

Studio Ricerche Sociali (SRS)

**Ripartizione regionale del
consumo energetico dei trasporti
nell'anno 2011**

SRS Working Paper

Febbraio 2014

Filippo Strati

Indice

Summary	4
Sommario	5
1. Introduzione.....	6
2. Trasporto.....	12
3. Offerta di trasporto.....	14
4. Domanda di trasporto	16
5. Uso efficiente del trasporto	17
6. Consumo Energetico dei trasporti.....	20
7. Approcci per formulare i Conti Regionali dei Trasporti	24
8. Metodi usati per calcolare i Conti Regionali dei Trasporti 2011.....	25
8.1. Merci	27
8.2. Passeggeri.....	29
9. Conclusioni.....	32

Summary

This paper describes a methodology to estimate territorially based energy consumption in the Italian transport system through an exercise that concerned the 20 Italian regions and was referred to 2011.

Each region was considered as a statistical unit where data and information provided by national sources were allocated by closely associating energy consumption to transport volumes (of passengers and goods) and to the resulting modal split. This procedure was necessary to tackle problems concerning the lack of reliable data, mainly at regional levels.

A rationale inspired the methodology: it is impossible to know the parts without knowing the whole and to know the whole without knowing the parts, while causes and effects are closely interfering, dependent and supporting, mediate and immediate (according to Blaise Pascal¹). This is true also when transport performances in a territory and the associated consumption of energy are taken into account, given that they are embedded into intertwined relations by networks affecting all types of mobility endogenously and exogenously determined.

The estimates formulated in this paper confirmed transport as a major contributor to energy consumption and environmental pressure.

At the beginning, the paper summarises the reasons why an unbalanced modal split (a prevailing road transport with high level of individual motorisation) is deep-rooted in regional disparities, by considering on the contrary that the European Union strategy supports a significant re-orientation of policies towards sustainable mobility (Section 1).

The paper clarifies the “nature” of transport (Section 2) and examines its main components (supply and demand; Sections 3 and 4).

An efficient utilisation of resources is scrutinised to allow transport to contribute to sustainable spatial planning (Section 5).

The methodological approach to allocate energy consumption (Section 6) according to regional accounts of volumes of freight and passenger transport (Section 7) is fully documented, followed by an in-depth description of methods used to estimate them (Section 8).

Main results of the statistical exercise are reported for each of the 20 Italian regions (Sections 6 and 8), specifying however that the statistical exercise served to pay attention to a series of policy measures aimed at making transport more sustainable (Section 9).

¹ Pascal B. (1670), *Pensées*, now *Frammenti* (French – Italian compared texts), Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, 1994.

Sommario

Il presente rapporto descrive una metodologia per eseguire stime territoriali dei consumi energetici nel sistema dei trasporti in Italia tramite un esercizio compiuto sulle sue 20 regioni e riferito al 2011.

Ogni regione è stata considerata come una "centuria statistica", alla quale sono stati attribuiti dati e informazioni fornite da fonti nazionali connettendo strettamente il consumo di energia ai volumi di trasporti (di merci e passeggeri) e alla loro ripartizione modale. Questa procedura è stata necessaria per risolvere problemi riguardanti la mancanza di dati affidabili, soprattutto a livello regionale.

Un fondamento logico ha ispirato la metodologia adottata nel presente rapporto: è impossibile conoscere le parti senza conoscere il tutto e conoscere il tutto senza conoscerne le parti, mentre cause ed effetti sono strettamente interferenti, dipendenti e dominanti, mediati e diretti (secondo Blaise Pascal²). Questo è vero anche quando si considerano gli andamenti del trasporto e del suo consumo energetico in uno specifico territorio, giacché essi sono incorporati nelle relazioni intrecciate da reti che interessano tutti i tipi di mobilità, siano essi determinati endogenamente o esogenamente.

Le stime formulate in questo rapporto confermano che il trasporto è un importante responsabile del consumo di energia e della pressione ambientale.

All'inizio, il rapporto riassume i motivi che hanno determinato una squilibrata ripartizione modale (evidente nel prevalente trasporto stradale e nell'alto livello di motorizzazione individuale) profondamente radicata in disparità regionali, mentre la strategia dell'Unione europea supporta un significativo ri-orientamento delle politiche verso una mobilità sostenibile (Sezione 1).

Il rapporto chiarisce la "natura" del trasporto (Sezione 2) ed esamina le sue principali componenti (domanda e offerta; Sezioni 3 e 4).

L'uso efficiente delle risorse è ritenuto essenziale affinché il trasporto possa contribuire alla pianificazione territoriale sostenibile (Sezione 5).

Il rapporto descrive l'approccio metodologico per attribuire il consumo di energia (Sezione 6) secondo conti regionali dei trasporti (Sezione 7), spiegando le tecniche usate (Sezione 8).

Per ciascuna delle 20 regioni italiane, sono riportati i risultati principali delle stime (Sezioni 6 e 8), specificando però che l'esercizio statistico è servito a prestare attenzione a una serie di azioni volte a rendere i trasporti più sostenibili (Sezione 9).

² Pascal B. (1670), *Pensées*, ora *Frammenti* (testo francese a fronte), Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, 1994.

1. Introduzione

Secondo un'analisi svolta ormai quaranta anni fa³, molta responsabilità per l'attuale sistema di trasporto italiano è da attribuire al piano poliennale Aldisio (ministro dei lavori pubblici) del 1952, che rappresentò il punto di partenza per un vigoroso sviluppo della produzione di autovetture e altri veicoli stradali. Ciò avvenne costruendo una moderna rete autostradale, concorrenziale a quella ferroviaria che era stata in parte ripristinata ricalcando la struttura dell'anteguerra.

L'alleanza tra grandi produttori di veicoli stradali, gomma, petrolio, acciaio e cemento fu alla base della progettazione (tramite la Società Iniziative Stradali Italiane, costituita da Fiat, Pirelli, Agip e Italcementi) della prima grande arteria (Autostrada del Sole) prevista dal piano Aldisio, supportata dalla legge Romita (ministro dei lavori pubblici) del 1955 e inaugurata nel 1964.

Si entrò così definitivamente nell'era della motorizzazione, "ideologia"⁴ basilare per lo sviluppo economico, missione raggiunta dalle politiche di crescita impostate negli anni 1950 – 1960, ma anche pesante eredità per le generazioni che seguirono.

Negli anni 1960 – 1970, si sono costruite autostrade parallele alla rete ferroviaria e da essa indipendenti (collegamenti Nord – Sud e principali arterie trasversali nel Nord). Esclusa la linea della nuova Direttissima Roma – Firenze (progettata agli inizi degli anni 1960, finanziata nel 1968, iniziata nel 1970, inaugurata nel 1977 e completata nel 1985), nessun intervento strutturale è stato realizzato in quegli anni per il trasporto ferroviario.

Nonostante la capillare distribuzione e le potenzialità infrastrutturali (144 porti), un ruolo marginale fu assegnato alla navigazione marittima di cabotaggio (trasporto di merci povere e i cosiddetti servizi dovuti, cioè obbligati dai collegamenti con le isole) a prescindere dalle attività di collegamento interno a grandi gruppi industriali (prodotti petroliferi, siderurgici e metallurgici)⁵.

Perseguendo il modello di città orientata all'automobile, impressionante fu lo smantellamento sistematico del trasporto collettivo su impianti fissi, quali reti tranviarie e di filobus, mentre modestissima fu la costruzione di metropolitane pesanti (Milano e Roma) e nessun intervento riguardò le metropolitane leggere⁶.

³ Strati F. (1974), *Contributo per un'analisi della politica dei trasporti in Italia*, Centro "P", Firenze.

⁴ Fiorentini F. e Russo G. (1977), *Trasporti e Territorio*, Franco Angeli Editore, Milano.

⁵ Centro Studi sui Problemi Portuali (1985), "Primo rapporto sul cabotaggio" in *Mari Porti e Territorio* n. 2; CNEL (1984), *Osservazioni e proposte sul cabotaggio e la navigazione interna*; Ciardini E., Galasso F. e Strati F. (1980), "Proposta di cabotaggio specializzato" in *Rivista Marinara* n. 9-10.

⁶ Maggi S. (2009), *Storia dei trasporti in Italia*, il Mulino, Bologna.

Espresso in numeri indice⁷ (a base fissa 1952 = 100), il repentino raddoppio dei chilometri di rete stradale (sommando autostrade, strade statali, regionali e provinciali, ed escludendo quelle comunali) nel primo decennio della motorizzazione (1964 = 198) è stato seguito da incessante aumento che ha triplicato tale dotazione infrastrutturale sino agli anni più recenti (2011 = 279).

Il numero complessivo dei veicoli stradali (per passeggeri e merci) è quadruplicato nella prima fase della motorizzazione (1964 = 420 su base fissa 1952 = 100) e, nel periodo successivo, è continuato a crescere a ritmi così elevati da quintuplicare ulteriormente sino al 2012 (512 su base fissa 1964 = 100).

Le autovetture hanno costituito la parte più rilevante di tale aumento: dal 22% nel 1952 al 47% nel 1964 per attestarsi a una quota oscillante attorno al 70% dal 1972 sino ai giorni nostri (2012), con punte massime (75%) tra il 1990 e il 1995.

Si è così raggiunto (2011 e 2012) il rapporto di 1,6 abitanti e di 1,3 patentati per autovettura. Aggiungendo il numero di motoveicoli circolanti e considerando tutta la popolazione con età compresa tra 16 e 90 anni, si ottiene il rapporto di 1,1 abitanti per veicolo, che mostra la saturazione del tasso di motorizzazione nel trasporto stradale individuale di persone.

Per più di mezzo secolo (esattamente 62 anni), la fitta rete di infrastrutture stradali ha alimentato produzione e uso di veicoli stradali che, a loro volta, hanno richiesto successivi potenziamenti delle infrastrutture stradali. Si è trattato di una relazione circolare tra cause ed effetti.

Le strade sono state costruite per produrre traffico. Il traffico ha congestionato città e altre aree territoriali. L'esigenza di fluidificare il traffico ha motivato la costruzione di nuove infrastrutture stradali. Esse hanno incoraggiato l'uso di nuovi veicoli stradali. Questi ultimi, oltre alle arterie e agli spazi di transito, hanno richiesto luoghi ove sostare.

Adottando un banale indicatore di produttività teorica della strada (ovverossia il numero di veicoli che possono potenzialmente transitare sui chilometri di rete disponibili), si può affermare che l'efficienza economica della motorizzazione è stata ampiamente raggiunta: essa è cresciuta di sei volte tra il 1964 e il 2012, passando da 37 a 207 autovetture teoriche per chilometro di rete (sommando autostrade, strade statali, regionali e provinciali).

Tale traguardo è stato raggiunto con un elevato consumo energetico del sistema dei trasporti e lasciando alle future generazioni un'eredità difficile da modificare.

Tra il 1960 (primo anno della serie di dati disponibili) e il 2012, il peso del settore dei trasporti sul consumo energetico totale della nazione è cresciuto dal 17% al 30% (quota stabilmente mantenuta dal 1992 in poi).

⁷ Quando non altrimenti specificato, le elaborazioni di questo rapporto sono basate su serie storiche ricostruite dallo SRS (Studio Ricerche Sociali) utilizzando dati di fonte: EUROSTAT; ISTAT; Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti; Ministero dello Sviluppo Economico; Unione Petrolifera; Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Dati provenienti da analisi specifiche sulle tipologie di trasporto e dati riferiti a indicatori socio-economici sono stati impiegati sia per calibrare le serie storiche, sia per stimare la ripartizione del consumo energetico dovuto ai volumi di trasporto riferiti al 2011. Prudenza è raccomandata nel considerare le serie storiche, a causa delle diverse tecniche di rilevazione statistica. Inoltre, poiché dati provenienti da fonti diverse sono spesso influenzati da una ridotta omogeneità metodologica, una certa cautela è consigliata anche nel valutare le stime formulate in questo rapporto.

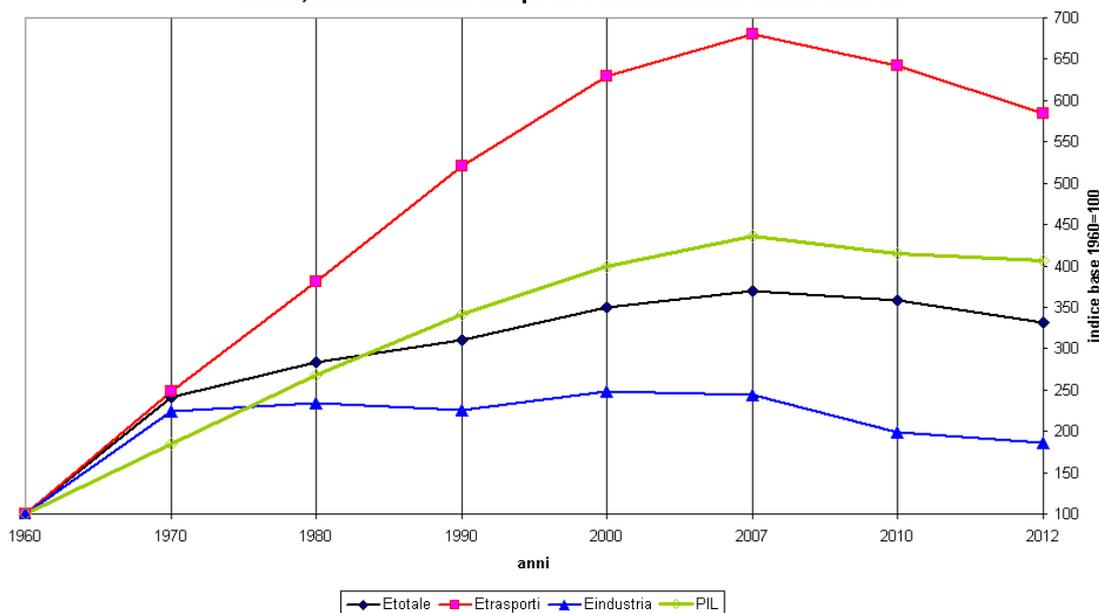
Il settore stradale ha sempre rappresentato la quota più rilevante del consumo energetico totale del trasporto (da 82% nel 1960 a 91% nel 1981 e a 88% nel 2012), costituito prevalentemente (per uno stabile 97% dal 1985 al 2007) da petrolio e derivati (gpl, benzine, carboturbo e gasolio), ma calato in tempi più recenti (92% nel 2012) a seguito di un maggior impiego di gas naturale e biodiesel.

