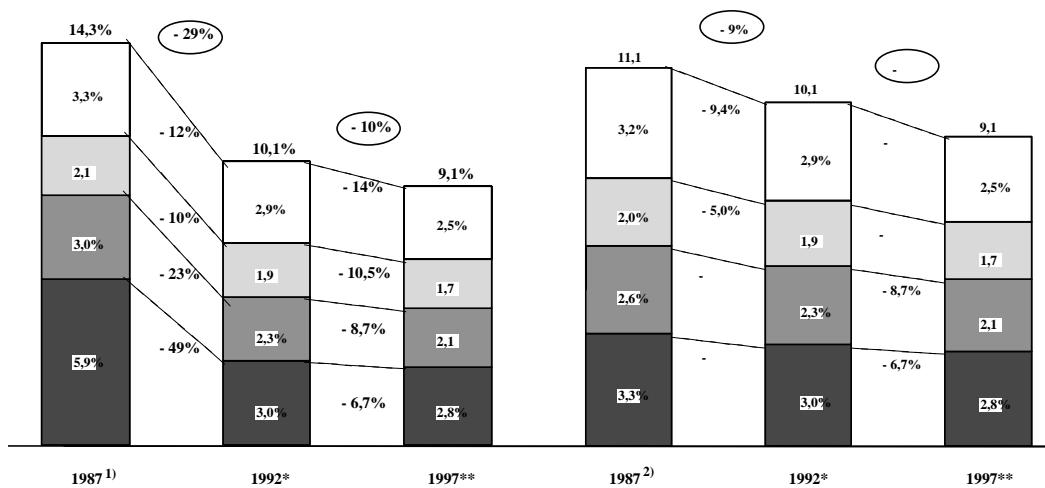
Al fine di identificare le inadeguatezze del sistema dei trasporti e il loro impatto sul mercato interno, è stata realizzata una apposita indagine presso le grandi industrie e

gli spedizionieri di merci europee. I risultati sono stati in parte inaspettati, dato che i costi del trasporto sono percepiti in decremento negli anni passati e sono previsti in ulteriore decremento anche nel futuro, sebbene con un tasso più lento.

Contraddicendo il “senso comune” nei confronti degli effetti della congestione, si è rilevato come l’effetto combinato del miglioramento della logistica (*just in time*) e dell’incremento del valore dei beni scambiati, prevalga rispetto agli aumenti dei costi del trasporto dovuti alla congestione e all’inadeguatezza delle infrastrutture.

Un’altra inefficienza del trasporto in Europa, che non rientrava nello scopo dello studio, è quella dell’impatto ambientale. In quanto esternalità, per definizione essa non è direttamente percepita dalle imprese (così come dagli automobilisti privati) che la generano. In ogni modo è da intendere come un fattore critico, dato che il miglioramento dell’impatto sull’ambiente dei mezzi di trasporto è un traguardo principale, insieme all’aumento della competizione, delle Politiche Comuni di Trasporto.

Figura 5. Errore. L'argomento parametro è sconosciuto. Riduzione dei costi della logistica (media europea)



Costi della Logistica e % dei Ricavi

- Tenere le scorte
- Amministrazione
- Magazzinaggio
- Trasporto

- 1) 1987 valori attuali ottenuti dall’indagine sulla Logistica Europea del 1988
- 2) 1987 valori stimati ottenuti dall’indagine sulla Logistica Europea del 1993
- * 1992 valori attuali ottenuti dall’indagine sulla Logistica Europea del 1993
- ** 1997 valori previsti ottenuti dall’indagine sulla Logistica Europea del 1993

Fonte: TRT (1997)

5.2 Gli scenari all'anno 2005

Al fine di determinare con esattezza l'impatto delle differenti politiche possibili, uno *Scenario di Riferimento* (o soluzione di minimo intervento) è stato confrontato con due principali scenari alternativi - *Integrazione Parziale* e *Integrazione Totale* - ed inoltre sono stati condotti due test di sensitività basati sullo scenario di *Integrazione Totale*.

I contenuti degli scenari alternativi - *Integrazione Parziale* e *Integrazione Totale* - sono stati definiti in modo tale da permettere di separare la valutazione d'impatto sulla prestazione dei sistemi di trasporto nel mercato interno degli investimenti nelle infrastrutture e delle politiche normative e di regolazione. Lo scenario di *Integrazione Parziale* includeva tutti i progetti infrastrutturali e solo un piccolo numero di politiche di regolazione, mentre lo scenario di *Integrazione Totale* assumeva che fossero state applicate con successo le politiche volte ad aumentare la competizione e a ridurre i costi delle operazioni di trasporto nell'Unione Europea entro il 2005.

Le principali assunzioni sugli investimenti infrastrutturali erano le seguenti:

- (a) nello *Scenario di Riferimento* sono state considerate in esercizio all'anno 2005 soltanto alcune parti dei 14 progetti prioritari TEN: i progetti già in costruzione e destinati ad essere completati per il 2005 e quelli già commissionati dagli stati membri;
- (b) gli scenari di *Parziale* e *Totale Integrazione* includevano tutte le parti rimanenti dei 14 progetti prioritari TEN che si aspettava venissero completati entro il 2005.

Le principali assunzioni sulle politiche erano invece le seguenti:

Provvedimenti di armonizzazione

- (a) gli scenari sia d'*Integrazione* di *Base* che *Totale* descrivevano una situazione in cui l'unica area di armonizzazione era l'aumento degli standard qualitativi, ambientali e di sicurezza;
- (b) lo scenario di *Totale Integrazione* descriveva una situazione nella quale erano completamente applicate le Politiche Comuni di Trasporto per l'integrazione e l'introduzione della competizione dei servizi di trasporto in Europa, con i relativi cambiamenti significativi dei costi e delle tariffe dei diversi modi di trasporto.

Liberalizzazione e Competizione

- (a) in entrambi gli scenari di *Base* e di *Integrazione Parziale*, in assenza di un forte impegno Europeo per rimuovere le distorsioni di prezzo, si è assunto che la liberalizzazione delle industrie di trasporto sia stata raggiunta solo parzialmente.

- (b) nello scenario di *Totale Integrazione* è stata ipotizzata l'adozione di un'ampia gamma di provvedimenti di armonizzazione per regolamentare le pratiche monopolistiche nel settore dei trasporti e garantire la competizione nell'Unione Europea.

Infine due test di sensitività sono stati costruiti sulla base dello scenario di *Totale Integrazione* allo scopo di affrontare due questioni critiche nel settore del trasporto Europeo. Il primo test esaminava l'impatto dell'introduzione estensiva di una politica di prezzi di congestione sulle principali strade Europee e il secondo esplorava l'effetto prodotto sul mercato da un'aumento della qualità dei servizi ferroviari.

