



ENEA

ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E L'AMBIENTE

A cura di Gabriella MESSINA

TRASPORTI

ANALISI E PROPOSTE DI INTERVENTO

PER LA SOSTENIBILITA'

FOCUS

2009

SVILUPPO SOSTENIBILE

TRASPORTI

Analisi e proposte di intervento per la sostenibilità

A cura di Gabriella Messina

2009

ENEA

Ente per le Nuove tecnologie

l'Energia e l'Ambiente

Lungotevere Thaon di Revel, 76

00196 Roma

ISBN

978-88-8286-207-7

Immagine di copertina: prototipo di microcar realizzato dall'ENEA



TRASPORTI
Analisi e proposte di intervento per la sostenibilità

A cura di
Gabriella Messina

AUTORI*

Introduzione

M. Romanazzo

Capitolo 1 - Quadro di riferimento nazionale e confronti internazionali

V. Conti, S. Haragonzo, M. Lelli, G. Messina, S. Mitrovich

Capitolo 2 - Approfondimenti tematici

G. Messina, M.P. Valentini, V. Conti, G. Valenti

Capitolo 3 - Veicoli e combustibili

G. Pede, E. Rossi

Capitolo 4 - Indirizzi e provvedimenti di governo

M.P. Valentini

Capitolo 5 - Proposte d'intervento

M.P. Valentini

Capitolo 6 - Considerazioni conclusive

M. Romanazzo

Altri contributi:

*A. Agostini, G. Barbieri, A. Genovese, P. Masoni, E. Negrenti, S. Orchi,
S. Perugia, R. Ragona, V. Pignatelli, F. Del Manso (Unione Petrolifera)*

* Tutti i nominativi corrispondono a personale ENEA,
se non *diversamente indicato*

INDICE

Introduzione	7
1 Quadro di riferimento nazionale e confronti internazionali	11
1.1 <i>Andamento della domanda</i>	12
1.1.1 La domanda di trasporto merci	12
1.1.2 Il traffico passeggeri	21
1.2 <i>La rete infrastrutturale</i>	33
1.2.1 Il sistema europeo dei collegamenti internazionali	33
1.2.2 La dotazione infrastrutturale italiana e confronto internazionale	37
1.3 <i>Impatto occupazionale ed economico dei trasporti</i>	49
1.3.1 Dimensione produttiva del settore trasporti	49
1.3.2 Bilancia dei pagamenti e spesa pubblica	51
1.3.3 Fatturato e costi operativi dell'autotrasporto	55
1.3.4 Costi e ricavi del trasporto ferroviario	60
1.4 <i>L'incidentalità</i>	63
1.4.1 Incidenti stradali	63
1.4.2 Incidenti negli altri modi di trasporto	69
1.5 <i>Caratterizzazione energetica del settore</i>	70
1.5.1 Situazione italiana	70
1.5.2 Confronti Internazionali	76
1.6 <i>Impatto ambientale del settore</i>	79
1.6.1 La normativa	79
1.6.2 Le emissioni di inquinanti e la qualità dell'aria	81
1.6.3 Ozono	89
1.6.4 Piombo e benzene	90
1.6.5 Inquinamento acustico	91
1.6.6 Gas serra	93
1.7 <i>I costi esterni della mobilità</i>	100
1.7.1 In Europa	103
1.7.2 In Italia	108
2 Approfondimenti tematici	115
2.1 <i>Mobilità passeggeri di corto raggio</i>	115
2.1.1 Il pendolarismo	115
2.1.2 Il trasporto pubblico locale	117
2.2 <i>Trasporto merci intermodale</i>	127
2.2.1 Trasporto intermodale terrestre	129
2.2.2 Trasporto marittimo container	134
2.2.3 Le Autostrade del Mare	136
2.3 <i>Il parco veicolare stradale</i>	149
2.4 <i>Tecnologie e strumenti di supporto alla pianificazione e alla gestione</i>	156
2.4.1 Definizione e ruolo della telematica per i trasporti	156
2.4.2 Il mercato delle applicazioni ITS	159
2.4.3 Decision Support Tools	162
2.5 <i>Progetti ENEA sulla telematica applicata ai trasporti</i>	167