Sommando il trasporto stradale di merci e di persone (individuale e collettivo), il consumo energetico attribuibile ad esso è cresciuto di 6 volte tra il 1960 (base fissa = 100) e il 2012 (629), quello riconducibile al solo trasporto persone mediante autovetture di 11 volte.

Nello stesso periodo di tempo, il numero delle autovetture è aumentato di 19 volte e i chilometri di rete stradale sono quasi raddoppiati (171).

Il potente effetto leva esercitato dalle infrastrutture stradali sull'uso delle autovetture si è riflesso nel consumo energetico di tutto il settore dei trasporti (Grafico 1), anch'esso quasi sestuplicato (2012 = 584).

Grafico 1: ITALIA - Crescita del PIL (prodotto interno lordo) e dell'ENERGIA (E) totale, consumata dai trasporti e dall'industria. Numeri indice.



Il ritmo di tale aumento è stato tre volte quello registrato dal consumo finale di energia nel settore industriale nello stesso periodo (186), e di almeno 1,4 volte superiore alla crescita economica complessiva (2012 = 406), misurata tramite l'indicatore economico tradizionale del prodotto interno lordo (PIL⁸).

⁸ Il prodotto interno lordo (PIL) è il valore monetario dell'insieme di beni e servizi prodotti in un paese. Quando beni e servizi sono valutati al loro prezzo corrente, si ha il PIL "nominale". Depurando il PIL nominale dagli effetti dell'inflazione, vale a dire dall'andamento dei prezzi di beni e servizi, si ottiene il PIL "reale", ovvero il PIL misurato in volumi di beni e servizi. Facendo riferimento ai prezzi di un anno base, si determinano i volumi di PIL degli anni successivi. Tale tecnica (detta di concatenamento) permette di confrontare più propriamente le quantità prodotte (beni e servizi) dall'intera economia con altre quantità, quali i volumi di consumo energetico e di trasporto. Il 2000 è l'anno base di riferimento per i valori del PIL riportati nei Grafici 1, 2, 3 e 4 di questo rapporto, mentre la Sezione 8 considera il PIL a valori concatenati con anno di riferimento 2005.

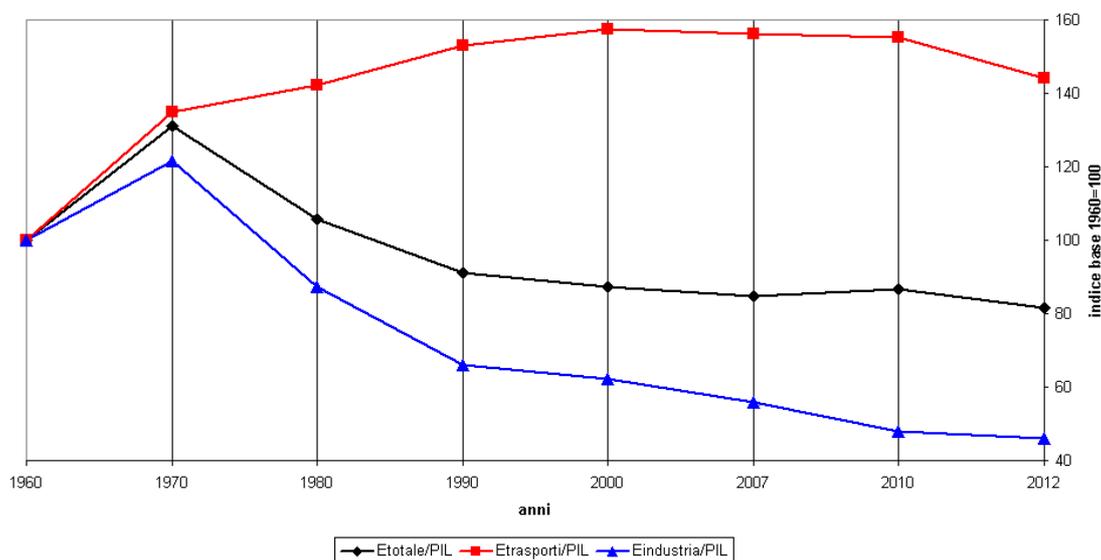
Si può così affermare che il processo di disaccoppiamento (*decoupling*) tra consumo energetico e crescita del PIL è avvenuto per il settore industriale ma non per quello del trasporto.

Tale considerazione tiene conto dell'impatto della Grande Recessione, cioè della crisi finanziaria ed economica mondiale iniziata nel 2008. Il consumo energetico dei trasporti era cresciuto di quasi sette volte tra il 1960 (base fissa = 100) e l'anno precedente la grande crisi (2007 = 680), un incremento sempre quasi tre volte maggiore di quello registrato nel settore industriale (244).

La Grande Recessione, deprimendo produzione e consumo, ha quindi ridotto il consumo energetico. Nel caso dei trasporti, la riduzione è stata di 6,4 Mtep (Megatep = milioni di tonnellate equivalenti di petrolio), passando da 44,91 Mtep nel 2007 a 38,56 Mtep nel 2012. Si è trattato di un calo del 14% dovuto a una simile contrazione del volume totale di trasporto, alla quale il trasporto merci (-21%) ha contribuito più di quello delle persone (-11%).

Rapportando il consumo energetico (Mtep) al PIL si ottiene l'indicatore d'intensità energetica (Grafico 2). L'assunto di base è che a una minore intensità energetica corrisponda una maggiore efficienza energetica del sistema economico. La serie storica di tale indicatore (riportata in numeri indice a base fissa 1960 = 100) mostra che, mentre il settore industriale (2012 = 46, con una significativa decrescita dal 1980 = 87) ha partecipato alla riduzione dell'energia richiesta dall'intera economia (2012 = 82; 1980 = 106), il settore dei trasporti ha contrastato tale tendenza mantenendo un alto consumo energetico in rapporto al PIL (2012 = 144, con una significativa crescita tra 1980 = 142, 2000 = 157 e 2010 = 155).

Grafico 2: ITALIA - Intensità ENERGIA (E) su PIL. Rapporto tra Tep (energia totale, consumata dai trasporti e dall'industria) e PIL. Numeri indice.



L'impatto ambientale dei trasporti è stato pesante, nonostante importanti miglioramenti abbiano interessato le prestazioni tecnologiche ed energetiche dei veicoli. Progressi sono stati fatti in particolare dal 2000 in poi, sulla spinta degli impegni assunti con la ratifica del Protocollo di Kyoto. Esso includeva la riduzione dei gas serra facendo riferimento ai livelli raggiunti nel 1990.

Purtroppo la riduzione delle emissioni inquinanti medie per veicolo è stata contrastata dalla crescita dei volumi di trasporto realizzati da un sistema di trasporti molto sbilanciato a favore della modalità stradale. Tra il 1990 e il 2012, il peso del trasporto sul totale delle emissioni di gas serra (anidride carbonica, metano, e protossido di sodio) è aumentato dal 20% al 23%. Le emissioni dovute ai trasporti sono cresciute (+6,7%), mentre quelle totali (prodotte cioè dall'intero sistema economico) sono diminuite (-9,5%).

Strettamente collegate al consumo energetico e con trascurabili oscillazioni, le emissioni di anidride carbonica hanno sempre rappresentato la quasi totalità (99%) dei gas serra generati dal trasporto. Tra il 2000 e il 2012, le attività di trasporto hanno contribuito alla produzione totale di anidride carbonica (CO₂), ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili non metanici (COVNM) con quote significative (in media 28%, 64% e 39% rispettivamente). Tra le attività di trasporto, ha prevalso decisamente quella stradale sia nel caso dei livelli di CO₂ (da 92% nel 2000 a 94% nel 2012), sia in quelli di NO_x (da 86% a 83%) e di COVNM (da 87% a 83%).

Producendo volumi di traffico considerevoli, il trasporto stradale di persone è stato causa di livelli di CO₂ (dal 67% nel 2000 al 65% nel 2012) maggiori rispetto a quelli attribuibili all'autotrasporto merci. La composizione del parco veicolare stradale (ad esempio, 20% della flotta per il trasporto individuale delle persone costituito da motocicli e ciclomotori) e la sua innovazione energetica (più lenta per i veicoli merci che per le autovetture) sono tra i fattori che spiegano i maggiori livelli di COVNM (dal 93% nel 2000 al 91% nel 2012) prodotti dal trasporto persone e i maggiori livelli di NO_x (dal 45% al 57%) prodotti dal trasporto merci.

Gli andamenti sopra descritti dimostrano l'importanza del miglioramento tecnologico ed energetico dei veicoli. Tale innovazione è però stata conseguita in assenza di politiche in grado di modificare la sbilanciata ripartizione modale del trasporto (prevalenza del settore stradale), che è rimasta ancorata a rilevanti squilibri territoriali (tra le regioni del Nord, del Centro e del Sud).

Questo è lo scenario che è prevalso tra quattro ipotesi formulate già venti anni fa⁹.

Lo scenario ottimale ipotizzava invece la possibilità di giungere tra il 2005 – 2006 ad una significativa riduzione del consumo energetico dovuto ai trasporti (32 Mtep, cioè 12 Mtep in meno rispetto a quelli poi effettivamente raggiunti), svincolandolo dalla crescita del prodotto interno lordo, come già significativamente avvenuto per il consumo energetico nel settore industriale.

A tale scenario avrebbe dovuto contribuire una riduzione di trasporto merci e persone (circa -15% e -10% rispettivamente), frutto di incisive e coordinate azioni tese a:

- migliorare la situazione economica e sociale nelle aree meno sviluppate, riequilibrando le ragioni di scambio interregionale;
- aumentare il ruolo del trasporto ferroviario, della navigazione marittima di cabotaggio e del trasporto stradale collettivo di persone in modo da spostare verso tali modalità quote dell'autotrasporto merci (17%) e del trasporto stradale individuale di persone (5%);
- influire sulla produzione, sui consumi e quindi sui comportamenti collettivi onde modificare la domanda di trasporto (ad esempio, migliori relazioni tra casa e lavoro, migliore organizzazione urbana, tecnologia dell'informazione a sostituzione di spostamenti fisici, riduzione di mobilità indesiderata, etc.);

⁹ Strati F. (1993), "Energy consumption in the Italian transport system: problems and perspectives", in *Transport Reviews*, Vol. 13, No 4; Strati F. (1991), "Interventi per ridurre il consumo energetico nel settore dei trasporti", in Lega per L'Ambiente, *Ambiente Italia 1991*, Arnoldo Mondadori Editore, Milano.

- aumentare la qualità della logistica del trasporto, cioè dall'approvvigionamento di materie prime, alla produzione di beni e servizi, alla loro consegna e consumo.

Le azioni suggerite dallo scenario ottimale restano tuttora valide e trovano conferma nella strategia dell'Unione Europea per una politica dei trasporti¹⁰ tesa a ridurre le emissioni di gas serra dovute ai trasporti di almeno il 60% entro il 2050 rispetto ai livelli del 1990.

Principalmente, tale strategia persegue:

- il trasferimento di quote (30% entro il 2030 e 50% entro il 2050) del trasporto merci sulle lunghe distanze (percorrenze superiori a 300 chilometri) dalla strada alla ferrovia e alla navigazione marittima (cabotaggio e vie d'acqua interne);
- l'effettuazione per ferrovia della maggior parte (entro il 2050) del trasporto passeggeri sulle medie distanze (percorrenze inferiori a 300 chilometri);
- la riduzione (50% entro il 2030 e 100% entro il 2050) dell'uso di autovetture alimentate con carburanti tradizionali nelle aree urbane;
- la realizzazione (entro il 2030) di sistemi di logistica urbana a zero emissioni di CO₂ nelle principali città;
- la riduzione (40-50% entro il 2050) delle emissioni di CO₂ prodotte dal trasporto marittimo;
- l'impiego (40% entro il 2050) di carburanti a basso tenore di carbonio nel trasporto aereo;
- il collegamento (entro il 2050) di tutti i principali aeroporti alla rete ferroviaria;
- il collegamento (entro il 2050) di tutti i principali porti marittimi al sistema di trasporto merci per ferrovia e, laddove possibile, alle vie d'acqua interne;
- la progressiva piena applicazione dei principi "chi utilizza paga" e "chi inquina paga" nel settore dei trasporti.