5.3 Costi e tariffe di trasporto

I differenti scenari sono stati tradotti, per gli scopi della modellizzazione, in variazioni nei costi di trasporto e nelle tariffe percepiti dalle imprese e dalla popolazione. Mentre lo Scenario di Riferimento assumeva che l'attuale regime dei costi e delle tariffe avesse dovuto continuare anche nel futuro con piccole modifiche, negli altri scenari ciascuna politica o ciascuna implementazione di infrastruttura generava delle specifiche variazioni di costo e di prezzo, che a loro volta influenzavano la scelta del modo di trasporto e dell'itinerario degli utenti. Oltre alla contabilizzazione dei costi diretti, è stato poi fatto uno sforzo per quantificare le "funzioni di disutilità", ovvero i costi di trasporto indiretti, quantificando fattori critici come la disponibilità a pagare degli utenti per migliori livelli di servizio.

5.4 Struttura del modello e applicazione

Gli impatti degli scenari alternativi sono stati verificati tramite il modello Meplan, uno strumento *software* progettato per prevedere gli effetti dei cambiamenti del trasporto sull'economia regionale e vice versa. Una precedente versione di questo stesso modello era stata impiegata nel 1991 per la Direzione Generale XVI della Commissione Europea per analizzare gli impatti dell'apertura del Canale della Manica sull'economia regionale nell'Unione Europea. Ulteriori versioni dello stesso *software* sono correntemente utilizzate nei progetti Europei STREAMS e SCENES (modelli strategici di trasporto basati su reti multimodali a scala europea e che includono esplicitamente, oltre ai 15 paesi membri, l'Europa Centrale e le nazioni dell'Est) e EUNET (modelli integrati di economia regionale e trasporto in diversi casi studi nell'Unione Europea).

La struttura del modello è stata disegnata per rappresentare i sistemi di trasporto su medie e lunghe distanze nel contesto economico territoriale europeo e comprende:

- (a) *un modulo economico territoriale* che modella i vincoli macroeconomici e stima la localizzazione della produzione e del consumo e gli scambi

commerciali risultanti (per la parte merci) e gli spostamenti per motivi d'affari e personali (per la parte passeggeri).

- (b) *un modulo di trasporto multimodale* che, data la domanda e l'offerta totale di infrastrutture di trasporto, stima i carichi passeggeri e merci per ogni modo e percorso.

Il modulo economico territoriale è basato sull'approccio della matrice input-output regionalizzata che rappresenta le attività primarie, secondarie e dei servizi e comprende tutti i tipi di attività economiche come la produzione industriale, gli investimenti e il valore aggiunto. Lo stesso modello stima inoltre la domanda di spostamenti personali. Da un lato il modulo economico territoriale stima le matrici origine/destinazione della domanda di trasporto merci (sulla base sugli scambi commerciali interregionali delle industrie che generano merci) e dall'altro stima l'impatto dell'accessibilità dei trasporti sui costi di produzione e consumo, e quindi regola la localizzazione delle attività in ogni regione. La procedura di calibrazione del modello ha inoltre tenuto conto dei vincoli potenziali alla crescita economica e dei processi storici di localizzazione di ciascun paese.

Il modulo di trasporto multimodale ha trattato esplicitamente sia il trasporto passeggeri sia il trasporto merci su medie e lunghe distanze. Esso prevedeva una rappresentazione a scala europea della offerta esistente di trasporto (attraverso l'uso di una rete di trasporto strategico multimodale) disponibile per ogni tipo di veicolo e per ogni operazione intermodale. La metodologia utilizzata ha consentito una modellizzazione integrata e flessibile dei modi di trasporto, comprendendo senza restrizioni sia i modi che competono gli uni con gli altri (multimodalità), sia i modi che si collegano in cascata gli uni con gli altri (intermodalità). Il modello rappresentava la domanda di trasporto a un livello di disaggregazione dei tipi di flussi di merci e passeggeri che manteneva esplicitamente le differenze nella loro sensibilità al costo e alla qualità del servizio e i *trade-off* tra il costo monetario diretto, il tempo e la qualità del servizio.

Nel modello si è fatto riferimento a 75 zone divise in 63 zone interne (con un livello di dettaglio che corrisponde al NUTS1) per i paesi EU e 13 zone esterne. In base alla disponibilità di dati presso Eurostat ed altri organismi internazionali (ricostruzione della rete strategica multimodale di trasporto e stima della matrice per passeggeri e merci) si è adottato il 1991 come anno di base e il 2005 come anno orizzonte dello studio.

5.5 La valutazione degli scenari

I risultati del modello hanno evidenziato differenze di un certo interesse tra gli scenari di *Interazione Totale* e *Parziale*: l'impatto della Politica Comune dei Trasporti è sembrato essere certamente il più significativo sulla domanda di

spostamento e sulle economie regionali rispetto a quello del miglioramento delle infrastrutture.

Lo scenario di *Integrazione Parziale*, che è essenzialmente uno scenario di miglioramento delle infrastrutture, ha stimolato la domanda di trasporto globale con una crescita in termini di passeggeri-km e di tonnellate-km rispetto allo *Scenario di Riferimento*. In risposta alla realizzazione dei progetti ferroviari inclusi nella rete TEN, si è registrata una notevole crescita nell'uso dell'alta velocità ferroviaria, con passeggeri sottratti al treno convenzionale, all'auto (per spostamenti a media distanza) e all'aereo (per spostamenti a lunga distanza). Per le merci, i cambiamenti complessivi nella ripartizione sono stati trascurabili, anche perché la maggioranza dei progetti TEN erano concentrati soprattutto sui servizi passeggeri.

Nello scenario ad *Integrazione totale* gli impatti sono risultati essere distribuiti più equamente tra i passeggeri e le merci e nel complesso si è previsto un differente utilizzo dei modi di trasporto: la strada ha perso passeggeri sulle distanze più lunghe a favore della ferrovia e dell'aereo, mentre per le merci la navigazione e il trasporto fluviale hanno incrementato la loro quota. Nel caso dei passeggeri si è vista una riduzione degli spostamenti stradali come effetto degli aumenti dei pedaggi autostradali, mentre l'aereo ha catturato alcuni degli spostamenti a media e lunga distanza dai modi stradali e in piccola parte anche dal mercato dell'alta velocità ferroviaria, in seguito alla ulteriore riduzione delle tariffe aeree e al leggero aumento dei prezzi dei biglietti dei treni ad alta velocità. Dall'altra parte i treni passeggeri hanno guadagnato nelle brevi e medie distanze dove l'aereo non può competere efficacemente. In generale c'è stata una lieve riduzione nella domanda di spostamento passeggeri nell'intera Unione Europea rispetto allo *Scenario di Riferimento* del 2005 (in questo come nel precedente scenario si è comunque ottenuta una crescita sostanziale rispetto all'anno base 1991).