3	Veicoli e combustibili	171
3.1	<i>Emissione e consumi come fattori guida per lo sviluppo della tecnologia automobilistica</i>	171
3.1.1	Emissioni	172
3.1.2	Consumi	174
3.2	<i>Bilancio energetico di un veicolo</i>	176
3.3	<i>Riduzione del peso dei veicoli</i>	180
3.3.1	Materiali innovativi	182
3.3.2	Il contributo dell'ENEA	185
3.4	<i>Riduzione della resistenza di rotolamento e della resistenza aerodinamica</i>	189
3.5	<i>Motorizzazioni tradizionali e riduzione delle perdite nel motore</i>	189
3.5.1	Motori ad accensione comandata (benzina, GPL e metano)	193
3.5.2	Motori a ciclo Diesel	198
3.6	<i>Motorizzazioni innovative: i veicoli elettrici ed ibridi</i>	200
3.6.1	Modalità di funzionamento e classificazione dei veicoli ibridi	204
3.6.2	Risparmio energetico ed ibridi	212
3.6.3	I veicoli elettrici a batteria	215
3.6.4	Il contributo dell'ENEA	219
3.6.5	I veicoli elettrici con celle a combustibile	221
3.7	<i>Confronto di efficacia energetico-ambientale delle principali opzioni tecnologiche</i>	225
3.7.1	Il Life Cycle Assessment (LCA) in campo automobilistico	225
3.7.2	Risultati e conclusioni dello studio del JRC	229
3.7.3	Risultati e conclusioni dello studio del MIT per il caso statunitense	235
3.8	<i>Gestione della mobilità</i>	239
3.9	<i>I combustibili, tradizionali ed innovativi</i>	241
3.9.1	I combustibili tradizionali	241
3.9.2	I combustibili alternativi	245
3.9.3	Consumi diretti ed indiretti e bilancio della CO ₂ per i combustibili alternativi	261
4	Indirizzi e provvedimenti di governo	267
4.1	<i>L'Unione Europea</i>	267
4.1.1	Obiettivi e linee d'intervento	267
4.1.2	Documenti d'indirizzo	268
4.1.3	Provvedimenti attuativi	295
4.2	<i>Le istituzioni italiane</i>	306
4.2.1	Ripartizione delle competenze giuridico-amministrative	306
4.2.2	Gli strumenti della programmazione strategica	313
4.2.3	L'Amministrazione centrale	318
4.2.4	Le Regioni	353
4.2.5	I Comuni	356

5	Proposte d'intervento	375
5.1	<i>Pianificazione trasporti, un problema multicriteriale complesso.....</i>	<i>375</i>
5.2	<i>Ridurre i consumi energetici e le emissioni climalteranti dei trasporti: quali possibili misure.....</i>	<i>376</i>
5.3	<i>Potenzialità delle linee d'intervento</i>	<i>379</i>
6	Considerazioni conclusive	387
	Appendice I: Progetti di ricerca e realizzazioni ENEA	393

Introduzione

Il presente lavoro ha come obiettivo l'analisi del sistema nazionale dei trasporti e la definizione e valutazione di alcune proposte di intervento per il miglioramento della sostenibilità del sistema stesso.

Ci si è sforzati di condurre un'analisi attenta alle implicazioni di sistema che, anche se incentrata sugli aspetti energetici e di impatto ambientale, ha tenuto conto dei vari sottospazi in cui il sistema trasporti si proietta: struttura della domanda dell'offerta di trasporto, impatti economici ed occupazionali, sicurezza, costi della mobilità (diretti ed esterni), tecnologie innovative riguardanti sia i veicoli che i sistemi di gestione della mobilità di passeggeri e merci. Un approccio interdisciplinare è necessario per le correlazioni intrinseche che le attività dei trasporti hanno con il sistema economico e sociale per cui la riduzione dei consumi energetici del settore e dei relativi impatti ambientali oltre che essere direttamente connessa alle prestazioni dei veicoli è strettamente dipendente anche da politiche di gestione del processo e da aspetti culturali.

Come affermato da autorevoli fonti (Center for Sustainable Transport, 1997): *“La mobilità ed il sistema dei trasporti attuali non possono essere considerati sostenibili per le ovvie difficoltà ad impostare un sistema di trasporti sostenibili nell'ambito di una economia che non è sostenibile”*. Questa affermazione forse dà la chiave di lettura essenziale del perché, nonostante i tentativi a livello europeo e nazionale, di impostare politiche per il miglioramento della sostenibilità energetica ed ambientale del sistema trasporti, ci si scontra con una “incomprimibilità” che sembra strutturale.

Come è possibile ridurre i consumi energetici (e conseguentemente le emissioni di gas serra) in un sistema dove i costi energetici si confrontano in modo diretto con gli altri costi industriali senza un'adeguata contabilizzazione delle esternalità negative? Quale ruolo può avere la sostenibilità in un sistema economico sotto molti aspetti veteroliberista in cui è conveniente la gestione “just in time” e la delocalizzazione del lavoro” in aree estese anche centinaia e migliaia di chilometri? In un tale sistema sembra paradossalmente che l'unica salvezza possa essere data da un aumento vertiginoso dei costi del combustibile!

Questa pubblicazione viene un decennio dopo una prima analisi effettuata dall'ENEA in occasione della Conferenza Energia ed Ambiente del 1998 che portò alla redazione del libro Verde “Usi sostenibili dell'energia nei trasporti”. Il fatto significativo, in termini negativi, è, appunto, che sia le “diagnosi” che le “terapie” evidenziate allora sono nella sostanza ancora perfettamente valide, quasi fotocopiable. Sono migliorate in modo consistente le prestazioni energetiche ed emissive dei sistemi di trazione ma parallelamente sono aumentate le masse del parco medio e le potenze installate; inoltre sono aumentate le percorrenze e la congestione per cui il bilancio dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra continua a crescere.