¹⁰ Commissione Europea (2011), *Libro Bianco. Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti – Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile*, (COM(2011)144).

2. Trasporto

La riduzione delle emissioni di gas serra è sicuramente la chiave che apre la porta per una politica dei trasporti meno squilibrata di quella attuale. Ad essa dovrebbero contribuire piani territoriali per la cui elaborazione è necessario stimare la ripartizione dei consumi energetici secondo i volumi di trasporto. Per compiere tale stima sono utili alcune considerazioni sulla natura del trasporto.

Il trasporto serve allo spostamento di passeggeri e di merci in un determinato spazio temporale ed in un determinato spazio territoriale. Tale spostamento è effettuato per rispondere alle esigenze dell'attività umana. Si tratta di esigenze di varia natura: lavoro, svago, studio, produzione, approvvigionamento, consumo, etc. In altri termini, i passeggeri si spostano per conseguire obiettivi legati alle attività che essi svolgono in una precisa dimensione territoriale e temporale. Lo stesso avviene per le materie prime, i semi - lavorati, i prodotti finiti, gli scarti di produzione e i rifiuti.

La capacità di compiere spostamenti è detta mobilità. Essa indica come:

- a) le modalità di trasporto sono usate in combinazione con i flussi di materiali, informazione ed energia che costituiscono un sistema territoriale¹¹;
- b) beni e servizi sono accessibili a tutti, concorrendo alla distribuzione del reddito tra varie classi sociali e garantendo libertà e diritti.

Si persegue una mobilità sostenibile quando le necessità di accesso a persone, servizi e beni sono soddisfatte senza produrre un danno permanente all'ambiente globale o ad ambienti locali, né disuguaglianze sociali¹².

La mobilità è fortemente associata all'accessibilità, intesa come capacità di accedere alle risorse disponibili. Tale capacità determina la qualità della vita di un territorio e può essere diversa tra persone e comunità sociali nella misura in cui diritti connessi alla dignità umana non siano rispettati ed esistano discriminazioni fondate su origine etnica o sociale, lingua, religione, convinzioni personali, opinioni politiche e di altra natura, genere e orientamento sessuale, reddito, stato occupazionale e sociale. Si tratta di diritti che dipendono da valori e libertà condivise dagli esseri umani per modellare i loro destini, valutare, scegliere, partecipare e agire¹³. Si tratta di discriminazioni che limitano la libertà di scegliere i propri stili di vita e perseguirli nel rispetto delle altre componenti dei sistemi territoriali.

È l'accessibilità alle risorse a determinare la capacità di spostamento (mobilità), mentre quest'ultima dimostra come le persone e le comunità sociali stanno usando le risorse disponibili in un sistema territoriale per soddisfare i loro bisogni condizionando le capacità delle future generazioni di fare altrettanto. Tra le risorse rientrano quelle necessarie alle attività di trasporto.

¹¹ Per sistema territoriale si intende l'insieme di interrelazioni fra persone, risorse e azioni presenti in un territorio. Muta l'ottica con la quale si guarda il sistema: dalle sue componenti alle sue interrelazioni. La qualità di un sistema dipende: dalla qualità delle sue relazioni interne ed esterne; dalla sua capacità di co-evolvere e auto-organizzarsi nella misura in cui le interrelazioni favoriscono una vita in comune tra le sue componenti. Le componenti sono diverse e tale diversità aumenta unità, elasticità e coerenza del sistema (resilienza).

¹² OECD (1997), *Towards Sustainable Transportation*, OECD, Paris.

¹³ Sen A. (1999), *Development as Freedom*, Oxford University Press; Sen A. (2009), *The Idea of Justice*, Allan Lane, Penguin Books.

Il trasporto è quindi:

- un'attività necessaria al compimento dell'interazione sociale (relazioni di qualsiasi tipo ed in qualsiasi forma tra esseri umani) che determina interazione economica (tra settori produttivi e di consumo) e ambientale (tra risorse naturali) di un territorio;
- un'attività derivata giacché prodotta e consumata per rispondere ai bisogni di movimento di persone e di merci in base ai contenuti ed alle forme assunte dall'interazione sociale, ovverosia al tipo di sviluppo perseguito dalle comunità sociali.

Il trasporto non è un fine ma un mezzo per realizzare un fine. Pertanto la domanda chiave è: quale trasporto per quale sviluppo? ¹⁴

La risposta a tale quesito è la chiave delle politiche tese a migliorare la qualità del trasporto, in quanto esse dipendono dalle politiche di sviluppo che le comunità locali vogliono perseguire, interagendo con altre comunità sociali ed essendo artefici della modificazione degli ecosistemi¹⁵. E' una risposta complessa, di sistema e dinamica.

E' complessa perché deve abbracciare (comprendere) tutte le attuali componenti (persone, settori economici e risorse naturali) di un territorio.

E' di sistema perché deve armonizzare (congiungere) le interrelazioni tra tali componenti in modo aperto affinché le future componenti abbiano capacità di congiungere nuove interrelazioni.

E' una risposta dinamica, perché concorre allo sviluppo¹⁶, inteso come il processo tramite il quale gli esseri umani usano la loro conoscenza, comprensione e capacità per migliorare la qualità degli ecosistemi con i quali interagiscono, comprese le altre componenti della natura.

In questa definizione alberga il concetto originale di sostenibilità come riconciliazione tra umanità e natura, idea regolativa basata sulla crescita di consapevolezza e sulla volontà politica di cambiamento rispetto a convenzionali modelli socio-economici.

E', infine, una risposta che inverte la direzione nella programmazione delle politiche di trasporto: non più circoscritte ad esso come preconditione dello sviluppo, bensì conseguenti al quadro di riferimento (teorico e operativo) dello sviluppo sostenibile¹⁷, volto ad accrescere la capacità di accedere alle risorse (accessibilità) migliorando la capacità di spostamento (mobilità) tramite innovazioni organizzative e tecnologiche che concorrono alle attività di trasporto.

E' pertanto utile soffermare l'attenzione sulle dinamiche che sottendono la relazione tra offerta e domanda di trasporto.

¹⁴ OECD (1996), *Towards Clean Transport*, OECD, Paris.

¹⁵ Il termine ecosistema deriva da eco (*oikos*, *habitat*, casa) e da sistema (connessione di elementi in un tutto organico). Oggi, per ecosistema si intende un'unità complessa, costituita dall'insieme di interazioni tra le diverse componenti della natura, in un'area geografica determinabile. L'eco-sistema: coinvolge l'essere umano, dato che la natura è società e la società è anche natura; ha carattere di autorganizzazione e di coevoluzione, cioè le sue componenti evolvono insieme, l'una in ragione delle altre; riguarda la "ricchezza di capacità" vitali per il mantenimento e lo sviluppo di qualsiasi componente della natura e di qualsiasi attività

¹⁶ Lo sviluppo è qualitativo e non va confuso con la crescita, che è un parametro esclusivamente quantitativo. La crescita consiste nell'aumento di beni e servizi (per esempio, ambientali, produttivi, tecnologici, sociali, culturali e per la salute) tramite le attività umane. Può esserci crescita (per esempio, reddito e consumi) senza sviluppo (per esempio, sperequata distribuzione del reddito, povertà e inquinamento). Può esserci sviluppo (per esempio, migliori condizioni ambientali e di salute) senza crescita o con decrescita in alcuni settori (per esempio, assenza o riduzione di produzione e consumo nocivi all'ambiente e agli esseri viventi).

¹⁷ Secondo la definizione universale formulata nel 1987 dalla Commissione Brundtland (ONU), sviluppo sostenibile è: uno sviluppo in grado di soddisfare i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni; un processo di cambiamento nel quale lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i mutamenti istituzionali sono in reciproca armonia e accrescono le potenzialità presenti e future per il soddisfacimento delle aspirazioni e dei bisogni umani (WCED (1987), *Our Common Future*, UN).

3. Offerta di trasporto

Le attività di trasporto si svolgono tramite mezzi meccanici (veicoli) che si muovono su infrastrutture a rete (quali strade, ferrovie, rotte marittime ed aree) e tra infrastrutture puntuali (quali stazioni ferroviarie, porti e aeroporti). Mezzi e infrastrutture compongono l'hardware di un sistema articolato in varie modalità di trasporto. Il software consiste nell'organizzazione e nella gestione delle singole modalità, nella connessione tra esse (intermodalità), nell'uniformazione delle prescrizioni tecniche, operative e informative (interoperabilità), nella sincronizzazione e nel coordinamento di molteplici attività (logistica).

Nata come arte militare¹⁸, la logistica si è sviluppata in modo particolare nel settore merci. Essa è stata definita come processo di pianificazione, implementazione e controllo dell'efficiente ed efficace flusso e stoccaggio di merci, servizi e informazioni dal luogo di origine a quello di consumo, al fine di soddisfare le esigenze dei clienti¹⁹.

La logistica è nondimeno essenziale per una gestione efficace e strategica della mobilità delle persone. I flussi di merci e persone si alimentano a vicenda. I nodi e le reti di trasporto sono solo in parte separabili per modalità concernenti merci e passeggeri. Ad esempio: un centro commerciale attira sia le merci, sia le persone; una stazione per uso viaggiatori diventa anche luogo di servizi commerciali e, quindi, di movimentazione merci. Automobili e veicoli merci corrono sulle stesse strade, merci e passeggeri sono spesso imbarcati insieme su mezzi di trasporto che viaggiano sulle stesse rotte marittime e sugli stessi corridoi aerei.

I sistemi territoriali sono intrecciati in una continuità spaziale (zone rurali e urbane; luoghi vicini e lontani) e temporale (presente e futuro).

Per gestire le interconnessioni spaziali, è necessaria la capacità di incorporare simultaneamente le dimensioni globale e locale. Tale capacità è chiamata *glocacità* (*glocacity*, fusione dei termini *global*, *local* e *capacity*) e deve la sua origine alla logistica.

La logistica è essenziale per ridurre l'energia umana spesa per muoversi, spostandola su altre attività (studio, lettura, lavoro, svago, etc.), nella misura in cui accresce la libertà di gestire il proprio tempo di viaggio (*travel-time-budget*), riduce i costi (*travel-money-budget*) che incidono sul reddito annuo di una famiglia; riduce la percezione del tempo perso in attesa di servizi di trasporto collettivi.

Alcuni fattori della logistica sono utili a ridurre il consumo energetico dei trasporti, quali: razionalizzazione di itinerari e flussi di merci e passeggeri; ottimizzazione dei tempi degli spostamenti; riduzione delle congestioni da traffico; aumento del numero di passeggeri e delle quantità di merci per veicolo.

¹⁸ Il termine logistica deriva dal greco: *logistike* e *techne* (arte, contare), *logos* (ragione, ordine, parola), *legein* (discorrere, mettere insieme, connettere), *logistikos* (che ha senso logico). La logistica nasce in ambito militare come organizzazione complessa che facilitava il movimento delle truppe, il flusso dei rifornimenti e le attività di trasporto in modo tempestivo, anche su basi mobili (arsenali, officine, magazzini, etc.). La logistica, usata nell'arte militare, era riconosciuta un costo necessario nell'amministrazione generale delle risorse di uno stato. Un testo storico, al quale si fa riferimento per spiegare le origini della logistica, risale forse al 400 a.c.: Sun Tzu, *The Art of War*, Oxford University Press, 1971.

¹⁹ Definizione formulata dal Council of Logistics Management nel 1991.

La logistica richiede l'integrazione con altre attività utili a fluidificare la mobilità (uso del paesaggio, pianificazione del territorio, organizzazione dei tempi di vita e di lavoro, etc.).

Tale integrazione può essere fatta seguendo i principi dello sviluppo e della mobilità sostenibile in un sistema territoriale coeso.

Si tratta di una logistica di distretto sostenibile, intesa come gestione integrata dei flussi di materiali, energia e informazione, per migliorare l'accesso a beni, servizi, persone e luoghi, mantenendo e rinnovando le risorse disponibili (umane, create dagli esseri umani e naturali)²⁰.

Questa definizione di logistica pone l'attenzione sulla gestione delle risorse disponibili riferendosi alla continuità temporale (presente e futuro) dei sistemi territoriali e include il concetto di sussidiarietà riferendosi alla loro continuità spaziale.

Secondo il concetto di sussidiarietà, organizzazioni più grandi o di livello superiore possono intervenire solo quando e dove le dimensioni minori o i livelli più bassi non hanno ancora acquisito capacità necessaria ad affrontare e risolvere i propri problemi²¹. L'azione delle organizzazioni più grandi o di livello superiore deve essere temporanea e finalizzata allo sviluppo di auto-gestione e auto-amministrazione. Applicata all'offerta di trasporto, la sussidiarietà stimola la capacità di rispondere, contemporaneamente, alle esigenze delle comunità sociali di un territorio specifico e alle necessità d'interazione tra comunità sociali di territori diversi. Sotto questo profilo, mentre riecheggia il concetto di glocalità, la sussidiarietà pone l'accento sulla capacità di fornire trasporto in modo efficiente per ridurre il raggio territoriale dei flussi di materiali, interagendo con i sistemi di produzione e di consumo (quali filiere corte o a km zero).