Il trasporto merci ha ottenuto un piccolo ma significativo aumento nel totale delle tonnellate-km come risultato della deviazione di spostamenti di media e lunga distanza di alcune categorie merceologiche verso modi non stradali, che generalmente determinano un aumento della distanza dello spostamento per il ricorso ai punti di trasferimento (terminali, porti, ecc.).

L'estensione della tassazione sulla congestione anche sui collegamenti non autostradali ha determinato un'ulteriore diminuzione nell'uso dei modi stradali a favore della ferrovia per i passeggeri e per le merci. Infine i test di sensitività sulle ferrovie hanno mostrato l'esistenza di potenzialità per il miglioramento del servizio ferroviario. Una valutazione economica complessiva degli scenari e dei test di sensitività è stata fatta mostrando i benefici per gli utenti e i ricavi degli operatori.

Tab. 5.1 Risparmi annui rispetto allo Scenario di Riferimento all'anno 2005
(milioni di ECU 91)

	Costi risparmiati	Tempo risparmiato	Costi totali e tempo risparmiato	Risparmio totale (compresi altri costi indiretti)
<i>Scenario di Integrazione Parziale</i>	2,089	1,546	3,635	10,268
<i>Scenario di Integrazione Totale</i>	53,407	13,118	66,525	92,467
<i>(Integrazione Totale) Elasticità rispetto alla tassazione della Congestione</i>	60,812	24,738	85,550	119,321
<i>(Integrazione Totale) Elasticità rispetto alla qualità del servizio ferroviario</i>	66,893	27,674	94,567	128,965

Note:

- 1 Il risparmio annuale riguarda i passeggeri e le merci e i ricavi degli operatori. L'ultima colonna è una somma composta dei risparmi dei costi, dei tempi (ovvero ore convertite in unità monetarie utilizzando il valore del tempo) e delle disutilità.
- 2 Nel caso dei passeggeri, nel calcolo sono compresi tutti i tempi; nel caso delle merci, si fa riferimento a tutti i tempi solo nel caso del *general freight*. Per le merci *rinfuse* sono esclusi i risparmi di tempo e di disutilità dato che nel caso di spedizioni pianificate e regolari, il tempo di transito di norma non viene tenuto in considerazione, fintanto che non è mantenuta una ragionevole puntualità. In ogni caso i tempi includono l'accesso, il trasferimento e l'attesa al terminale. È da notare come negli scenari in cui i passeggeri e le merci si spostano dalla strada ad altri modi, l'effettivo tempo porta a porta può allungarsi e questo si trasforma in un beneficio negativo, da prendere, tuttavia, con attenzione.

I risultati ottenuti dal modello di economia regionale sono stati utilizzati per valutare l'impatto potenziale degli scenari. Confrontato con lo *Scenario di Riferimento* al 2005, lo scenario di *Integrazione Parziale* ha comportato una riduzione relativa della produzione totale nelle nazioni periferiche, dovuta al miglioramento dell'accessibilità delle altre nazioni ai mercati locali delle regioni periferiche. Tale vantaggio relativo è apparso tuttavia piuttosto ineguale nei vari settori: i settori dell'agricoltura e dell'industria pesante tendevano a crescere maggiormente nelle aree periferiche, mentre l'industria leggera e i servizi tendevano a concentrarsi nelle regioni localizzate centralmente. Coerentemente con i risultati del modello di trasporto, il modello economico regionale ha evidenziato come la produzione e il consumo abbiano verosimilmente beneficiato del miglioramento dell'infrastruttura e dalle operazioni intermodali in termini di disutilità e non in termini monetari; nessun impatto sul costo monetario diretto di beni e servizi è stato infatti registrato.

Lo scenario di *Integrazione Totale* ha fatto registrare un certo vantaggio in termini di maggior crescita delle regioni più sviluppate e localizzate centralmente e dei nuovi stati membri rispetto ai paesi economicamente più arretrati.

Nel primo test di elasticità dello scenario di *Integrazione Totale* mirato a valutare gli effetti della tassazione della congestione, l'impatto localizzativo sembra essere simile ancora a quello dell'*Integrazione Totale*. Un notevole cambiamento sembra essere

però la tendenza delle nazioni localizzate centralmente e dei nuovi stati membri a ridurre il livello complessivo di produzione nelle industrie primarie e secondarie. Il pagamento del pedaggio sulle lunghe distanze di traffico si riflette in un aumento del costo di produzione, ma in termini di disutilità (ovvero quando vengono presi in considerazione i costi indiretti del trasporto) l'aumento del costo non sembra essere così severo. Bisogna notare come nessuno dei segnali di costo e di disutilità registrati dal modello comprende la redistribuzione del ricavo del pedaggio e il beneficio degli accresciuti ricavi per i modi non stradali, dove i costi fissi sono alti e i costi operativi marginali bassi.

Il secondo test di elasticità, relativo al miglioramento della qualità ferroviaria, determina la riduzione delle disutilità di produzione e consumo, dimostrando la potenzialità del miglioramento del servizio ferroviario nell'economia in generale. Le industrie pesanti e i servizi sono i settori nei quali si è osservata la maggiore riduzione della disutilità di produzione, indicando le aree dove la ferrovia ha un vantaggio naturale sugli altri modi, ovvero la spedizione delle merci *rinfuse* e i viaggi per lavoro dei passeggeri.

5.6 Impatti principali e risultati

Dato il carattere dello studio, gli indicatori prodotti dal modello sono da intendere come delle indicazioni piuttosto che dei risultati definitivi e necessitano di essere interpretati con accortezza all'interno del contesto degli scenari studiati. In conclusione, i principali risultati dello studio suggeriscono le seguenti considerazioni:

- La rassegna e l'indagine svolta nello studio ha messo in evidenza come il costo generalizzato di trasporto necessita di venire esaminato sistematicamente. Oltre al costo monetario diretto dello spostamento, che non è stato identificato come l'elemento cruciale, esistono infatti altri fattori che risultano estremamente importanti come il tempo di viaggio, l'affidabilità, la flessibilità e l'interoperabilità. Al crescere della produzione delle industrie europee e della mobilità delle persone, i fattori sopra menzionati (che rappresentano i costi indiretti relativi al trasporto) stanno assumendo una importanza sempre maggiore nel trasporto interregionale di merci e passeggeri. In molte istanze la componente indiretta del costo può pesare di più del costo monetario diretto del trasporto.
- Utilizzando la metodologia di studio per il conteggio dei costi di trasporto diretti e indiretti, si è visto per confronto come l'impatto della costruzione di infrastrutture e della realizzazione delle politiche pianificate sia positiva. Le politiche di regolazione e di tariffazione a scala europea hanno un impatto decisamente maggiore rispetto a miglioramenti infrastrutturali localizzati come i collegamenti TEN.