La novità sostanziale è che nel frattempo l'Unione Europea è andata definendo con maggiore chiarezza ed incisività le sue strategie per il contenimento di consumi energetici ed emissioni climalteranti, compresi quelli dei trasporti. In questo settore l'attenzione si è concentrata soprattutto sulle performance dei veicoli stradali, sull'utilizzo di biocombustibili, sulla gestione della domanda attraverso strumenti tariffari e tassazione.

La sottoscrizione degli impegni internazionali, le direttive comunitarie e, non ultimo, il palesarsi della crisi energetica ed economica costringono anche il nostro Paese a confrontarsi più efficacemente con il problema, anche per non perdere l'opportunità di innovare prodotti e processi.

In questo quadro, il presente documento è anche un'occasione per illustrare il ruolo della ricerca ed in tale ambito le attività ed i prodotti sviluppati da ENEA. I fronti su cui agire sono molteplici:

1. sviluppare veicoli a ridotto consumo energetico ed emissioni di inquinanti trascurabili;
2. migliorare le tecnologie di gestione della mobilità su strada (passeggeri e merci) sia urbana che regionale attraverso sistemi avanzati di informazione all'utenza oltre che di regolazione del traffico, che consentano di decongestionare la rete stradale e di ottimizzare l'uso delle infrastrutture stradali esistenti;
3. migliorare l'interfaccia tra la mobilità stradale ed il trasporto su ferro e via mare progettando infrastrutture e sistemi che favoriscano lo scambio modale.

L'ENEA è impegnato da diversi anni nello sviluppo di soluzioni tecnologiche per la mobilità sostenibile, con uno spettro ampio di attività che spazia dai modelli di analisi del sistema dei trasporti, alle tecnologie di gestione della mobilità, alle tecnologie di trazione a basso impatto, alle tecnologie dei materiali, ai biocombustibili. Si tratta di un contributo non trascurabile nell'ambito del panorama della ricerca e dell'innovazione nazionale.

1 QUADRO DI RIFERIMENTO NAZIONALE E CONFRONTI INTERNAZIONALI

In questo capitolo si cercherà di fornire un quadro generale della situazione attuale e del trend evolutivo del sistema di trasporto italiano merci e passeggeri, in particolare della domanda di trasporto, delle infrastrutture, dell'offerta di servizi nonché dell'impatto economico, energetico ed ambientale prodotto dalla mobilità di persone e merci per tutte le modalità di trasporto; ove possibile verrà effettuato un confronto a livello europeo ed internazionale.

Per il reperimento dei dati ci si è rivolti innanzitutto alle fonti istituzionali: Ministero dei Trasporti, Istat, APAT¹, ACI, Regioni, Comuni ecc. agli operatori del trasporto: RFI, FS, Compagnie di navigazione, aziende di Trasporto Pubblico Locale ecc.; nonché ad associazioni di settore Confetra, ASSTRA e ad associazioni ed istituti di rilievo che periodicamente effettuano studi ed indagine nel settore trasporti: Isfort, Censis. Per quanto riguarda i dati internazionali: la Commissione Europea, Eurostat, BEN ecc.

L'anno di riferimento dei diversi settori indagati purtroppo non è lo stesso essendo diverse le fonti dei dati che hanno tempi di aggiornamento differenti; per poter effettuare dei confronti si è deciso di assumere come anno di riferimento il 2006 per il quale si dispone di un patrimonio di dati ormai consolidato ed abbastanza esaustivo ove disponibili sono stati analizzati anche i dati degli anni successivi. Per tutte le grandezze analizzate si è cercato, comunque, di evidenziare il trend evolutivo dei prossimi anni.

Occorre però sottolineare che sono state considerate nell'analisi sia rilevazioni effettuate a livello nazionale ed europeo in modo sistematico, il che ha consentito di effettuare un'analisi dei fenomeni nel tempo, sia risultati di indagine più puntuali, focalizzati su contesti più circoscritti (città, porti ecc.) e su singole modalità di trasporto che permettono di effettuare analisi più dettagliate individuando la dimensione e le caratteristiche di determinati contesti.

È stata incontrata a volte una difformità anche evidente tra le diverse fonti ufficiali non imputabile a diversità di metodo di stima e lo stesso Ministero dei Trasporti che dovrebbe essere la fonte ufficiale per i dati sui trasporti e quindi la più attendibile a volte modifica da un anno all'altro i dati storici oltre a quelli stimati.

¹ Recentemente confluita in ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Nel testo verrà indicata come APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e i servizi Tecnici).

1.1 Andamento della domanda

1.1.1 La domanda di trasporto merci

Secondo i dati del Conto Nazionale dei Trasporti [1], nel 2006 il traffico interno di merci su distanze superiori ai 50 km si sarebbe attestato su circa 242 Miliardi di t-km, il 65% su strada il 19,2% via mare, circa l'10,8% su ferro, il 4,5% via oleodotto e per una quota trascurabile via aereo.