L'insieme di hardware e software compone l'offerta di trasporto. Essa è quantificabile in maniera statica e dinamica.

La misurazione statica riguarda l'ammontare dei mezzi di trasporto disponibili (parco veicolare, flotta mercantile e aerea, etc.) e la loro capacità, espressa dal numero dei posti (passeggeri) e delle tonnellate (merci) offerte.

Essendo il trasporto un fenomeno di movimento, costituito dagli spostamenti di passeggeri e merci, la misurazione dinamica è fatta moltiplicando la capacità dei mezzi (posti e tonnellate) per i chilometri percorsi (spostamenti). Si ottengono così posti-chilometro e tonnellate-chilometro offerte, cioè i volumi di trasporto messi a disposizione, rispettivamente, di passeggeri e merci.

Per misurare in maniera statica l'uso dei mezzi di trasporto, si ricorre: al fattore di carico (*load factor*), cioè la proporzione di posti e tonnellate di carico utilizzata su quella offerta; al coefficiente di occupazione, espresso dal rapporto tra passeggeri trasportati e posti offerti; al coefficiente medio di occupazione, cioè il numero di passeggeri trasportati per veicolo; al carico medio, cioè il numero di tonnellate trasportate per veicolo.

²⁰ Strati F. et al. (2004), *Sustainable District Logistics: a Theoretical framework for understanding a new paradigm*, INNESTO project.

²¹ Il termine sussidiarietà trae origine da quelli latini di *subsidium* (supporto) e *subsidiere* (fermarsi), utilizzati nel linguaggio militare per indicare le truppe di riserva. Queste dovevano essere pronte a rinforzare le prime linee, ma non dovevano sostituirle definitivamente. Il rischio sarebbe stato di perdere la battaglia. Oggi, quello di sussidiarietà è un concetto riferito a un processo istituzionale e sociale che stimola e supporta la capacità delle persone e/o comunità di affrontare e risolvere i propri problemi. Si ha sussidiarietà verticale quando gli approcci decisionali dall'alto verso il basso (*top-down*) sono integrati con quelli dal basso verso l'alto (*bottom-up*). Entità di maggiori dimensioni e di livello più elevato pensano localmente ed agiscono globalmente, mentre entità di dimensioni minori e di livello più basso pensano globalmente ed agiscono localmente. Si ha sussidiarietà orizzontale quando corsi di azione promossi da istituzioni pubbliche, private e dalla società civile (ad esempio, organizzazioni non governative, associazioni di cittadini, famiglie e individui) sono integrati allo stesso livello decisionale e gestionale.

4. Domanda di trasporto

Per esprimere in maniera dinamica l'uso dei mezzi di trasporto, si ricorre al coefficiente di utilizzazione, espresso dal rapporto tra volumi di trasporto effettivamente realizzati (domanda soddisfatta) e i volumi di trasporto messi a disposizione di passeggeri e merci.

La domanda soddisfatta è costituita dalle sommatorie del numero di passeggeri e di tonnellate moltiplicato per le relative percorrenze, usando due unità di misura: passeggero-chilometro (Pkm, cioè lo spostamento di un viaggiatore per un chilometro) e tonnellata-chilometro (Tkm, cioè lo spostamento di una tonnellata per un chilometro).

Il coefficiente di utilizzazione è quindi espresso dal rapporto tra Pkm trasportati e posti-chilometro offerti e tra Tkm trasportate e tonnellate-chilometro offerte.

Molteplici fattori (valoriali, culturali, sociali, psicologici, economici) determinano la domanda di trasporto, costituita da individui e collettività, e frutto di decisioni effettuate scegliendo tra varie possibili opzioni. Le decisioni dipendono dalla consapevolezza che le persone hanno dei propri bisogni e dei propri desideri, e degli aspetti chiave dell'ambiente in cui operano.

I bisogni umani denotano la mancanza di risorse necessarie ad un individuo o ad una comunità sociale per raggiungere maggior benessere (efficienza, funzionalità ed efficacia), oppure, minor malessere (inefficienza, disfunzionalità ed inefficacia). I bisogni si trasformano in desideri quando sono delineate le caratteristiche di massima di quello che si vorrebbe avere. Quando i desideri non possono essere soddisfatti dai prodotti esistenti, si può parlare di domanda latente. E' evidente che si possano desiderare prodotti ideali, ma è altrettanto certo che solo quelli già disponibili sul mercato siano scelti in base alle caratteristiche più rispondenti ai prodotti desiderati. Ciò avviene anche nel caso dei trasporti, ove l'offerta tangibile determina il passaggio da domanda latente a quella effettivamente soddisfatta.

Il signor Esposito:	
per recarsi al lavoro domani mattina, alle ore 10 deve percorrere 6 chilometri;	la domanda di trasporto è una domanda "derivata"
ha bisogno di qualcosa (trasporto) che gli permetta di fare tale spostamento;	bisogno
desidera un trasporto poco inquinante, che consumi poca energia, sia rapido, comodo, sicuro e che costi poco;	desiderio
il suo massimo desiderio è quello di usare un tram o una metropolitana;	domanda latente
ma sa che tali mezzi non esistono lungo il percorso che deve compiere; può, quindi, scegliere tra andare a piedi, usare la bici, prendere l'autobus, il taxi o l'auto;	prodotti/servizi esistenti
sceglie di usare la bici fino alla fermata più vicina, prendere l'autobus che ferma a qualche centinaio di metri dall'ufficio e giungere al lavoro a piedi.	Domanda realizzata (soddisfatta)

5. Uso efficiente del trasporto

Mentre l'offerta influenza la domanda, quest'ultima incide sull'evoluzione della qualità dei prodotti nella misura in cui richiede che sia colmato il divario tra prodotti esistenti e soddisfazione dei bisogni di mobilità.

Tale influenza ricorsiva tra offerta e domanda di trasporto deve essere tenuta presente per un uso efficiente delle risorse disponibili.

Agendo consapevolmente su offerta e domanda di trasporto, si può infatti ridurre il volume di trasporto e, conseguentemente, il consumo energetico ad esso afferente. Si tratta di un processo collegato all'innovazione introdotta nel sistema economico e nell'uso del territorio.

L'uso efficiente delle risorse di un sistema economico è alla base della sua dematerializzazione (*doing more with less*), intesa quale riduzione della quantità di energia, di emissioni, di materiali e di rifiuti impiegati e generati lungo il ciclo di vita di un prodotto.

Il processo di dematerializzazione può essere ritenuto insito nelle innovazioni organizzative e tecnologiche sin dai tempi della rivoluzione industriale.

Si può altresì ritenere che alcuni fattori della dematerializzazione abbiano una particolare potenzialità per ridurre la domanda di trasporto. Si tratta, in particolare, della maggiore durata dei prodotti e della loro miniaturizzazione, nonché della loro sostituzione con servizi resa possibile anche dalle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

Tuttavia, l'intenso sviluppo di tali tecnologie riduce le dimensioni temporali (ritmi più accelerati nella produzione e nel consumo) e quelle spaziali (collegamenti più facili tra luoghi distanti) con un impatto potenzialmente favorevole all'aumento della domanda di trasporto.

Gli effetti del processo di dematerializzazione sull'offerta di trasporto sono particolarmente riscontrabili in veicoli e infrastrutture con migliori prestazioni energetiche e tecnologie più pulite.

Si tratta di un miglioramento che incoraggia l'uso di modalità di trasporto meno inquinanti. Ad esempio, se autoveicoli a energia solare fossero prodotti su vasta scala e venduti a buon prezzo, proprio la qualità di non inquinare sarebbe paradossalmente²² il viatico per l'aumento della domanda realizzata da una modalità di trasporto che ha un forte impatto ambientale (infrastrutture stradali) e sociale (congestione e incidenti).

Pertanto, l'aumento della domanda potrebbe nullificare i risultati di efficienza energetica conseguiti dall'offerta, se non fossero prese misure idonee a minimizzare il complessivo impatto del trasporto sull'ambiente e sul paesaggio (inteso come il risultato dell'interazione tra fattori naturali e umani).

L'uso consapevole di ambiente e paesaggio, abbinato all'uso intelligente delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, è considerato basilare per ridurre i volumi di trasporto.

²² È il cosiddetto paradosso di Jevons, secondo il quale i miglioramenti tecnologici che aumentano l'efficienza di una risorsa possono fare aumentare il consumo di tale risorsa. William Stanley Jevons (economista britannico) si riferiva al carbone: *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation and the Probable Exhaustion of Our Coal Mines*, 1865. Egli aveva osservato che il miglioramento dell'efficienza energetica del carbone si era tradotto in un aumento del suo consumo in vari settori industriali.

Tale riduzione può essere perseguita dall'integrazione tra piani dei trasporti e pianificazione territoriale secondo obiettivi comuni indirizzati ad aumentare:

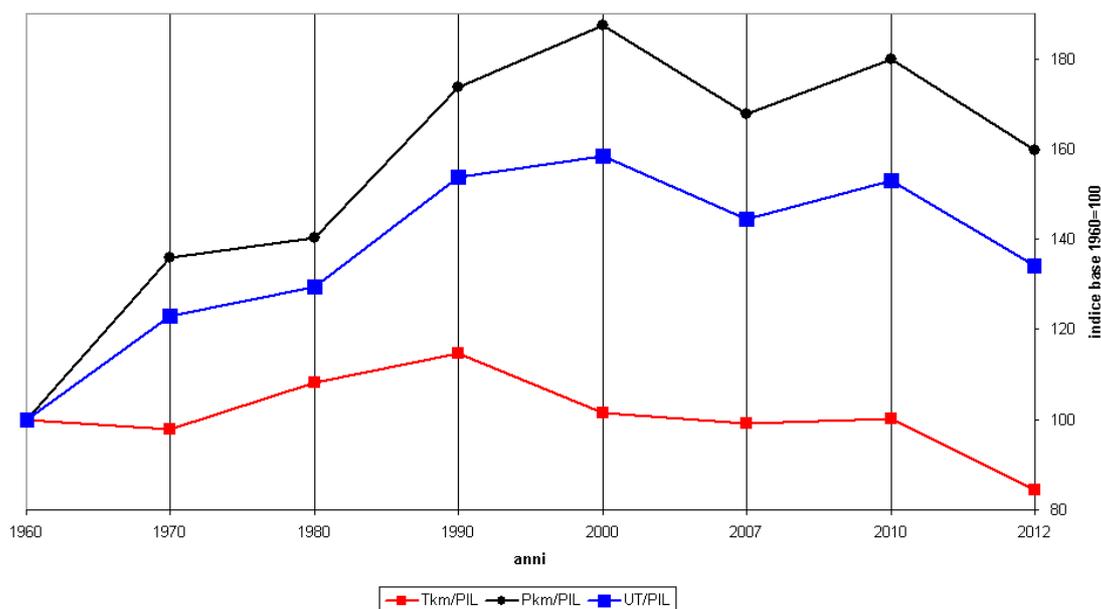
- la capacità di accedere alle risorse (accessibilità) riducendo inutili o indesiderabili spostamenti e accorciandone le distanze;
- la capacità di muoversi (mobilità) ottimizzando l'uso di veicoli e infrastrutture.

La riduzione dell'intensità di trasporto indica anche il grado di efficienza di un sistema economico, cioè una buona gestione delle risorse a disposizione.

A tal fine, possono usarsi criteri economici tradizionali che misurano il rapporto tra volume di trasporto e PIL²³ (Grafico 3).

La serie storica (riportata in numeri indice a base fissa 1960 = 100) mostra che l'intensità totale di trasporto (espresso in UT, cioè Unità di Traffico come somma di Pkm e Tkm) è cresciuta (2012 = 134, con una rilevante punta nel 2000 = 158), ma ciò è stato determinato dal trasporto passeggeri (Pkm) molto più marcatamente (2012 = 160; 2000 = 187) che da quello merci (Tkm; 2012 = 84, in calo rispetto al massimo raggiunto nel 1990 = 115).

Grafico 3: ITALIA - Intensità TRASPORTI su PIL. Tkm, Pkm e UT (unità di traffico = Tkm+Pkm) rapportati al PIL. Numeri indice.



Quando i volumi di trasporto aumentano meno di quanto cresce il PIL, si può affermare che è in atto un processo di disaccoppiamento tra i due fattori (*decoupling*).

Tale processo, che si può osservare solo alla presenza di crescita (anche modesta) del PIL, non è mai avvenuto in Italia (Grafico 4).

²³ Si veda la nota n. 8.