- L'impatto è largamente differenziato per i vari settori del trasporto: è limitato per il trasporto merce stradale (il modo dominante), che è già abbastanza competitivo, ed è decisamente più grande nei servizi aerei, date le ampie opportunità per liberalizzare il settore e ridurre le tariffe; una potenzialità simile esiste per il settore ferroviario.
- Gli spostamenti dei passeggeri a media e lunga distanza dovrebbero beneficiare dalle politiche comprese negli scenari, particolarmente attraverso gli sviluppi nei servizi aerei e ferroviari ad alta velocità. Questo a sua volta porterà dei benefici all'industria dei servizi e a tutti quei settori industriali che sono basati su un'alta professionalità della forza lavoro. Dall'altra parte anche il turismo intra-EU dovrebbe guadagnare da questo e ciò potrebbe condurre ad ulteriori benefici sociali e politici, come la coesione dell'EU.
- Per il trasporto merci esistono dei trade-off tra gli obiettivi della politica europea di riduzione della congestione e dell'inquinamento e i costi che gli utenti del modo stradale dovranno affrontare. E' utile tenere a mente il fatto che, nel futuro, maggiori costi monetari per le imprese (attraverso pedaggi stradali e altre tassazioni sulla congestione) potrebbero essere trasferiti in maggiori investimenti per le infrastrutture di trasporto, in una riduzione del carico fiscale complessivo e in una migliore qualità della vita.

Quella che segue è invece una breve lista di importanti argomenti che meriterebbero un'ulteriore analisi:

Le prospettive del trasporto ferroviario

Come anche riscontrato di recente in letteratura, le ferrovie dovrebbero promuovere un ciclo virtuoso di crescente efficienza attraverso la competizione, altrimenti il carico dei sussidi richiesti finirà con l'essere considerato insopportabile dalla maggior parte degli stati e ciò comporterà inevitabilmente una contrazione del loro ruolo.

Il ruolo dei costi del trasporto per le regioni periferiche

Dal punto di vista delle industrie, il miglioramento dei collegamenti con le aree più sviluppate può avere sia un impatto positivo (risultante da una migliorata accessibilità) sia effetti negativi (dovuti alla aumentata competizione). L'ammontare netto dell'impatto sembrerebbe dipendere fortemente dalla struttura industriale locale e conseguentemente una indagine più accurata è necessaria per ciascun ramo d'industria.

La congestione urbana

La congestione e l'inquinamento dovuto al traffico urbano necessitano probabilmente di una azione pubblica di maggior spessore. Spesso l'attenzione pubblica è rivolta al

sistema dei trasporti di lunga distanza, senza tenere conto del fatto che le prestazioni di questo sono largamente influenzate dalle condizioni del traffico locale in tutte le aree attraversate. I benefici della riduzione della congestione a scala locale ha certamente delle ampie ricadute anche a livello interurbano.

Impatto locale

L'impatto della Politica Comune di Trasporto e delle nuove infrastrutture in regioni specifiche e in settori industriali dovrebbero sicuramente beneficiare da ulteriori analisi più dettagliate.

6. INDICAZIONI PER LA PIANIFICAZIONE

6.1 Politica dei trasporti e modelli di valutazione

I meccanismi di scelta politica non sembrano essere molto influenzati, né ora né in passato, dagli strumenti logico-formali che le diverse discipline, in prevalenza quelle economiche, mettono a disposizione per la pianificazione dei trasporti. E ciò non solo a livello modellistico, cioè per le scelte di investimenti localizzati. In altre parole, neppure i più semplici strumenti di analisi costi-benefici, o addirittura di analisi finanziaria, risultano giocare un ruolo di qualche rilievo nella dialettica della politica dei trasporti italiani.

In altri paesi europei la questione appare per lo meno più articolata: La Gran Bretagna ha una discreta tradizione di uso di strumenti di valutazione (es. il modello dei trasporti di Londra, le tecniche per gli investimenti stradali, ecc.); la Francia ha effettuato una revisione critica del proprio piano per l'Alta Velocità ferroviaria riferita almeno ad elementi di analisi finanziaria (anche se non è certo se le raccomandazioni molto severe scaturite da quella analisi avranno un seguito); la Germania ha un impianto metodologico apparentemente rigoroso, ma anche qui risulta che alla fine considerazioni più legate al consenso hanno un ruolo determinante. C'è da osservare nel complesso che fuori d'Italia esiste per lo meno qualche dialettica tra strumenti tecnico-scientifici e sfera delle decisioni. In altre parole, il mondo politico amministrativo ha imparato a servirsi di tali strumenti nel normale dibattito democratico, rendendo così più trasparenti e articolati gli obiettivi e gli strumenti dell'intervento pubblico.

In Italia sembra che la situazione sia molto più arretrata. Si prenda ad esempio il noto caso del tentativo fatto negli anni '80 di definire un Piano Generale dei Trasporti (PGT) per l'Italia: i risultati furono addirittura paradossali. L'unico settore in cui furono usati alcuni (semplici) strumenti di valutazione quantitativa fu quello ferroviario. E proprio su quel settore intervenne una decisione interamente "politica" di realizzare un sistema ad alta velocità totalmente separato dalla rete esistente (secondo il modello del TGV francese), ignorando integralmente le valutazioni citate che portavano ad interventi radicalmente diversi.

Dall'esperienza PGT discese poi quella cultura della *shopping list* che è ancora dominante in Italia: ogni agenzia e ogni amministrazione deve chiedere tutto, concentrandosi sugli investimenti, poiché l'intervento dello stato è interpretato essenzialmente come elargizione spartitoria di risorse per investimento. Ogni atteggiamento di scelta tra spese alternative costituisce ovviamente un'intrinseca minaccia al modello di *shopping list* qui sommariamente descritto. E anche sottolineare le interrelazioni pesantissime che esistono tra fabbisogni investimenti ed efficienza gestionale diviene pericoloso in questa logica, perché può ridurre la domanda di investimenti (che deve rimanere massima).

Le cause di questa arretratezza italiana non sono certo riassumibili in breve: ci si limiterà a citare il modesto livello culturale della pubblica amministrazione, la debolezza dell'amministrazione centrale (divisa in due ministeri che si occupano di trasporti) rispetto alle grandi agenzie monopolistiche, FS, Autostrade, aeroporti, ecc.

Tuttavia queste spiegazioni appaiono riduttive: una lettura meno benevola dell'azione pubblica, riconducibile all'approccio *public choice*, vede nel sistema degli obiettivi dei decisori la radice del problema. Tali obiettivi dovrebbero includere, nel settore dei trasporti, importanti contenuti di efficienza ed essere proiettati al lungo periodo. Solo in questo caso infatti l'uso di strumenti quantitativi di analisi avrebbe rilevanza. Ma se invece gli obiettivi sono riconducibili al consenso di breve periodo, in cui prevalgono aspetti distributivi leciti ma anche meno trasparenti (come ad esempio la preferenza verso il proprio collegio elettorale), è chiaro che tali strumenti si tramutano in fastidioso fattore di disturbo.