Tabella 1.1: Andamento domanda merci in Italia (traffico totale interno)

Modalità di trasporto	Miliardi tonnellate-km²								
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Trasporto ferroviario	21,9	24,4	25,1	24,5	23,6	23,6	25,0	24,8	26,2
Trasporto navale	35,7	35,3	33,4	32,8	34,8	39,2	38,8	46,9	46,7
Trasporto aereo	0,61	0,67	0,85	0,82	0,83	0,88	0,93	1,0	1,0
Autotrasporto (>50 km)	124,2	137,3	146,6	143,7	148,0	130,8	143,5	155,9	157,5
Totale parziale	182,5	197,8	206,2	201,5	207,3	194,5	208,4	228,6	231,4
Oleodotti	8,8	9,2	9,7	9,9	9,9	9,8	9,9	10,9	10,9
Totale generale	191,3	207,0	215,9	211,4	217,1	204,3	218,2	239,5	242,4

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

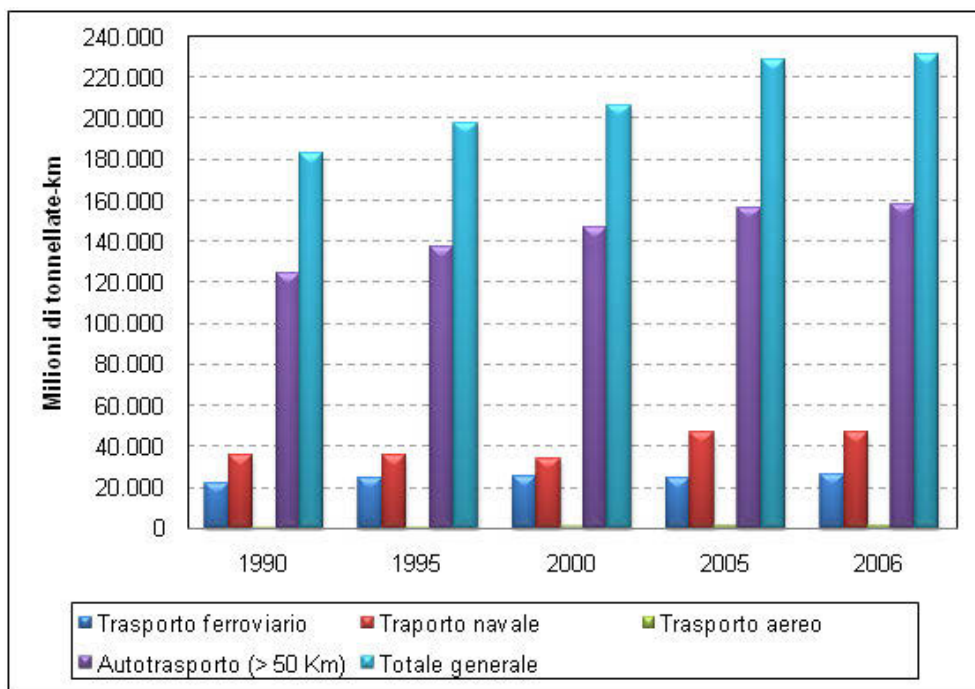
Osservando l'andamento del traffico merci interno³ nel tempo (Tabella 1.1), anche nel 2006 è continuata la crescita degli anni precedenti anche se in modo contenuto +1,2% rispetto all'anno precedente; si registra un flessione solo per il traffico marittimo di cabotaggio (-10%). Le stime per il 2007 confermano il trend crescente.

Il grafico di Figura 1.1, da cui è stato escluso il dato relativo al trasporto per oleodotto, mette in evidenza la crescita progressiva del traffico merci che sembra tenda a stabilizzarsi nel 2006.

² In corsivo i dati stimati.

³ Sono considerati gli spostamenti di merce realizzati da vettori nazionali con origine e destinazione interne al territorio italiano. Per il traffico ferroviario e per oleodotto è compresa anche la quota dei traffici internazionali realizzata su territorio nazionale.

Figura 1.1: Andamento della domanda merci in Italia (Traffico totale interno)