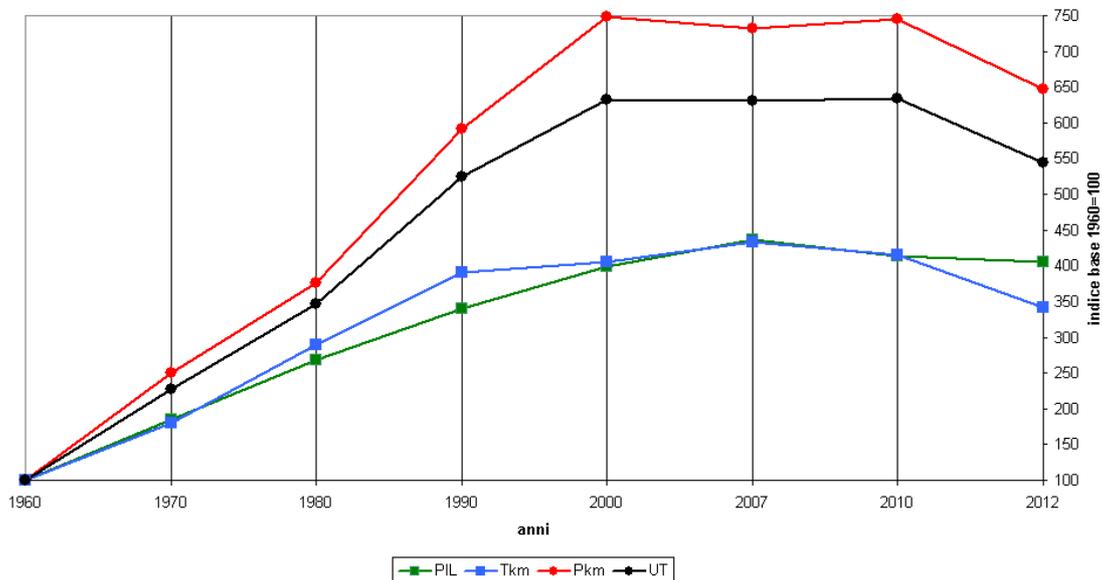
La serie storica (riportata in numeri indice a base fissa 1960 = 100) mostra che la crescita totale di trasporto (espresso in UT) è sempre stata superiore a quella del PIL, quasi stabilmente 1,5 volte tra il 1990 (524 rispetto a 341) e il 2010 (634 rispetto a 414).

Il ritmo di crescita del trasporto passeggeri (Pkm) è stato ancora maggiore, quasi raddoppiando quello del PIL nel 2000 (748 rispetto a 400).

Tale andamento è stato compensato dal ritmo con il quale il trasporto merci (Tkm) è stato quasi in linea con quello del PIL, in particolare dopo i maggiori scostamenti rilevati nel 1980 (290 rispetto a 268) e nel 1990 (391 rispetto a 341).

Non può tuttavia considerarsi come *decoupling* la riduzione del volume di trasporto merci (Tkm) tra il 2007 e il 2012, conseguenza del perverso impatto della Grande Recessione sull'economia globale.

Grafico 4: ITALIA - Crescita del PIL (prodotto interno lordo) e dei TRASPORTI: Tkm, Pkm e UT (unità di traffico = Tkm+Pkm). Numeri indice.



6. Consumo Energetico dei trasporti

Il consumo energetico dei trasporti nell'anno 2011 è stato calcolato seguendo procedure che hanno usato dati di riferimento forniti da varie fonti statistiche, in particolare BEN (Bilancio Energetico Nazionale, Ministero dello Sviluppo Economico, CNIT (Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) e ISTAT.

I dati del BEN quantificano il consumo energetico totale dei trasporti, misurato in tonnellate equivalenti di petrolio (Tep) e ripartito in quattro settori: trasporti ferroviari, via acqua, stradali ed aerei.

I dati del CNIT e dell'ISTAT forniscono i volumi di trasporto (passeggeri e Pkm; tonnellate e Tkm) prodotti da: impianti fissi (ferrovie, tranvie, metropolitane, funicolari e funivie); acqua (navigazione di cabotaggio, lacuale e lagunare); strada (veicoli merci, autovetture, motocicli, ciclomotori, autolinee, filovie e autobus da noleggio); aereo; condotta (oleodotti).

I dati del BEN sono stati rapportati a quelli del CNIT e dell'ISTAT onde armonizzarli per modalità. Una perfetta convergenza è stata attribuita ai dati riferiti ai trasporti via acqua, stradali e aerei.

In conformità a criteri consolidati e supportati da serie storiche, i dati del BEN sul trasporto ferroviario sono stati applicati a quelli del CNIT e dell'ISTAT sui trasporti a impianti fissi e per condotta, stimando la quota di consumo energetico riservata a questi ultimi.

Sommando Pkm e Tkm (dati CNIT e ISTAT), si è ottenuto il totale complessivo delle Unità di Traffico (UT) per modalità di trasporto. Dividendo le Tep consumate (dati BEN) per il numero di Unità di Traffico, si è ottenuto il consumo energetico medio complessivo per modalità di trasporto, espresso in grammi equivalenti di petrolio (gеп) per unità di traffico.

Il consumo energetico medio complessivo per unità di traffico è stato applicato ai Pkm e alle Tkm dei trasporti aerei e dei trasporti via acqua, dato che passeggeri e merci spesso viaggiano contemporaneamente sugli stessi veicoli.

Tenendo conto del consumo energetico medio complessivo per unità di traffico dei trasporti a impianti fissi e dei trasporti stradali, distinti valori di consumo energetico medio sono stati attribuiti ai Pkm realizzati da autovetture, motocicli, ciclomotori, ferrovie, tranvie, metropolitane, funicolari, funivie, autolinee, filovie e autobus da noleggio.

Nello stesso modo si sono attribuiti distinti valori di consumo energetico medio alle Tkm realizzate da ferrovie e veicoli merci.

Le Tep attribuite al trasporto per oleodotti sono state divise per le Tkm da esso prodotte al fine di stimarne il consumo energetico medio.

Durante l'elaborazione dei consumi energetici medi, si sono considerate stime relative ad anni precedenti (serie storiche), nonché stime fatte da altri istituti di ricerca.

Moltiplicando i valori di consumo energetico medio (gеп) per i relativi volumi di trasporto (Pkm e Tkm), si sono calcolati i consumi totali di energia (Tep) per modalità di trasporto. I totali sono stati confrontati con quelli di partenza (cioè i dati forniti dal BEN) e si è proceduto alle correzioni necessarie a una coincidenza del numero di Tep. Le correzioni sono state fatte calibrando i valori del consumo medio unitario di energia (gеп) fermi restando i volumi di trasporto (Pkm e Tkm).

Determinato il quadro di riferimento nazionale sul consumo energetico dei trasporti, si è proceduto alla sua ripartizione regionale.

La ripartizione è stata fatta usando i valori di consumo energetico medio (gеп) per ciascuna modalità di trasporto. Essi sono stati rivisti quando specifiche condizioni dell'area in esame (ad esempio, densità di infrastrutture e popolazione, aree rurali e/o urbane) lo hanno reso necessario. Tali valori (gеп) sono stati moltiplicati per i volumi di trasporto (Pkm e Tkm) di ciascun ambito territoriale di riferimento, stimati tramite l'elaborazione di 20 Conti Regionali dei Trasporti (Sezione 8) coerenti con le dinamiche relazionali del sistema nazionale.

Le valutazioni dei consumi energetici regionali del trasporto sono state calibrate per arrivare a una perfetta coincidenza con i dati di riferimento forniti dal BEN.

Considerando tutte le modalità di trasporto, variazioni si possono notare nelle scale regionali di consumo energetico attribuibile ai settori delle merci (Tabella 1) e dei passeggeri (Tabella 2) e complessivamente (Tabella 3).

Tabelle 1, 2 e 3: Ripartizione regionale del consumo energetico dei trasporti. Anno 2011								
Tabella 1: Settore merci			Tabella 2: Settore passeggeri			Tabella 3: Settore merci + Settore passeggeri		
Regione	Tep	%	Regione	Tep	%	Regione	Tep	%
Lombardia	1.811.325	19,2%	Lombardia	5.374.823	16,3%	Lombardia	7.186.148	16,9%
Emilia Romagna	1.189.273	12,6%	Lazio	3.706.722	11,2%	Lazio	4.240.603	10,0%
Veneto	1.090.441	11,6%	Campania	2.986.041	9,0%	Veneto	3.616.532	8,5%
Piemonte	878.663	9,3%	Veneto	2.526.091	7,6%	Emilia Romagna	3.603.318	8,5%
Toscana	697.347	7,4%	Sicilia	2.524.664	7,6%	Campania	3.400.696	8,0%
Lazio	533.882	5,7%	Emilia Romagna	2.414.045	7,3%	Toscana	2.988.652	7,0%
Puglia	458.304	4,9%	Puglia	2.328.217	7,0%	Piemonte	2.926.935	6,9%
Campania	414.655	4,4%	Toscana	2.291.305	6,9%	Sicilia	2.817.465	6,6%
Liguria	327.964	3,5%	Piemonte	2.048.272	6,2%	Puglia	2.786.522	6,6%
Sicilia	292.801	3,1%	Sardegna	1.102.185	3,3%	Sardegna	1.231.503	2,9%
Trentino Alto Adige	270.086	2,9%	Calabria	926.716	2,8%	Abruzzo	1.144.168	2,7%
Friuli Venezia Giulia	258.844	2,7%	Abruzzo	895.643	2,7%	Calabria	1.117.305	2,6%
Abruzzo	248.525	2,6%	Marche	875.384	2,6%	Marche	1.116.079	2,6%
Umbria	247.023	2,6%	Liguria	685.002	2,1%	Liguria	1.012.967	2,4%
Marche	240.695	2,6%	Umbria	680.212	2,1%	Umbria	927.235	2,2%
Calabria	190.589	2,0%	Friuli Venezia Giulia	589.504	1,8%	Friuli Venezia Giulia	848.348	2,0%
Sardegna	129.319	1,4%	Trentino Alto Adige	501.496	1,5%	Trentino Alto Adige	771.582	1,8%
Basilicata	80.204	0,9%	Basilicata	284.032	0,9%	Basilicata	364.236	0,9%
Molise	45.305	0,5%	Molise	197.246	0,6%	Molise	242.551	0,6%
Valle d'Aosta	11.354	0,1%	Valle d'Aosta	115.902	0,4%	Valle d'Aosta	127.256	0,3%
Totale (Italia)	9.416.598	100%	Totale (Italia)	33.053.502	100%	Totale (Italia)	42.470.100	100%

La ripartizione regionale del consumo energetico attribuito al settore delle merci (Tabella 4) è stata fatta secondo cinque modalità: ferro (ferrovia); acqua (navigazione marittima di cabotaggio e vie d'acqua interne); aereo (navigazione aerea); strada (autotrasporto); oleodotto (condotta).

Tabella 4: Consumo energetico per modalità del trasporto merci. Anno 2011.								
Regione	Ripartizione percentuale (%) delle Tep (tonnellate equivalenti di petrolio) per modalità principali					Tutte le modalità		
	Ferro	Acqua	Aereo	Strada	Oleodotto	Totale	Tep	%
Valle d'Aosta	2,4%	0,0%	0,0%	88,1%	9,5%	100%	11.354	0,1%
Piemonte	1,4%	0,0%	0,6%	97,8%	0,2%	100%	878.663	9,3%
Lombardia	1,5%	0,0%	3,7%	94,3%	0,5%	100%	1.811.325	19,2%
Trentino Alto Adige	1,3%	0,0%	0,9%	97,8%	0,0%	100%	270.086	2,9%
Veneto	1,3%	2,6%	1,2%	94,7%	0,2%	100%	1.090.441	11,6%
Friuli Venezia Giulia	1,3%	2,7%	1,2%	91,3%	3,5%	100%	258.844	2,7%
Liguria	1,2%	12,4%	0,9%	84,7%	0,8%	100%	327.964	3,5%
Emilia Romagna	1,3%	1,5%	1,6%	95,5%	0,1%	100%	1.189.273	12,6%
Toscana	1,4%	2,8%	3,2%	92,6%	0,0%	100%	697.347	7,4%
Umbria	1,1%	0,0%	1,9%	96,9%	0,0%	100%	247.023	2,6%
Marche	1,5%	1,0%	1,7%	95,8%	0,0%	100%	240.695	2,6%
Lazio	2,1%	1,7%	5,7%	90,1%	0,4%	100%	533.882	5,7%
Abruzzo	1,2%	1,5%	1,1%	96,1%	0,0%	100%	248.525	2,6%
Molise	1,3%	0,0%	0,3%	98,4%	0,0%	100%	45.305	0,5%
Campania	1,7%	4,0%	3,4%	90,9%	0,0%	100%	414.655	4,4%
Puglia	1,4%	1,2%	2,3%	95,0%	0,1%	100%	458.304	4,9%
Basilicata	1,3%	0,0%	0,2%	98,0%	0,5%	100%	80.204	0,9%
Calabria	1,4%	4,8%	3,1%	90,6%	0,0%	100%	190.589	2,0%
Sicilia	1,9%	10,6%	3,5%	84,0%	0,0%	100%	292.801	3,1%
Sardegna	1,7%	13,9%	12,4%	72,0%	0,0%	100%	129.319	1,4%
Totale (Italia)	1,4%	2,2%	2,5%	93,5%	0,3%	100%	9.416.598	100%

La ripartizione regionale del consumo energetico attribuito al settore dei passeggeri, (Tabella 5) è stata fatta secondo cinque modalità: impianti fissi (ferrovie, tranvie, metropolitane, funicolari e funivie); acqua (navigazione marittima di cabotaggio e lacuale, nonché quella lagunare di Venezia); aereo (navigazione aerea); strada collettivo (autolinee, filovie e autobus da noleggio); strada individuale (autovetture, motocicli e ciclomotori).