6.2 Come fare crescere il dialogo tra decisori e modellisti

Se il dialogo tra decisori e modellisti non si sviluppa, la modellistica rimarrà una esercitazione accademica, usata tutto al più strumentalmente solo nel caso confermi i desideri del "principe". E ciò avrebbe, ed ha, anche effetti di sostanziale corruzione della sfera scientifica, indotta ad atteggiamenti opportunistici, per esempio privilegiando modelli scientifici che giustificano ogni sorta di spesa pubblica. Allora il mondo scientifico dovrebbe assumere a propria volta un comportamento strategico: richiedere alcune "condizioni" ai decisori e offrire in cambio prodotti comunque più spendibili politicamente, che non i solitamente incomprensibili schemi attuali.

Le "condizioni" che devono essere irrinunciabilmente richieste alla sfera politica dovrebbero essere le seguenti:

- a) *Che le politiche o i progetti da sottoporre ad analisi modellistiche (o comunque quantitative) siano espressi in termini di alternative significative.* In caso contrario l'esperienza, e la teoria, insegnano che è facilissimo giustificare un qualsiasi intervento: è sufficiente per esempio usare tecniche di tipo *Keynesiano* (in contesti che non lo sono più), o essere "adeguatamente pessimisti" nel definire la situazione di riferimento, o invece assegnare valore elevati a benefici intrinsecamente certi, ecc.
- b) *Che le analisi o le modellizzazioni siano svolte da soggetti neutrali rispetto agli esiti delle analisi stesse.* Oggi la prassi dominante è esattamente l'opposto: le analisi sono sistematicamente affidate ai promotori della spesa. Si pensi ai grandi progetti infrastrutturali: l'Alta velocità è stata studiata da FS, il ponte sullo Stretto di Messina dalla società con lo stesso nome appositamente costruita, le autostrade sono valutate dalle stesse società che tramite tali proposte di investimento ottengono (o sperano di

ottenere) il prolungamento senza gara delle concessioni. Tale neutralità non è affatto facile da conseguire, e richiede una volontà politica esplicita: infatti qualsiasi società di ingegneria, o organo amministrativo, ha un interesse implicito maggiore allo sviluppo del settore di cui si occupa per cui sarà, *coeteris paribus*, ovunque più propensa a dare risultati positivi a progetti e programmi di spesa.

- c) *Che le analisi e i modelli debbano tenere in adeguato conto gli aspetti finanziari, cioè i vincoli di bilancio.* Ciò al fine di accrescere la trasparenza e l'informazione sulla finanziabilità delle politiche, cioè in fondo per accrescere il realismo delle analisi anche quando questo aspetto può non essere gradito al decisore pubblico, in quanto è sostanzialmente il più conflittuale con il possibile uso alternativo delle risorse pubbliche.

Le cose che la sfera scientifica professionale deve concedere sono anche essenzialmente tre:

- i. *Dare maggiormente enfasi ai contenuti distributivi, sia spaziali che sociali, dei progetti e delle politiche.* La modellistica moderna lo consente pienamente, ma l'accento è ancora sempre posto sugli obiettivi di efficienza complessiva (surplus, VAN, ecc.). Gli aspetti distributivi, per tradizione di un pensiero economico un po' datato, sono considerati alla meglio ancillari in quanto oggetto di valutazioni "extraeconomiche". Poiché i già citati obiettivi di consenso si giocano invece in modo essenziale sugli impatti distributivi e spaziali, è necessario (e corretto) dargli enfasi adeguata visto che ciò non implica affatto rinunciare a tirare le somme, cioè a leggere i risultati di efficienza come somma algebrica degli impatti distributivi.
- ii. *Tenere in adeguata considerazione gli aspetti occupazionali.* Qui certo il discorso si intreccia strettamente con la necessità di valutare soluzioni alternative altrimenti si cade nell'agiografia; qualsiasi programma di investimenti, anche il più dissennato, genera occupazione. Sulle tipologie occupazionali (stabili, di lungo o breve periodo ecc.) e sulle ricadute industriali e tecnologiche certo molto lavoro resta ancora da fare, e quindi qui parliamo in realtà più di un impegno dei modellisti che di una "concessione" alla sfera politica.
- iii. *Dare un peso maggiore alle variabili ambientali.* Per fare questo può essere necessario spingersi fino al punto, invisibile agli economisti, di accettare una logica di standards (cioè di costi marginali infiniti) invece che di costi-opportunità. Ma questa pesante concessione non implica affatto che si rinunci ad un altro tipo di analisi di costi-opportunità; quella sui costi per conseguire lo standard. Qui lo spazio di analisi è relevantissimo: si pensi al trade-off tra gli altissimi costi di una diversa ripartizione modale e i costi di abbattimento delle esternalità ambientali. Questi ultimi oggi probabilmente sono molto più bassi di quelli del cambio modale, politica che sembra essersi dimostrata inefficace e inefficiente per migliorare l'ambiente. Certo qui l'ambito dell'analisi tende a divenire ampio, di tipo nazionale o sovranazionale per confrontare

per esempio strategie fiscali e tecnologiche, ma la modellistica attuale consente perfettamente di avventurarsi in queste dimensioni, e anzi l'interazione tra politiche generali e progetti specifici (per esempio, strategie infrastrutturali) deve divenire oggetto di analisi sistematica.

È in conclusione dal dispiegarsi del dialogo tra politici e modellisti, che gli stessi modellisti troveranno, o meglio dovranno trovare, importanti stimoli ad arricchire ed articolare i propri strumenti ed il proprio linguaggio.

6.3 Quali indicazioni strategiche emergono dalla modellistica più recente?

La casistica è abbastanza ampia e certamente non univoca. Ci riferiamo qui ai risultati principali ottenuti dallo studio sulle politiche europee effettuato per la Direzione Generale XV della Commissione Europea (descritto nel dettaglio nel capitolo 5), come contributo alla diagnosi dell'impatto del mercato unico europeo e delle politiche comunitarie, che ha riguardato tutti i principali settori produttivi.