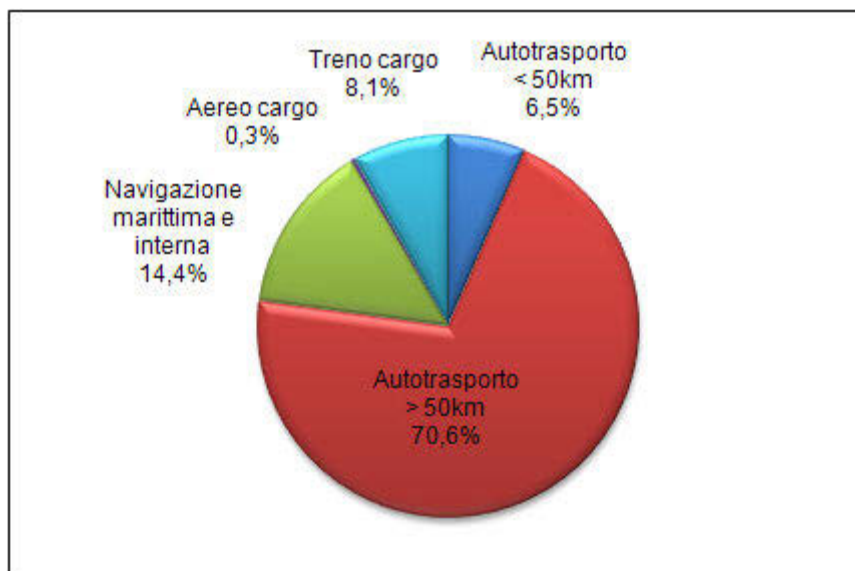


Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Andando ad analizzare il trend evolutivo per il periodo 1995-2006 perché ormai consolidato e tralasciando il trasporto aereo e quello per oleodotto, il primo perché di entità trascurabile il secondo perché estraneo alle dinamiche delle altre modalità, si può affermare che il traffico merci ha subito un aumento consistente (+14,4%), corrispondente ad un tasso medio di crescita annuale del 1,3%, più alto nel periodo 2000-2005 (2,1%). Il trasporto marittimo ha guadagnato quote modali passando dal 17,9% del 2000 al 19% del 2006, a discapito della strada che è passata, nello stesso periodo di riferimento dal 69,4% al 65%; e della ferrovia passata da 12,3% a 10,8%; non può passare inosservata la crescita del trasporto aereo, quasi raddoppiato seppur ancora trascurabile.

I dati del traffico merci nazionale relativamente al 2006 sono stati ulteriormente integrati dall'ENEA con i dati Istat [2], [3] e con i dati relativi al traffico merci leggero, ossia effettuato con veicoli inferiori a 3,5 tonnellate che fa salire la quota dell'autotrasporto al 72,2%; inoltre sono state considerate le quantità di merce trasportate su distanze inferiori ai 50 km che fanno salire ulteriormente la quota del trasporto stradale a circa il 78,1% (Figura 1.2).

Figura 1.2: Ripartizione modale trasporto merci 2006



Fonte: elaborazione ENEA dati CNT 2006, ISTAT e APAT

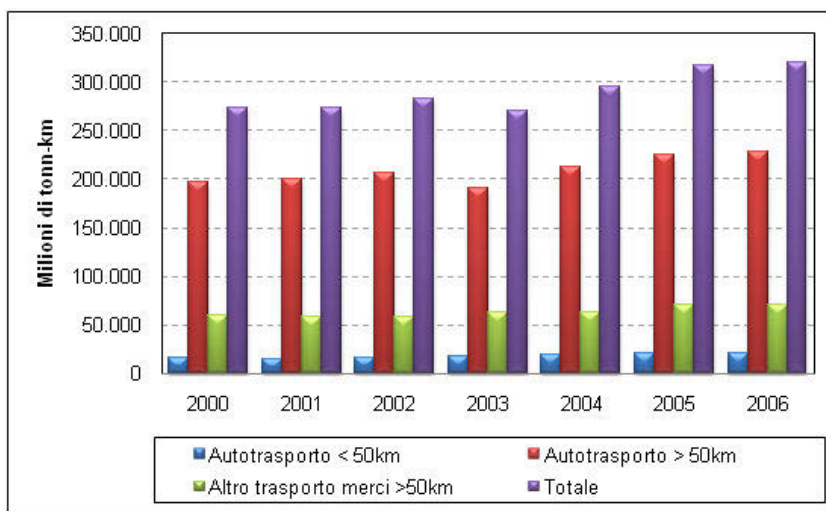
Per il 2006 il traffico complessivo interno su distanze superiori ai 50 km è stato così stimato in circa 298 miliardi di t-km, in crescita dell'1% rispetto al 2005; l'aumento è da attribuirsi soprattutto alla modalità stradale con circa 228 miliardi di t-km trasportate, 2 miliardi in più rispetto al 2005. Il traffico dell'autotrasporto su distanze inferiori a 50 km rappresenta circa il 6,5% del totale.

Se si considera anche il traffico internazionale (Figura 1.3) si è avuta una crescita costante dal 2000 al 2005, tranne che per una flessione nel 2003; nel 2006 il totale del traffico ammonta a circa 320 miliardi di t-km, di cui la quota preponderante spetta al trasporto su strada di lunga percorrenza.

Per quanto riguarda l'andamento dell'import e dell'export dal 2000 al 2006 (Figura 1.4), al di là dell'analogia flessione nel 2003, si è avuta una continua crescita dovuta anche al continuo apprezzamento dell'euro rispetto al dollaro; le esportazioni italiane nei primi sei mesi del 2007 hanno continuato a realizzare ottimi risultati crescendo dell'11,6% rispetto allo stesso periodo del 2006.