Tabella 5: Consumo energetico per modalità del trasporto passeggeri. Anno 2011.								
Ripartizione percentuale (%) delle Tep (tonnellate equivalenti di petrolio) per modalità principali							Tutte le modalità	
Regione	Impianti fissi	Acqua	Aereo	Strada collettivo	Strada individuale	Totale	Tep	%
Valle d'Aosta	1,4%	0,0%	0,0%	4,9%	93,6%	100%	115.902	0,4%
Piemonte	1,2%	0,0%	7,2%	2,9%	88,7%	100%	2.048.272	6,2%
Lombardia	1,4%	0,0%	13,5%	2,7%	82,4%	100%	5.374.823	16,3%
Trentino Alto Adige	1,3%	0,0%	4,5%	9,1%	85,0%	100%	501.496	1,5%
Veneto	0,9%	0,1%	6,3%	4,1%	88,6%	100%	2.526.091	7,6%
Friuli Venezia Giulia	1,2%	0,0%	4,7%	4,7%	89,4%	100%	589.504	1,8%
Liguria	1,3%	0,3%	10,8%	4,7%	83,0%	100%	685.002	2,1%
Emilia Romagna	0,8%	0,0%	12,8%	3,6%	82,7%	100%	2.414.045	7,3%
Toscana	0,7%	0,1%	17,0%	3,3%	78,8%	100%	2.291.305	6,9%
Umbria	0,6%	0,0%	15,7%	4,0%	79,6%	100%	680.212	2,1%
Marche	0,7%	0,0%	5,6%	3,6%	90,0%	100%	875.384	2,6%
Lazio	2,1%	0,0%	15,3%	4,3%	78,3%	100%	3.706.722	11,2%
Abruzzo	0,6%	0,0%	3,1%	3,2%	93,0%	100%	895.643	2,7%
Molise	0,9%	0,0%	2,8%	4,8%	91,6%	100%	197.246	0,6%
Campania	0,7%	0,0%	7,8%	2,1%	89,3%	100%	2.986.041	9,0%
Puglia	0,6%	0,0%	16,8%	2,5%	80,1%	100%	2.328.217	7,0%
Basilicata	1,0%	0,0%	1,9%	5,4%	91,7%	100%	284.032	0,9%
Calabria	0,7%	0,0%	7,4%	3,4%	88,4%	100%	926.716	2,8%
Sicilia	0,7%	0,1%	9,8%	3,1%	86,3%	100%	2.524.664	7,6%
Sardegna	0,6%	0,4%	23,3%	2,3%	73,5%	100%	1.102.185	3,3%
Totale (Italia)	1,1%	0,0%	11,5%	3,4%	84,0%	100%	33.053.502	100%

La somma dei consumi energetici relativi alle merci e ai passeggeri ha dato il risultato complessivo della ripartizione regionale (Tabella 6) per cinque modalità: ferro, acqua, aereo, strada e oleodotto.

Tabella 6: Consumo energetico per modalità del trasporto merci e passeggeri. Anno 2011.								
Ripartizione percentuale (%) delle Tep (tonnellate equivalenti di petrolio) per modalità principali							Tutte le modalità	
Regione	Ferro	Acqua	Aereo	Strada	Oleodotto	Totale	Tep	%
Valle d'Aosta	1,5%	0,0%	0,0%	97,6%	0,8%	100%	127.256	0,3%
Piemonte	1,3%	0,0%	5,3%	93,4%	0,1%	100%	2.926.935	6,9%
Lombardia	1,5%	0,0%	11,0%	87,4%	0,1%	100%	7.186.148	16,9%
Trentino Alto Adige	1,3%	0,0%	3,3%	95,4%	0,0%	100%	771.582	1,8%
Veneto	1,0%	0,8%	4,7%	93,3%	0,0%	100%	3.616.532	8,5%
Friuli Venezia Giulia	1,2%	0,8%	3,6%	93,2%	1,1%	100%	848.348	2,0%
Liguria	1,3%	4,2%	7,6%	86,7%	0,2%	100%	1.012.967	2,4%
Emilia Romagna	1,0%	0,5%	9,1%	89,4%	0,0%	100%	3.603.318	8,5%
Toscana	0,9%	0,7%	13,8%	84,6%	0,0%	100%	2.988.652	7,0%
Umbria	0,8%	0,0%	12,0%	87,2%	0,0%	100%	927.235	2,2%
Marche	0,9%	0,2%	4,8%	94,1%	0,0%	100%	1.116.079	2,6%
Lazio	2,1%	0,2%	14,1%	83,5%	0,1%	100%	4.240.603	10,0%
Abruzzo	0,8%	0,3%	2,7%	96,2%	0,0%	100%	1.144.168	2,7%
Molise	0,9%	0,0%	2,3%	96,8%	0,0%	100%	242.551	0,6%
Campania	0,8%	0,5%	7,3%	91,4%	0,0%	100%	3.400.696	8,0%
Puglia	0,7%	0,2%	14,4%	84,7%	0,0%	100%	2.786.522	6,6%
Basilicata	1,1%	0,0%	1,5%	97,3%	0,1%	100%	364.236	0,9%
Calabria	0,8%	0,8%	6,7%	91,6%	0,0%	100%	1.117.305	2,6%
Sicilia	0,8%	1,2%	9,1%	88,9%	0,0%	100%	2.817.465	6,6%
Sardegna	0,7%	1,8%	22,1%	75,4%	0,0%	100%	1.231.503	2,9%
Totale (Italia)	1,1%	0,5%	9,5%	88,7%	0,1%	100%	42.470.100	100%

Le ripartizioni regionali del consumo energetico possono essere usate come basi per determinare l'ammontare delle emissioni (CO₂, CO, NO_x, VOC) dovute ai trasporti. Esse sono direttamente proporzionali al consumo energetico, ma è necessario introdurre parametri che tipicizzano condizioni relative a tipo di combustibile, veicolo, caratteristiche del percorso e del territorio, etc.

Infine è possibile calcolare le esternalità, vale a dire i costi esternalizzati o costi esterni: riferendosi alle stime dei costi medi a livello nazionale (gas da effetto serra, inquinamento dell'aria, rumore, incidenti, congestione) per unità (Pkm e Tkm) di modalità di trasporto prevalenti nell'area in esame; moltiplicando i costi unitari così selezionati per i relativi volumi di trasporto (sommatoria di Pkm e Tkm); rapportando l'ammontare totale dei costi esternalizzati al PIL locale, al fine di valutare pienamente il loro impatto sull'economia.

Quanto finora esposto si riferisce al consumo energetico direttamente determinato dalle attività di trasporto. La valutazione del ciclo di vita (*life cycle assessment*) dei trasporti potrebbe far notare anche i consumi energetici afferenti all'estrazione dei materiali, al trattamento delle materie prime, necessari alla produzione ed alla manutenzione dei veicoli, alla costruzione ed alla manutenzione delle infrastrutture, al trasporto dell'energia (combustibili, etc.) usata dal parco veicolare, all'utilizzazione di porzioni territorio ed al mantenimento delle condizioni di sicurezza del sistema ambientale interessato dal fenomeno del trasporto, etc.

7. Approcci per formulare i Conti Regionali dei Trasporti

Formulare i Conti Regionali dei Trasporti implica “territorializzare” i dati relativi alla domanda realizzata di trasporto (espressa in Pkm e Tkm), vale a dire associarli ai caratteri distintivi delle unità geo-politiche e amministrative (le Regioni) che compongono la dimensione nazionale.

Si tratta di costruire 20 “centurie statistiche”, definite come unità di scelta e raccolta di dati che, pur riferiti a porzioni del territorio nazionale secondo una suddivisione per confini definiti, sono tra essi fortemente interagenti.

Ogni centuria deve raggiungere un elevato grado di compattezza, unendo le sue relazioni interne e quelle con altre centurie, secondo una continuità interrelazionale tra territori sub-regionali e interregionali. Tale capacità di connessione costituisce la coerenza di una centuria statistica regionale. Similarmente si possono definire coerenti centurie statistiche sub-regionali che compongono Conti Territoriali (ad esempio, provinciali e comunali) dei Trasporti.

Tale processo di analisi può giungere alla “georeferenziazione” dei dati, attribuendo ad essi le informazioni relative alla loro dislocazione geografica.

La coerenza della centuria statistica è effetto e causa della combinazione tra le modalità con le quali si realizza la domanda di trasporto. Da una parte, la coerenza dipende dalla distribuzione territoriale della domanda realizzata dalle modalità di trasporto esistenti all'interno di una centuria (endogenesi). Dall'altra parte, la coerenza determina l'attribuzione territoriale della domanda realizzata dalle singole modalità di trasporto per collegare varie centurie (esogenesi).

L'unione delle componenti endogene ed esogene della centuria statistica definisce la ripartizione modale (*modal split*) della domanda realizzata dalle varie modalità di trasporto.

Due approcci racchiudono i metodi per calcolare Pkm e Tkm di ciascuna modalità di trasporto: quello dal basso (*bottom-up*) e quello dall'alto (*top-down*).

L'approccio *bottom-up* parte dai dati disponibili strettamente riferiti alla centuria statistica. Da essa risale per costruire dati coerenti con quelli della dimensione nazionale.

Direzione inversa è seguita dall'approccio *top-down*. Esso parte dai dati disponibili a livello nazionale. Da esso scende per costruire dati coerenti con quelli delle centurie statistiche.

Nel primo approccio, si procede per progressive aggregazioni tra i dati delle centurie statistiche finché non si giunge a risultati corrispondenti a quelli del quadro nazionale unitario.

Nel secondo approccio, si procede tramite progressive disaggregazioni del quadro unitario nazionale finché non si giunge a risultati soddisfacenti per e tra tutte le centurie statistiche.

Entrambi gli approcci forniscono dati che determinano il campo di variazione (valori massimi e minimi) di Tkm e Pkm attribuibili alle modalità di trasporto riguardanti le singole centurie.

Comparando tali risultati, modificandoli tramite correlazione con dati di indicatori socio-economici, si perviene all'attribuzione finale di Tkm e Pkm a tutte le centurie.

In conclusione, solo l'integrazione tra le direzioni dei due approcci (*bottom-up* e *top-down*) permette di formulare stime sulla ripartizione modale del trasporto che siano sensatamente corrispondenti alle caratteristiche delle centurie (20 regioni) e siano in sintonia con il quadro di riferimento nazionale relativo ai dati sui traffici interni (forniti dal CNIT e dall'ISTAT).

8. Metodi usati per calcolare i Conti Regionali dei Trasporti 2011

L'esercizio svolto in questo rapporto ha stimato i Conti Regionali dei Trasporti (CRT) riferiti al 2011, anno per il quale informazioni statistiche (principalmente di fonte CNIT e ISTAT) sono risultate più complete rispetto a quelle relative ad anni più recenti. Tali informazioni sono state integrate da una serie di indicatori socio-economici e da indagini riguardanti modalità di trasporto specifiche²⁴.

Le stime dei CRT sono state influenzate dal modo con il quale i volumi di trasporto (Pkm e Tkm) sono stati attribuiti alle singole centurie statistiche.

Ogni centuria è stata considerata come "sistema aperto" perché causa volumi di trasporto interni e verso l'esterno (endogenesi), riceve volumi di trasporto dall'esterno e subisce quelli di transito tra altre centurie (esogenesi).

Il volume di trasporto è stato attribuito tenendo conto delle molteplici relazioni instaurate tra la centuria in esame e le restanti centurie. Si è potuto notare che il fitto reticolo relazionale tra tutte le centurie si sovrapponeva a quello tra singole centurie. Anche quando una centuria sembrava non avere un collegamento specifico con tale reticolo, quest'ultimo si interponeva alla "comunicazione" diretta tra essa e altre centurie.

In altre parole, sia i confini scelti (regionali) per delimitare una centuria, sia la sua posizione nella mappa relazionale del più vasto contesto geografico (nazionale), hanno dovuto tener conto delle seguenti caratteristiche.

Infrastrutture a rete (strade, ferrovie, rotte aeree e marittime) e a nodi (fermate, stazioni, porti e aeroporti) costituiscono il sistema di itinerari che collegano punti territoriali di origine e destinazione della domanda soddisfatta di trasporto.

Gli itinerari non sono tra loro indipendenti, ma integrativi. Ad esempio, itinerari aerei e marittimi non potrebbero esistere senza il concorso di altri itinerari, quali quelli stradali e ferroviari.

Si tratta della "naturale intermodalità" del trasporto, secondo il principio che una modalità alimenta inevitabilmente altre modalità e le può fortemente condizionare.

Il suddetto condizionamento si associa al principio secondo il quale è l'offerta di trasporto a determinarne la domanda.

La produzione di infrastrutture è condizione basilare per la produzione dei veicoli. A sua volta, la produzione di veicoli è condizione basilare per la produzione di infrastrutture. Questo circuito produttivo ha bisogno che passeggeri e merci "consumino" il trasporto offerto. Più aumenta il consumo, più l'offerta di trasporto può aumentare.

Il circuito produttivo del trasporto crea così i propri consumatori e questi ultimi determinano nuove opportunità di produzione.