Le principali indicazioni possono essere così riassunte:

- Il peso economico degli interventi infrastrutturali strategici, i TEN per intenderci, è molto limitato rispetto a quello di politiche più generali (tariffarie, di liberalizzazione, ecc.). E' un risultato per certi casi ovvio, ma non è inutile ricordare ai decisori il peso relativo dei due tipi di azione, in modo da orientare meglio gli sforzi.
- In generale, il ruolo dei costi di trasporto di merci e passeggeri è limitato e declinante, nonostante le continue affermazioni del contrario fatte dagli interessi costituiti, sia industriali (costruttori), sia politici (soggetti interessati ad opere specifiche in aree specifiche. Questo risultato è assai meno intuitivo, se non si tiene presente che al crescere del valore aggiunto delle merci l'incidenza dei costi trasporto diminuisce e che la motorizzazione privata (Girandaux, 1996) ha aumentato enormemente la mobilità delle persone, nonostante i problemi che crea in altri ambiti.
- L'abbattimento dei costi di trasporto per aree centrali d'Europa e aree periferiche giova più alle prime che alle seconde, che possono essere danneggiate nel breve periodo. E anche qui gli obiettivi politici divergono dalle considerazioni economiche: riducendo i costi di trasporto si abbatte una certa forma di protezione e i produttori meno efficienti sono esposti a maggiore competizione. Ciò non comporta ovviamente indicazioni protezionistiche, ma solo riflessioni più attente alle conseguenze reali delle politiche di trasporto.
- Contenere i danni ambientali riducendo il traffico stradale a favore di altri modi (soprattutto la ferrovia), o imponendo pedaggi ambientali ha un costo per le imprese proporzionale a quanto si intende abbattere tali danni. Questo risultato è anch'esso

ovvio, ma ha generato, curiosamente, un dibattito serrato in seno alla Commissione europea, che apparentemente non riteneva opportuno esplicitare trade-off tra politiche ambientali e costi per le imprese.

- Ma il dibattito più rilevante in sede europea si è avuto circa i risultati possibili delle politiche ferroviarie. In pratica scenari in cui tali politiche (soprattutto di liberalizzazione) risultavano più lente nel conseguire riduzioni di costi e aumenti di efficienza, rispetto alla velocità in cui politiche di contenimento dei deficit generano aumenti delle tariffe, sono risultati come “non ipotizzabili”. Cioè è risultato politicamente impossibile configurare, neppure come ipotesi, un uso alternativo delle ingentissime risorse pubbliche assorbite dal modo ferroviario, nonostante i modesti risultati conseguiti da quest’ultimo nell’alleviare i costi ambientali del trasporto stradale. È ciò è avvenuto nonostante il libro verde di Kinnock sulle ferrovie non fosse affatto timido nel configurare, in caso di mancata riforma, scenari piuttosto foschi per le ferrovie. Ma è evidentemente apparso molto più “pericoloso” esprimere questi concetti in termini quantificati che non come generica ammonizione.

Certo, si è trattato di una prima applicazione di modelli integrati dei trasporti e delle attività produttive a scala europea, e la strada è ancora lunga. Tuttavia se il rigore scientifico non rimarrà disgiunto da una qualche dose di tensione civile nell’analizzare, e anche nel proporre, politiche e strategie di intervento, i risultati potranno essere significativi e stimolanti per il mondo reale delle scelte.

BIBLIOGRAFIA

- Alonso, W. (1964) *Location and Land Use: Towards a general theory of land rent*. Harvard University Press.
- Aschauer, D. (1989) *Is Public Expenditure Productive?*, Journal of Monetary Economics, Vol.23, No.2.
- Aschauer, D. (1989) *Public Investment and Productivity Growth in the Group of Seven*, Economic Perspectives, Federal Reserve bank of Chicago, Vol.13, No.5.
- Attaran, K; and Auclair, P (1990) *Highway Stock and Private-Sector Productivity*, Transport Research Record, Issue No.1274.
- Barker, T.S., Ekins, P. and Johnstone, N. (1995). *Global Warming and Energy Demand*. London: Routledge.
- Bell, M.G.H. (1997) *Does traffic restraint concentrate or disperse activities?*, Traffic Engineering and Control, 38 (12), pp. 666-669
- Berlioz, C; Vilmart, C; Arduin, J-P (1985) *An Example of Response to Demand for an Improved Service Offer: the Paris - South-East TGV (high-speed train)*, Transport Policy and Decision Making 3: 205-218.
- Bickel, P.; Schmid, S.; Krewitt, W.; Friedrich, R. (1997) *External Costs of Transport in ExternE*, publishable report, Stuttgart
- Birkin, M., Clarke, G., Clarke, M. and Wilson, A. (1987) *Geographical Information Systems and Model-based locational analysis: ships in the night of the beginnings of a new relationship*. Working Paper 498 School of Geography, University of Leeds.
- Birkin, M., Clarke, G., Clarke, M. and Wilson, A. (1990) *Elements of a model-based geographic information system for the evaluation of urban policy in L* Worrall (ed) *Geographic information system: developments and applications*. Belhaven, London
- Blum, U. (1982) *Effects of transportation investments on regional growth: a theoretical and empirical investigation*. Papers of the Regional Science Association, 49, pp. 169-184
- Bonnafoous, A. (1987) *The Regional Impact of the TGV*. Transportation 14, pp. 127-137.

- Bourne, L. (1992) *Self-Fulfilling Prophecies? Decentralisation, Inner City Decline and the Quality of Urban Life*. Journal of American Planning Association, Vol. 58 pp. 509-513.
- CEBR (1996) *Methodology for an Assessment of Macroeconomic and Employment Effects of Trans-European Transport Networks (TENS)*, CEBR report
- Cheung, Y.H.F. (1993) *Socio-economic impacts of large-scale transport projects*. Developments in European Land Use and Transport. Proceedings of PTRC Seminar E.
- Chisholm, M. (1985) *Accessibility and regional development in Britain: some questions arising from data on freight flows*. Environment and Planning A, 17(5) pp. 963-980.
- Christaller and Walter (1933) *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*. (English translation: *Central Places in Southern Germany* by C W Baskin, 1966)
- CEC - Commission of the European Communities (1992) *Towards Sustainability: a European Community programme of policy and action in relation to the environment and sustainable development*. COM(92)23. Brussels
- CEC - Commission of the European Communities (1993) *CORINAIR Working Group on Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic - Volume 1: Methodology and Emission Factors*, Brussels
- CEC - Commission of the European Communities (1995), *Modelling of urban transport*, APAS 26, Brussels.
- CEC - Commission of the European Communities (1995), *Assessment of road transport models and systems architectures*, APAS 31, Brussels.
- CEC - Commission of the European Communities (1996), *Methodologies for transport impact assessment*, APAS 21, Brussels.
- CEC - Commission of the European Communities (1996), *Transport strategic modelling*, APAS 22, Brussels.
- Dixit, A and J Siglitz (1977). *Monopolistic competition and optimum product diversity*. *American Economic Review*. Quoted in Krugman and Venables (1994).
- Dreborg, Karl; Hedberg, Leif; Hunhammar, Sven; Steen, Peter; Akerman Jonas (1997) *Possum - Key Elements and Key States*, paper presented by FOA - Defence Research Establishment