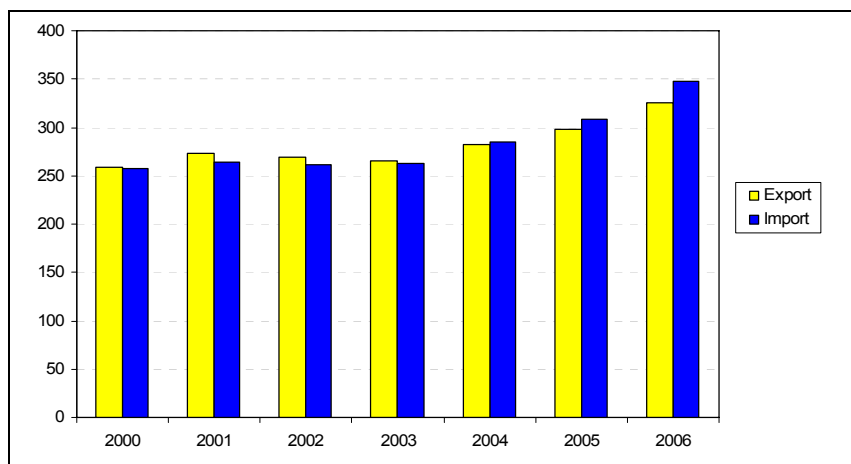
Nel periodo 2000-2006 l'export italiano è cresciuto dai 259 miliardi di euro del 2000 ai 326 del 2006, con un tasso medio annuo del 3,9%, mentre l'import nello stesso periodo è cresciuto del 5,1% medio annuo, passando dai 258 miliardi di euro del 2000, ai 348 del 2006 [4] e [5].

Figura 1.3: Andamento del traffico merci in Italia



Fonte: elaborazione ENEA dati CNT 2006 e APAT

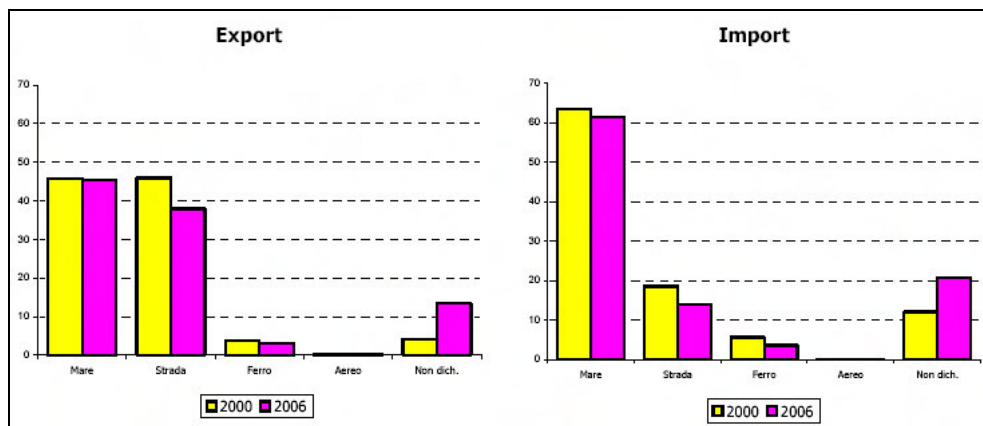
Figura 1.4: Andamento export, import nel periodo 2000–2006 (miliardi di euro)



Fonte: elaborazioni Confetra su dati Istat e ICE

L'Italia è un paese tipicamente trasformatore, importa materie prime più pesanti (e di minor valore aggiunto) dai paesi d'Oltremare, esporta merci più leggere ad alto valore aggiunto; conseguentemente la modalità di trasporto in assoluto maggiormente utilizzata nel commercio internazionale (valori in peso) per l'import è quella marittima, mentre per l'export è quella stradale per i paesi intraeuropei e marittima per quelli extraeuropei.

Figura 1.5: Ripartizione modale nel commercio estero (% in peso). Anni 2000–2006



Fonte: Istat

L'aumento della mobilità di merci non è un fenomeno solo nazionale ma più generale, come si evince dai dati della Commissione Europea [6] e [7] secondo cui, dal 1995 al 2006 nell'Europa dei 27 il traffico merci è cresciuto di circa il 36%, soprattutto per effetto dell'aumento del trasporto su strada (+46%) e del trasporto marittimo di breve raggio (+34%).

Tale crescita è risultata persino superiore a quella del PIL nello stesso periodo, come si evince dai dati esposti nella Tabella 1.3. Questo perché non solo sono aumentate le quantità scambiate ma anche le distanze mediamente percorse.