Quanto più il circuito produttivo di una modalità di trasporto è in grado di aumentare i propri consumatori, tanto più esso può prevalere sui circuiti produttivi delle altre modalità, condizionandole anche ai fini dell'inevitabile collaborazione intermodale.

²⁴ Gli indicatori socio-economici sono specificati nei prossimi paragrafi. Per la considerazione delle stime, vale quanto già raccomandato dalla nota n. 7.

La presenza delle modalità di trasporto in una centuria dipende dalla sua posizione geografica e dalla conformazione fisica del suo territorio. In ogni caso, mentre solo alcune specifiche modalità possono essere presenti in una determinata centuria, essa può essere affluente o emissaria di trasporto realizzato da altre modalità di trasporto in altre centurie.

Allo stesso tempo, nel caso in cui tutte le modalità di trasporto siano presenti in una determinata centuria, essa può non essere la sola responsabile del trasporto realizzato da tali modalità.

Si tratta della “naturale transumanza” del trasporto, secondo il principio che le infrastrutture a reti e a nodi di un ambito territoriale producono volumi di trasporto in altri ambiti territoriali. Questo principio vale per tutti gli itinerari (terrestri, aerei e marittimi), sebbene sia subordinato allo sviluppo spaziale con il quale essi distribuiscono l’offerta di trasporto nel territorio.

Alcuni territori sono attraversati più di altri da tali itinerari, indipendentemente dal numero dei nodi presenti in essi.

Le reti ferroviarie e stradali possono essere definite da limiti geografici.

Le rotte aeree e marittime variano, seppur parzialmente, secondo gradi di libertà che rispettano vincoli di sicurezza e rispondono a esigenze dei veicoli.

Spesso, i volumi di trasporto rilevati nei nodi (stazioni, porti e aeroporti) non possono essere totalmente attribuiti ai territori ove tali nodi hanno sede. Ciò è particolarmente palese nei porti e negli aeroporti, perché soggetti a volumi di trasporto dovuti a una domanda che ha origine e/o destinazione in altri territori.

Le suddette considerazioni spiegano perché (Tabella 4, 5 e 6):

- quote di consumo energetico dovute ad alcune modalità di trasporto siano state attribuite anche a regioni ove tali modalità non fossero presenti (primo caso);
- la stima del consumo energetico in alcune regioni appaia maggiore di quanto ritenuto possibile per alcune modalità di trasporto (secondo caso);
- la stima del consumo energetico in alcune regioni appaia minore di quanto ritenuto possibile per alcune modalità di trasporto (terzo caso).

Nel primo caso, rientrano a titolo esemplificativo le regioni del Molise e della Basilicata, alle quali è stato attribuita una quota di consumo energetico dovuto al trasporto aereo.

Fanno parte del secondo caso gli esempi dell’Emilia Romagna, della Toscana e dell’Umbria relativi al trasporto aereo, nonché quello della Calabria relativo alla navigazione marittima di cabotaggio.

Le regioni finora citate sono, infatti, interessate da una rilevante densità di rotte aeree e marittime, sulle quali transitano volumi di trasporto da e per altri territori.

Regioni quali la Lombardia e il Lazio sono esempi del terzo caso. Nei loro aeroporti si concentra la quota più alta di arrivi e partenze rispetto al traffico aereo commerciale complessivo nazionale. Si tratta di volumi di trasporto con origine e destinazione non esclusivamente attribuibile alle due regioni in esame e che viaggiano su rotte aeree che interessano altre regioni.

Considerando tutte le modalità di trasporto, possono notarsi differenti scale regionali dei volumi di trasporto nel caso del settore merci (Tabella 7) e nel caso di quello passeggeri (Tabella 8). Dettagli sulla loro ripartizione modale sono forniti nei prossimi paragrafi.

Tabelle 7 e 8: Ripartizione regionale dei volumi di trasporto. Anno 2011

Tabella 7: Trasporto merci			Tabella 8: Trasporto passeggeri		
Regione	Milioni Tkm	%	Regione	Milioni Pkm	%
Lombardia	35.325	15,4%	Lombardia	141.553	16,0%
Veneto	26.966	11,8%	Lazio	103.606	11,7%
Emilia Romagna	25.884	11,3%	Campania	78.450	8,9%
Toscana	17.074	7,5%	Veneto	71.517	8,1%
Piemonte	16.535	7,2%	Sicilia	67.051	7,6%
Liguria	16.441	7,2%	Emilia Romagna	63.459	7,2%
Sicilia	12.897	5,6%	Toscana	58.057	6,6%
Lazio	12.785	5,6%	Puglia	56.817	6,4%
Campania	11.512	5,0%	Piemonte	56.306	6,4%
Puglia	9.700	4,2%	Sardegna	26.205	3,0%
Friuli Venezia Giulia	9.175	4,0%	Calabria	25.168	2,8%
Sardegna	6.548	2,9%	Abruzzo	24.941	2,8%
Calabria	5.626	2,5%	Marche	24.216	2,7%
Abruzzo	5.348	2,3%	Liguria	19.609	2,2%
Marche	4.954	2,2%	Umbria	17.494	2,0%
Trentino Alto Adige	4.845	2,1%	Friuli Venezia Giulia	17.200	1,9%
Umbria	4.339	1,9%	Trentino Alto Adige	16.221	1,8%
Basilicata	1.582	0,7%	Basilicata	8.527	1,0%
Molise	819	0,4%	Molise	5.773	0,7%
Valle d'Aosta	563	0,2%	Valle d'Aosta	3.550	0,4%
Totale (Italia)	228.920	100%	Totale (Italia)	885.718	100%

8.1. Mercati

Per le merci, la ripartizione modale (Tabella 9) è stata formata dalle percentuali delle Tkm realizzate da: trasporto ferroviario (ferro); navigazione marittima di cabotaggio e vie d'acqua interne (acqua); navigazione aerea (aereo); autotrasporto (strada); condotta (oleodotto).

Tabella 9: Conti regionali del trasporto merci per modalità. Anno 2011.								
Regione	Ripartizione percentuale (%) delle Tkm (tonnellate chilometro) per modalità principali						Somma delle modalità	
	Ferro	Acqua	Aereo	Strada	Oleodotto	Totale	Tkm	%
Valle d'Aosta	7,7%	0,0%	0,0%	28,8%	63,5%	100%	563	0,2%
Piemonte	11,4%	0,0%	0,1%	84,3%	4,2%	100%	16.535	7,2%
Lombardia	12,2%	0,2%	0,8%	78,4%	8,3%	100%	35.325	15,4%
Trentino Alto Adige	11,4%	0,0%	0,2%	88,4%	0,0%	100%	4.845	2,1%
Veneto	8,3%	27,3%	0,2%	62,1%	2,1%	100%	26.966	11,8%
Friuli Venezia Giulia	5,8%	19,5%	0,2%	41,8%	32,7%	100%	9.175	4,0%
Liguria	3,9%	63,6%	0,1%	27,4%	5,1%	100%	16.441	7,2%
Emilia Romagna	9,0%	17,9%	0,3%	71,2%	1,6%	100%	25.884	11,3%
Toscana	8,8%	28,9%	0,6%	61,4%	0,4%	100%	17.074	7,5%
Umbria	10,0%	0,0%	0,5%	89,5%	0,0%	100%	4.339	1,9%
Marche	11,2%	12,9%	0,4%	75,5%	0,0%	100%	4.954	2,2%
Lazio	13,5%	18,2%	1,0%	61,0%	6,2%	100%	12.785	5,6%
Abruzzo	9,1%	18,2%	0,2%	72,5%	0,0%	100%	5.348	2,3%
Molise	11,6%	0,0%	0,1%	88,2%	0,0%	100%	819	0,4%
Campania	9,5%	36,8%	0,5%	53,1%	0,0%	100%	11.512	5,0%
Puglia	10,4%	14,9%	0,5%	72,8%	1,5%	100%	9.700	4,2%
Basilicata	10,5%	0,0%	0,0%	80,6%	8,9%	100%	1.582	0,7%
Calabria	7,6%	42,1%	0,5%	49,8%	0,0%	100%	5.626	2,5%
Sicilia	6,7%	61,9%	0,3%	30,9%	0,1%	100%	12.897	5,6%
Sardegna	5,1%	70,7%	1,1%	23,1%	0,1%	100%	6.548	2,9%
Totale (Italia)	9,3%	23,5%	0,4%	62,4%	4,3%	100%	228.920	100%

Le Tkm realizzate dal trasporto per **ferro** in ciascuna regione sono state calcolate partendo dal dato disponibile sul totale nazionale di Tkm (incluse quelle dovute a carri privati vuoti) prodotte da tutte le imprese ferroviarie (grandi, piccole e medie). Tale dato è stato ripartito secondo le percentuali regionali di due indicatori: prodotto lordo interno (PIL) a valori concatenati (anno riferimento 2005); autotrasporto merci.

Le Tkm realizzate dal trasporto per **acqua** sono state calcolate: tenendo a riferimento il dato disponibile sul totale nazionale di Tkm realizzate dalla navigazione marittima di cabotaggio; aggregando per ciascuna regione dati disponibili sulle tonnellate in navigazione di cabotaggio sbarcate nei porti; usando dati disponibili su origine e destinazione delle tonnellate in navigazione di cabotaggio per ciascuna regione; misurando le distanze chilometriche tra i porti in base alle principali rotte marittime di cabotaggio; ripartendo tali rotte secondo quote litorali attribuite alle coste regionali; creando una matrice relativa ai chilometri di attraversamento per ciascuna regione interessata dalle rotte marittime; moltiplicando tali chilometri per le tonnellate secondo la loro origine e destinazione regionale; aggregando per ciascuna regione le Tkm così ottenute e facendo coincidere il loro totale con quello di riferimento (cioè, il dato disponibile sul totale nazionale di Tkm realizzate dalla navigazione marittima di cabotaggio); sommando le suddette aggregazioni regionali alle Tkm realizzate dalle vie d'acqua interne in alcune regioni, secondo dati disponibili per ciascuna di essa.

Quasi simile è stata la procedura per calcolare le Tkm realizzate dal trasporto **aereo**. Dato di riferimento è stato quello disponibile sul totale nazionale di Tkm cargo (cioè merce e posta) realizzate dalla navigazione aerea nazionale.

I dati disponibili sulle tonnellate cargo caricate e sbarcate negli aeroporti sono stati aggregati per regione, determinando le quote percentuali di ciascuna di essa. Il totale nazionale delle Tkm è stato distribuito secondo tali percentuali regionali, per ipotizzare una base di partenza. Si sono esaminate le principali rotte aeree di ciascun aeroporto per disegnare una mappa di relazioni tra aeroporti, ripartita per concentrazione (intensità) di collegamenti. A tale mappa sono state assegnate distanze chilometriche sempre in base alle rotte aeree. Si sono individuate le regioni interessate dalle rotte aeree, misurandone i chilometri di attraversamento. In tal modo, ciascuna rotta è stata ripartita per quote di transito regionale. Infine, la distribuzione regionale delle Tkm ipotizzata come base di partenza è stata modificata, ripartendo le Tkm secondo l'intensità dei collegamenti e le quote di attraversamento regionale. Il totale della nuova distribuzione di Tkm per singola regione è stato fatto coincidere con quello di riferimento (cioè, il dato disponibile sul totale nazionale di Tkm realizzate dalla navigazione aerea nazionale).

Le Tkm realizzate dal trasporto per **strada** sono state calcolate tramite una matrice di origine e destinazione delle merci secondo dati disponibili per tonnellate, Tkm e Km medi percorsi.

Le Tkm realizzate dal trasporto per **oleodotto** sono state calcolate: tenendo a riferimento il dato disponibile sul totale nazionale di Tkm realizzate dagli oleodotti; individuando gli oleodotti, la loro lunghezza, i loro siti di origine e destinazione; calcolando i chilometri di attraversamento degli oleodotti nelle regioni da essi interessate; individuando dati da fonti varie sulle tonnellate trasportate dai singoli oleodotti; moltiplicando le tonnellate per la lunghezza di ciascun oleodotto in modo da ottenere le rispettive Tkm; ripartendo tali Tkm tra le regioni in base ai chilometri di attraversamento; aggregando i risultati così ottenuti per ciascuna regione interessata e determinando le quote percentuali di ciascuna di essa; usando tali quote percentuali per ripartire il dato di riferimento disponibile, ovvero il totale nazionale di Tkm realizzate dagli oleodotti.

8.2. Passeggeri

Per i passeggeri, la ripartizione modale (Tabella 10) è stata formata dalle percentuali dei Pkm realizzati dal trasporto per: ferrovie, tranvie, metropolitane, funicolari e funivie (impianti fissi); navigazione marittima di cabotaggio e vie d'acqua interne, quali laghi e trasporto lagunare di Venezia (acqua); navigazione aerea (aereo); autolinee, filovie e autobus da noleggio (strada collettivo); autovetture, motocicli e ciclomotori (strada individuale).