- Echenique, M. H., Crowther, D. and Lindsay, W. (1969) *A spatial model for urban stock and activity*. Regional Studies (3).
- Echenique, M. H., Jin, Y., Burgos, J. L., and Gil, A. (1994) *And Integrated land-use/transport strategy for the development of the Central Region of Chile*. Traffic Engineering and Control 35 (9) pp. 491-497.
- ECIS (1995) *Lost and Found: The community component of the economic return of the investment in PBKAL*, ECIS report.
- ECIS (1996) *The Macroeconomic Effects of the PBKAL*, ECIS report.
- Emmerson and Paulley (1996), *International Review of Current Methodologies and the Applicability of New Modelling Techniques*. Transport Research Laboratory, Project Report.
- EUNET consortium (1997), *State of the Art in Regional Economic Modelling and Key Research Issues*, Deliverable D1
- EURET (1994). *Cost-benefit analysis and multi-criteria analysis for new road construction*, Directorate-General for Transport, Commission of the European Communities, Brussels.
- EURET (1994). *Cost-benefit analysis and multi-criteria analysis for new transport infrastructure in the field of railways*, Directorate-General for Transport, Commission of the European Communities, Brussels.
- EURET (1994). *Cost-benefit analysis and multi-criteria analysis for new transport infrastructure in the field of nodal centres for passengers*, Directorate-General for Transport, Commission of the European Communities, Brussels.
- EURET (1994). *Cost-benefit analysis and multi-criteria analysis for new transport infrastructure in the field of nodal centres for goods*, Directorate-General for Transport, Commission of the European Communities, Brussels.
- EURET (1994). *Cost-benefit analysis and multi-criteria analysis for new transport infrastructure in the field of inland waterways*, Directorate-General for Transport, Commission of the European Communities, Brussels.
- Eurostat (1995). *REGIONS; Nomenclature of territorial unit for statistic NUTS*. European Commission.
- Federtrasporto - Centro studi (1995). *Mercato unico e trasporti - Il sistema italiano nell'integrazione Europea*. SIPI, Roma

- Federtrasporto - Centro studi (1996). *Ricerca economica e trasporto - Le prospettive dell'analisi in Italia*. SIPI, Roma
- Forrester, Jay W. (1962): *Industrial Dynamics*, MIT Press, John Wiley & Sons, New York, 2nd edition.
- Forrester, Jay W. (1969): *Urban Dynamics*, MIT Press, The Colonial Press, Massachusetts.
- Forrester, Jay W. (1971). *World Dynamics*, Wright-Allen-Press, Cambridge.
- Friedrich, Rainer; Berdowski; Bouscaren; Ebel; Hansen; Münch; Pacyna (1994) *GENEMIS - Generation of European Emission Data for Episodes - Annual Report 1993*, in: EUROTRAC - Annual Report 1993, Garmisch Partenkirchen
- Gamble and Pearson (1993) *Growth allocation using the Delphi process*, Proceedings of the Fourth National Conference on Transportation Planning Methods Applications.
- Garin R A (1966). *A matrix formulation of the Lowry model for intra-metropolitan activity location*, Journal of the American Institute of Planners No. 32.
- Girandaux (1996), *I trasporti in Europa*, Edizioni M&T, Gruppo FIAT, Torino
- Grieco, M. (1995) *The impact of investment projects upon the inner city*. London: Avebury
- Hamburg. English translation by CM Wartenberg (1966) and edited by P Hall, *von Thünen's Isolated State*. London: Pergamon Press.
- Harris, C. (1954) *The Market as a factor in the localisation of industry in the United States*. Annals of Association of American Geographers 44, pp. 315-348.
- Hardcastle, D. and Cleve, I. (1995) *Accessibility Modelling Using GIS*. Geographic Information Systems, Proceedings of PTRC Seminar.
- HCG et al. (1996), *Overview and evaluation of methodologies for the forecasting of induced traffic on new transport infrastructure*, Final report, CEC DG XI.
- High-Level Group (1995) *The European High-Speed Train Network*, European Commission report.
- Hoare, A. (1985) *Great Britain and her exports: an explanatory regional analysis*. Tidjschr. Econ. Soc. Geogr. 76 pp. 9-21.

- Hunt, J.D., and Simmonds, D.C. (1993) *Theory and application of an integrated land use and transport modelling framework*. Environment and Planning B: Planning and Design 20: pp. 221-44
- IWW, NEA, INRETS, ITS (1996) *Bottlenecks in the European Transport Infrastructure*, Study on behalf of the European Centre for Infrastructure Studies (ECIS), Final Report, Karlsruhe
- IWW, IFEU, Kessel+Partners, Planungsgruppe Ökologie, PTV Consult (1997) *Development of a Methodology for the Design of environmental oriented Large-Distance Transport Concepts*, preliminary final report, Karlsruhe
- Leontief, W. (1986) *Input-Output Economics*. Oxford University Press, Oxford
- Lohmeyer (1996) *Verfahren zur Abschätzung charakteristischer Luftschadstoffimmissionswerte für Ortsdurchfahrten im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans*, Karlsruhe
- Lösch, A. (1954) *The Economics of Location*. Yale University Press, 1954.
- Lowry, I. S. (1964) *A model of metropolis*. Rand Corporation Santa Monica California
- Lynde, C; and Richmond, J (1993a) *Public Capital and Total Factor Productivity*, International Economic Review, Vol.34, No.2.
- Keeble, D., Owens, P.L. and Thompson, C. (1982) *Regional Accessibility and economic potential in the European Community*, Regional Studies (16).
- Keeble, D., Offord, J., and Walker, S. (1986) *Peripheral Regions in an Community of Twelve Member States*. Office for Official Publications of the EC, Luxembourg.
- Knuwert, U (1990) *Past Trends and Future Scenarios for Passenger Travel Demand in Regions of West Germany*, Transport Reviews, Vol. 10, No.3, 245-267.
- Krugman, P. and Venables, A. J. (1993) *Globalisation and the inequality of nations: international trade*. Centre for Economic Policy Research Discussion Paper Series No. 1015. London
- Krugman, P. and Venables, A. J. (1995) *Development Geography and Economic Theory*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts

- Kumm, Jürgen (1975) *Wirtschaftswachstum - Umweltschutz - Lebensqualität*, Deutsche Verlags Anstalt, Stuttgart
- May, A.D. & Patterson, N.S. (1984) *Transport problems as perceived by inner city firms*. Transportation 12
- May, A., Bonsall, P., Bristow, A.L. and Fowkes, A.S. (1995) *A streamlined approach for the preparation of Package approach bids*. Traffic Engineering and Control 36(2).
- McCrae, I.S.; Hickman, A.J. (ed.) (1997) *A Review of User Requirements, Methods, and Methodologies for Strategic Environmental Assessment*, Deliverable D1 of the EU project COMMUTE, Transport Research Laboratory, Berkshire
- Meadows, Dennis; Meadows, Donella; Zahn, Erich; Milling, Peter (1972) *The Limits to Growth*, Universe Books, New York
- Meadows, Dennis; Meadows, Donella; Randers, Jorgen (1992) *Beyond the Limits*, Chelsea Green Publishing, Vermont
- ME&P (1995) *LASER Scenario tests for London*, Final Report. Government Office for London July 1995.
- MEET consortium (1997) *Final Data Structure of Road Emission Factors*, first version of deliverable 3 co-ordinated by Hassel, D. and Weber, F., Köln
- Munnell, A (1990) *Why Has Productivity Growth Declined? Productivity and Public Investment*, New England Economic Review.
- Myrdal, G. (1957) *Economic Theory and Undeveloped Regions*, Meuthen, London.
- OECD (1996) *Environmental Criteria for Sustainable Transport - Report on Phase 1 of the Project on Environmentally Sustainable Transport (EST)*, Paris
- OECD (1997) *Scenarios for Environmentally Sustainable Transport - Report on Phase 2 of the Project on Environmentally Sustainable Transport (EST)*, revised draft, Paris
- Peida (1984) *Transport Costs in Peripheral Areas*. Report to European Commission, Industry Department for Scotland and the Department of Economic Development, Northern Ireland ESU Research Paper 9.
- PETS consortium (1996), *Deliverable D1 - A brief description of IWW passenger and freight model*, internal document.

- PETS consortium (1997), *Deliverable D6 - Data on flows, parameters and scenarios*, internal document.
- POSSUM consortium (1997a) *Methodological Framework*, part of deliverable 1
- POSSUM consortium (1997b) *Development of the Policy Scenarios*, deliverable 2, London
- Quinet, E. (1992) *Infrastructures de transport et croissance*. Economica, Paris.
- Ray, D. (1965) *Market potential and economic shadow*. Research Paper No. 101, Department of Geography, University of Chicago.
- Rich, D. (1978) *Population potential, potential transportation cost and industrial location, Area 10*, pp. 222-6
- Richardson, H.W. and Gordon, P. (1997) *Are Compact cities a Desirable Planning Goal?* Journal of the American Planning Association, Vol. 63 No. 1.
- Roberts, M & Simmonds, D. C. (1997) *A Strategic modelling approach for urban transport policy development*, Traffic Engineering and Control 38 (7).
- Rohr C and I N Williams (1994). *Modelling the regional impacts of the Channel Tunnel* Environment and Planning B: Planning and Design, no. 21, 1994, p. 555-567
- Royal Commission on Environmental Pollution (1994) *Eighteenth Report Transport and the Environment*, HMSO: London
- Roy, R (1994) *Transport Infrastructure and Competitiveness: Overseas experience in relation to the UK*, report prepared for the Department of Trade and Industry, UK.
- SACTRA (1997) Standing Committee on Trunk Road Assessment, UK, Interim Report.
- SACTRA (1994) *Trunk Roads and the Generation of Traffic*. London: HMSO
- SASI consortium (1997), *Deliverable D5*, Report to the European Commission. Institut fur Raumplanung, Universitat Dortmund
- Schlomann, Barbara; Engel, Thomas; Weinreich, Sigurd (1997) *QUITS Project - Emissions from Road, Rail and Air Traffic - Impact Pathway Part I*, paper presented for the EU DG VII Seminar on External Costs of Transport in Rome, April 10, 1997

- Schurmann, C., Spiekermann, K, and Wegener, M. (1997) *Accessibility Indicators Model and Report*.
- Simmonds, D.C. (1992) *Regional impact of the Channel Tunnel and associated links*. The David Simmonds Consultancy, Cambridge
- Smits and Verroen (1996) *A system dynamic model for long term travel demand forecasting and policy analysis*, INRO-TNO web page
- Spiekermann, K. And Wegener, M. (1994) *Trans-European networks and unequal accessibility in Europe*. Paper presented at the NECTAR Working Group 3 Workshop “Infrastructure and Peripheral Regions in Europe” at Molde College, Molde, Norway, 30 September and 1st October 1994.
- Spiekermann, K and Wegener, M. (1996) *Trans-European networks and unequal accessibility in Europe*. Europe Journal of Regional Development (EUREG) 4/96, 35-42
- Still, B (1996) *The importance of transport impacts on land use in strategic planning*, Traffic Engineering and Control 37 (10).
- Steer Davies Gleave (1996) et al., *State of the Art on Strategic Environmental Assessment for Transport Infrastructure*, Final Report, CEC DG XVII
- STEMM consortium (1998), *Short description of STEMM and the STAN-based model in the project*, internal document.
- Williams, Leitham, Martino, Padilla and Spiekermann (1998), *Developing an operational strategic transport model for the European Union*, Paper submitted to the 8th WCTR Conference Antwerpen, Belgium
- Tavasszy, van der Vlist and Ruijgrok (1998), *Scenario-wise analysis of transport and logistics systems with a SMILE*, Paper submitted to the 8th WCTR Conference Antwerpen, Belgium
- Therivel et al. (1992) *Strategic Environmental Assessment*, Earthscan Publications, London
- TRT (1997), *The single market review. Impact on services. Transport networks*. Subseries II, volume 11. European Commission DG XV - Kogan Page Earthscan, Luxembourg.
- Verroen and Jansen (1993), *The Scenario Explorer for passenger transport: a strategic model for long term travel demand forecasting*, PTRC Summer meetings.

- Vickerman, R. (1989) *Measuring changes in regional competitiveness: the effects of international infrastructure investments*. Annals of Regional Science 23.
- Vickerman, R (1994) *Transport Provision and Regional Development in Europe: towards a framework for appraisal*, CERTE report.
- Vickerman, R., Spiekermann, K. And Wegener, M. (1997) *Accessibility and economic development in Europe*. Submitted to Regional Studies.
- Von Thünen, J.H. (1826). *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*.
- Walras, L (1954). *Elements of Pure Economics*. London: Allen and Unwin.
- Weber, A (1929) *The Location Theory of Industry*. Chicago University Press, 1929
- Wegener, M (1994) *Operational urban models: state of the art*. APA Journal (17)
- Weinreich, Sigurd (1997) *QUITS Project - Environmental and Health External Costs caused by Air Pollutants - Impact Pathway Part II*, paper presented for the EU DG VII Seminar on External Costs of Transport in Rome, April 10, 1997
- Williams, I, N. (1994). *A model of London and the South East*. Environment and Planning B: Planning and Design 21: 535-53.
- ZEW, ISI (1997) *External Quality Valuation - QUITS - Quality Indicators for Transport Systems*, draft of the final report, Mannheim