Il forte aumento della domanda del trasporto merci è da attribuirsi principalmente alla delocalizzazione delle imprese, soprattutto quelle ad elevata intensità di manodopera che, per ridurre i costi di produzione, hanno spostato importanti fasi della produzione a grande distanza dalla località di assemblaggio finale e da quella di consumo. Oltre a questo, l'incremento di domanda può attribuirsi all'affermarsi dell'organizzazione logistica di "just-in-time" e di "scorte viaggianti". Per ridurre le scorte nei magazzini e migliorare la qualità del servizio è necessario disporre di un trasporto flessibile e per questo motivo la strada risulta essere ancora particolarmente avvantaggiata rispetto alle altre modalità di trasporto, come mostrato nella Tabella 1.2 riferita ai paesi dell'Europa a 27.

Le proiezioni al 2010 ed al 2020 in Europa prevedono aumenti consistenti del traffico merci del 26% e del 55% rispettivamente, il contributo maggiore a tale crescita si prevede provenga dai nuovi paesi della Unione Europea per i quali si stima un incremento rispettivamente del 70% nel 2010 e del 134% nel 2020.

Tabella 1.2: Andamento del traffico merci nell'Europa a 27

	Miliardi tonnellate-km							
	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Strada	1.289	1.519	1.556	1.606	1.625	1.747	1.800	1.888
% Strada su totale	43,7	44,6	44,8	45,4	45,3	46,1	46,3	47,1
Ferro	386	401	385	382	391	413	413	435
% Ferro su totale	13,1	11,8	11,1	10,8	10,9	10,9	10,6	10,8
Via d'acqua interne	121	133	132	132	123	136	138	138
% Via d'acqua interne su totale	4,1	3,9	3,8	3,7	3,4	3,6	3,6	3,4
Cabotaggio	1.150	1.348	1.400	1.417	1.445	1.488	1.530	1.545
% Cabotaggio su totale	39	39,6	40,3	40	40,3	39,3	39,4	38,5
Aria	2,0	2,7	2,7	2,6	2,6	2,8	2,9	3,0
% Aria su totale	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totale	2.947	3.403	3.475	3.540	3.587	3.787	3.884	4.008

Fonte: elaborazioni ENEA su dati European Union - Energy & Transport in Figures 2007-2008

Tabella 1.3: Tassi percentuali di crescita media annua nell'Europa a 27

	1995-2006	2005-2006
PIL (crescita reale, base 1995)	2,4%	3,0%
Trasporto merci (t-km)	2,8%	3,1%

Fonte: European Commission, Eurostat, 2007

1.1.1.1 Trasporto stradale

Nel 2005, ultimo dato disponibile, il trasporto complessivo (interno e internazionale) su strada ha dato luogo a un movimento complessivo di 1 miliardo e 508 milioni di tonnellate di merci, di cui oltre 457 milioni di tonnellate trasportate da imprese che operano in conto proprio⁴ e oltre 1 miliardo e 51 milioni gestite da quelle che operano in conto terzi (con quote rispettivamente pari al 30,3% ed al 69,7% del totale trasportato)⁵.

⁴ Definizione riportata nel CNT2006: "Conto proprio" quando si effettua utilizzando un veicolo della stessa azienda produttrice della merce movimentata o di quella che la commercia; si ha il "conto terzi" quando l'impresa di trasporto lo effettua per conto di un'altra impresa, dietro pagamento per il servizio reso.

⁵ Le quantità si riferiscono al traffico effettuato da veicoli di portata utile non inferiore a 3,5 t immatricolati in Italia.

Tabella 1.4: Trasporto merci su strada interno, internazionale e complessivo per titolo di trasporto. Anno 2005

Tipologia di trasporto	Conto proprio			Conto terzi			Totale		
	Migliaia tonn.	Milioni t-km	km medi	Migliaia tonn.	Milioni t-km	km medi	Migliaia tonn.	Milioni t-km	km medi
Trasporti interni	455.359	20.258	45	1.004.690	151.296	151	1.460.049	171.554	118
Trasporti internaz.	2.164	786	363	46.489	39.459	849	48.653	40.245	827
Trasporti complessivi	457.523	21.044	46	1.051.179	190.755	182	1.508.702	211.799	140

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

In termini di tonnellate-chilometro, il movimento totale è risultato pari a circa 212 miliardi, attribuibile per il 9,9% al trasporto in conto proprio e per il 90,1% a quello in conto terzi. Rispetto all'anno precedente, il movimento complessivo di merci su strada è aumentato del 5,9% in termini di tonnellate e del 7,5% in tonnellate-chilometro. Il trasporto in conto proprio ha registrato un livello quasi invariato (+0,2%) delle tonnellate-chilometro, a cui è corrisposto un calo significativo (-4,8%) delle tonnellate. Per il trasporto in conto terzi è emersa, invece, una forte crescita, sia in t-km (+8,4%), sia in tonnellate (+11,4%).

Il 50,8% delle tonnellate di merce pari a 742.440 milioni di tonnellate (dato 2005) viene trasportato entro 50 km.