Tabella 10: Conti regionali del trasporto passeggeri per modalità. Anno 2011.								
Ripartizione percentuale (%) dei Pkm (passeggeri chilometro) per modalità principali							Somma delle modalità	
Regione	Impianti fissi	Acqua	Aereo	Strada collettivo	Strada individuale	Totale	Pkm	%
Valle d'Aosta	7,1%	0,0%	0,0%	14,8%	78,0%	100%	3.550	0,4%
Piemonte	6,9%	0,0%	1,2%	9,6%	82,3%	100%	56.306	6,4%
Lombardia	8,5%	0,0%	2,3%	9,4%	79,8%	100%	141.553	16,0%
Trentino Alto Adige	6,3%	0,0%	0,6%	26,0%	67,1%	100%	16.221	1,8%
Veneto	5,1%	0,7%	1,0%	13,3%	79,9%	100%	71.517	8,1%
Friuli Venezia Giulia	6,3%	0,0%	0,7%	14,8%	78,2%	100%	17.200	1,9%
Liguria	7,0%	2,4%	1,7%	15,0%	74,0%	100%	19.609	2,2%
Emilia Romagna	4,9%	0,0%	2,1%	12,7%	80,3%	100%	63.459	7,2%
Toscana	4,4%	1,3%	3,0%	12,0%	79,4%	100%	58.057	6,6%
Umbria	3,9%	0,0%	2,7%	14,5%	79,0%	100%	17.494	2,0%
Marche	4,0%	0,0%	0,9%	12,1%	83,0%	100%	24.216	2,7%
Lazio	11,6%	0,3%	2,4%	14,2%	71,5%	100%	103.606	11,7%
Abruzzo	3,6%	0,0%	0,5%	10,7%	85,2%	100%	24.941	2,8%
Molise	4,5%	0,1%	0,4%	15,2%	79,8%	100%	5.773	0,7%
Campania	4,1%	0,4%	1,3%	7,4%	86,7%	100%	78.450	8,9%
Puglia	3,8%	0,0%	3,0%	9,4%	83,8%	100%	56.817	6,4%
Basilicata	5,4%	0,0%	0,3%	16,4%	77,9%	100%	8.527	1,0%
Calabria	4,1%	0,1%	1,2%	11,5%	83,1%	100%	25.168	2,8%
Sicilia	4,2%	0,4%	1,6%	10,9%	82,9%	100%	67.051	7,6%
Sardegna	3,6%	4,3%	4,3%	8,9%	78,8%	100%	26.205	3,0%
Totale (Italia)	6,1%	0,4%	1,9%	11,6%	80,0%	100%	885.718	100%

I Pkm realizzati dal trasporto per **impianti fissi** sono stati calcolati come segue.

Base di partenza per la ripartizione regionale dei Pkm realizzati dal trasporto per ferrovia è stata la somma dei dati disponibili sui Pkm realizzati da tutte le imprese ferroviarie (grandi, piccole e medie) a livello nazionale. Tale totale è stato ripartito tenendo conto delle percentuali regionali dei seguenti indicatori: somma dei Pkm realizzati da autolinee, filovie e tranvie (trasporto urbano ed extraurbano), e da metropolitane e funicolari (trasporto urbano); prodotto lordo interno (PIL) a valori concatenati (anno riferimento 2005); consumi finali interni a valori concatenati (anno riferimento 2005); spesa per consumi finali delle famiglie a valori concatenati (anno riferimento 2005); redditi da lavoro dipendente a valori correnti; spesa delle famiglie per trasporti a valori concatenati (anno riferimento 2005); popolazione media annua.

Dati disponibili sul numero nazionale di passeggeri e Pkm attribuiti alle tranvie urbane ed extraurbane hanno costituito la base di partenza per calcolare i Pkm su base regionale. Altre informazioni, rese disponibili dalle aziende di trasporto, sono state usate per compiere una ricognizione delle linee esistenti in ciascuna regione, distinguendole tra urbane ed extraurbane, determinandone i chilometri di lunghezza e il numero di passeggeri trasportati in un anno. Considerando gli itinerari di ciascuna linea tranviaria, si è ipotizzato il numero di chilometri percorsi da un passeggero. Moltiplicando tale valore chilometrico per il numero di passeggeri, si sono calcolati ipotetici valori di Pkm delle linee tranviarie urbane ed extraurbane.

I risultati così ottenuti sono stati aggregati per regione e sommati al fine di determinare i relativi totali nazionali. Tali totali sono stati comparati ai dati disponibili sui Pkm realizzati dalle tranvie urbane ed extraurbane su scala nazionale.

Ne è seguito un processo di calibratura che, agendo prima di tutto sulla media regionale di chilometri per passeggero, ha progressivamente corretto le ipotesi di partenza, fino a che non si sono raggiunti valori corrispondenti ai dati disponibili su scala nazionale.

Simile procedura è stata seguita per stimare i Pkm realizzati su base regionale tramite metropolitane e funicolari (entrambe considerate totalmente come trasporto urbano), e tramite funivie (considerate totalmente come trasporto extraurbano).

I Pkm realizzati dal trasporto per **acqua** sono stati calcolati tenendo a riferimento il dato disponibile sul totale nazionale di Pkm realizzati dalla navigazione marittima di cabotaggio. Si sono aggregati, per ciascuna regione, i dati disponibili sul numero di passeggeri arrivati nei suoi porti. Per ciascun porto, si sono identificate le principali linee di collegamento cabotiero destinate ai passeggeri. Si sono misurate le distanze chilometriche tra i porti capofila di tali collegamenti. Le distanze chilometriche sono state moltiplicate per il numero di passeggeri sbarcati nei porti. I Pkm così ottenuti sono stati aggregati per ciascuna regione di destinazione, per poi ripartirli equamente con le regioni di origine, identificate tramite il raggruppamento delle linee di collegamento cabotiero secondo una mappa di relazioni interregionali. La somma delle ripartizioni regionali dei Pkm è stata quindi comparata con il dato disponibile sul totale nazionale di Pkm. Tali totali sono stati fatti coincidere tramite la calibratura delle distanze chilometriche dei principali collegamenti di cabotaggio. In tal modo, si sono calcolati i Pkm prodotti dalla navigazione marittima di cabotaggio attribuibili a ciascuna regione. I dati disponibili sui Pkm realizzati dalla navigazione lacuale sono stati ripartiti fra le regioni, esaminando la localizzazione di ciascun lago. Nel caso di laghi cerniera, la ripartizione dei Pkm è stata fatta per quote basate sui principali collegamenti e sulla superficie lacuale condivisa tra le regioni interessate. Sommando tali risultati a quelli della navigazione marittima di cabotaggio e al dato disponibile sui Pkm realizzati dalla navigazione lagunare (Venezia), si è quindi completata la stima riguardante la ripartizione regionale dei Pkm prodotti dal trasporto per acqua.

Il calcolo dei Pkm realizzati dal trasporto **aereo** è stato fatto prendendo come dato di riferimento quello disponibile sul totale nazionale di Pkm realizzati dalla navigazione aerea nazionale. I dati disponibili sui passeggeri partiti e arrivati negli aeroporti sono stati aggregati per regione, determinando le quote percentuali di ciascuna di essa. Il totale nazionale dei Pkm è stato distribuito secondo tali percentuali regionali, per ipotizzare una base di partenza. Si sono esaminate le principali rotte aeree di ciascun aeroporto per disegnare una mappa di relazioni tra aeroporti, ripartita per concentrazione (intensità) di collegamenti. A tale mappa sono state assegnate distanze chilometriche sempre in base alle rotte aeree. Si sono individuate le regioni interessate dalle rotte aeree, misurandone i chilometri di attraversamento. In tal modo, ciascuna rotta è stata ripartita per quote di transito regionale. Infine, la distribuzione regionale dei Pkm ipotizzata come base di partenza è stata modificata, ripartendo i Pkm secondo l'intensità dei collegamenti e le quote di attraversamento regionale. Il totale della nuova distribuzione regionale di Pkm è stato fatto coincidere con quello di riferimento (cioè, il dato disponibile sul totale nazionale di Pkm realizzate dalla navigazione area nazionale).

La somma dei Pkm realizzati da autolinee, filovie e autobus da noleggio costituisce la ripartizione modale chiamata **strada collettivo**.

Dati, già disponibili in modo disaggregato, sono stati utilizzati per verificare i Pkm realizzati dal trasporto per autolinee e filovie extraurbane in ciascuna regione.

Per calcolare i Pkm realizzati dal trasporto per autolinee e filovie urbane in ciascuna regione, si sono usati i dati disponibili relativi al totale nazionale dei Pkm e ai passeggeri trasportati in ciascuna regione. Il numero dei passeggeri è stato moltiplicato per una distanza chilometrica media regionale. La media chilometrica è stata stimata in conformità a informazioni fornite da alcune aziende di trasporto operanti nelle principali città della regione. Il risultato in Pkm è stato sommato ai dati disponibili sui Pkm realizzati in ambito extraurbano al fine di ottenere ipotesi sulla distribuzione regionale di tutto il trasporto per autolinee e filovie. Il totale della distribuzione regionale è stato comparato al totale nazionale, costituito dalla somma dei Pkm trasportati in ambito urbano ed extraurbano. La comparazione è servita a tarare progressivamente la distanza chilometrica media assegnata al trasporto urbano di ciascuna regione in modo da ottenere un risultato totale in Pkm che coincidente con quello di riferimento (vale a dire, il dato disponibile sul totale nazionale di Pkm realizzate da autolinee e filovie urbane). Durante il processo di taratura chilometrica si sono considerate anche le percentuali regionali dei seguenti indicatori: prodotto lordo interno (PIL) a valori concatenati (anno riferimento 2005); consumi finali interni a valori concatenati (anno riferimento 2005); spesa per consumi finali delle famiglie a valori concatenati (anno riferimento 2005); redditi da lavoro dipendente a valori correnti; spesa delle famiglie per trasporti a valori concatenati (anno riferimento 2005); popolazione media annua; chilometri quadrati di superficie territoriale.

Per calcolare i Pkm attribuiti agli autobus da noleggio in ciascuna regione, si è fatto riferimento al dato disponibile sul totale nazionale di Pkm realizzati da questo tipo di trasporto, considerato totalmente come extraurbano. Il totale nazionale è stato ripartito secondo le percentuali regionali di due indicatori: Pkm prodotti dal trasporto per autolinee e filovie extraurbane; arrivi turistici.

Nel caso della modalità **strada individuale**, il numero di autovetture, motocicli e ciclomotori circolanti nelle regioni è stato moltiplicato per un numero medio di km percorsi in un anno, attribuiti a ciascuna categoria veicolare comparando varie rilevazioni campionarie. Ciò ha permesso di stimare il numero di veicoli-km. Quest'ultimo è stato moltiplicato per un numero medio di passeggeri per tipologia veicolare (coefficiente medio di occupazione), ottenuto tramite comparazione di alcune rilevazioni campionarie. In tal modo, si sono stimati i Pkm realizzati da ciascuna tipologia veicolare in ciascuna regione. Le ipotesi di km percorsi mediamente in un anno e di coefficienti medi di occupazione sono state progressivamente calibrate per ciascuna regione, al fine di ottenere totali corrispondenti ai dati disponibili sui Pkm realizzati dalle tre tipologie veicolari su scala nazionale.

9. Conclusioni

Con il presente rapporto, sono state fatte stime sulla ripartizione regionale del consumo energetico dovuto ai trasporti nel 2011. Le stime sono state basate su 20 Conti Regionali dei Trasporti che hanno ipotizzato la ripartizione modale dei volumi di traffico attribuibili a ciascun territorio regionale.

Tali stime sono state introdotte da riflessioni sulla natura del trasporto e sulle sue potenzialità come agente dello sviluppo sostenibile, delegato cioè a collaborare con altri settori all'integrazione delle dimensioni economiche, sociali e ambientali di un sistema territoriale.

Il proposito del presente rapporto non era di natura statistica. L'elaborazione dei dati regionali è stata strumentale alla costruzione di evidenze quantitative, sulla base delle quali piani territoriali dei trasporti potrebbero:

- Ridurre l'intensità di energia a pari condizioni di mobilità (*decoupling* energetico).
- Ridurre l'intensità di trasporto a pari condizioni di crescita economica (*decoupling* del trasporto).
- Ridurre la crescita della domanda di trasporto.
- Accrescere la capacità di accedere alle risorse (accessibilità) migliorando la capacità di spostamento (mobilità) tramite innovazioni organizzative e tecnologiche delle attività di trasporto.

Si tratta di un orientamento strategico che risponde alle otto sfide per il trasporto sostenibile:

- Riequilibrare la ripartizione modale a favore delle modalità più favorevoli all'ambiente e all'equità sociale.
- Aumentare la combinazione, l'intermodalità e l'interoperabilità tra sistemi di trasporto a rete.
- Usare le tecnologie dell'informazione e della comunicazione per ridurre spostamenti inutili o indesiderati di persone e merci e per ottimizzare l'uso di veicoli e infrastrutture.
- Investire in infrastrutture leggere ad alto tasso di flessibilità, tecnologia e coordinamento.
- Migliorare assetti urbanistici e territoriali per ridurre il consumo di suolo e fornire servizi di prossimità con attenzione alle categorie socialmente più deboli.
- Aumentare la sussidiarietà nei trasporti tramite la riduzione del raggio territoriale dei flussi di materiale, informazione ed energia.
- Aumentare il fattore di carico nei mezzi di trasporto merci e passeggeri.
- Usare tecnologie pulite per migliorare le prestazioni energetiche di veicoli e infrastrutture.