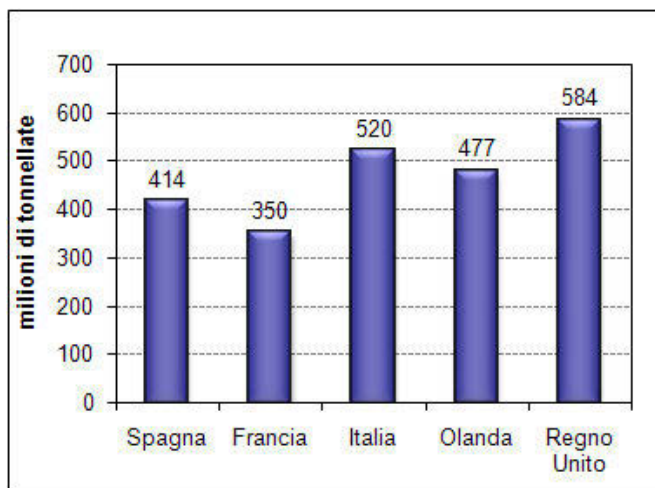
1.1.1.2 Trasporto marittimo

L'Italia è il secondo Paese dell'Unione Europea per merci trasportate via mare dopo il Regno Unito, con un totale di 520 milioni di tonnellate trasportate (dato 2006).

Nel 2006 con riferimento al traffico totale, corrispondente alla somma di imbarchi e sbarchi sono state trasportate circa 520 milioni di tonnellate di merce, con un incremento del 21,1% delle merci arrivate e del 48,4% delle merci partite rispetto al 1990 ma con un aumento contenuto rispettivamente del 2,8% e del 0,8% rispetto al 2005.

In Tabella 1.5 è riportato l'andamento negli anni del traffico internazionale e di cabotaggio.

Figura 1.6: Merci trasportate via mare. Anno 2006



Fonte: European Commission - Maritime transport of goods and passengers 1997-2007

Tabella 1.5: Trasporto merci in navigazione internazionale e di cabotaggio

Milioni di tonnellate		1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Internazionale	Arrivate	228,7	234,1	255,6	260,7	261,0	266,9	270,8	268,8	279,1
	Partite	42,2	48,3	71,8	69,3	73,4	74,5	79,2	81,0	83,1
Cabotaggio	Arrivate	67,0	60,3	59,5	57,7	61,8	67,9	67,6	79,4	79,0
	Partite	67,0	60,3	59,7	57,1	61,7	67,7	67,4	79,7	78,9
Totale		405,0	403,0	446,6	444,8	458,0	477,0	485,0	508,9	520,2

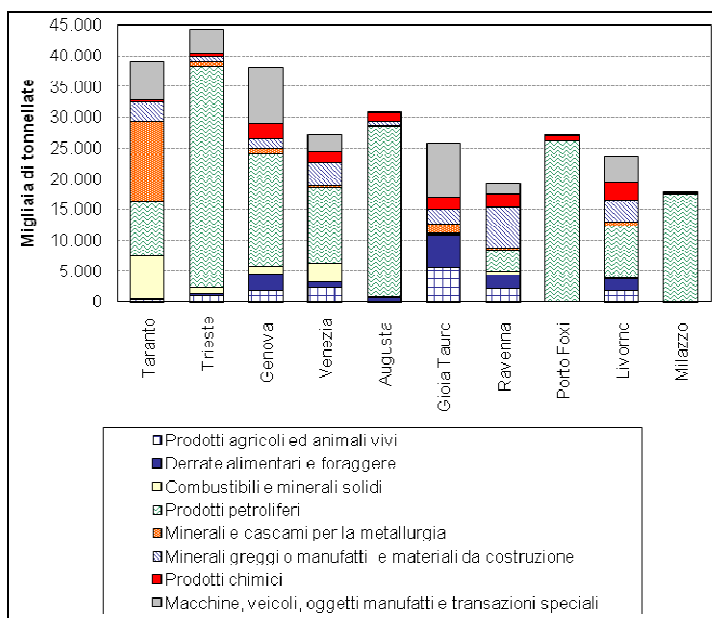
Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

In Figura 1.7 vengono riportati per i principali porti italiani, i volumi di traffico per le principali merceologie al 2006; si evidenzia che il maggior contributo è dato dai prodotti petroliferi con il 43,6% del totale delle merci trasportate via nave.

In Tabella 1.6 è mostrata la ripartizione per tipo di carico⁶ delle merci sbarcate ed imbarcate nei porti italiani: il 47,1% è costituito da “rinfuse liquide”, il 20,5% da “rinfuse solide”, il 15,4% da container, il 10,9% da mezzi trainati ed il 6,1% da altro tipo di carico. Si registra un aumento del traffico Ro-Ro (Automezzi e mezzi trainati) del 3,5% e del 5,6% per i container; il porto di Gioia Tauro movimentava maggior tonnello in container (35% del totale).

⁶ Sono stati considerati i porti che trattano annualmente, nel complesso della navigazione, più di 1.000.000 di tonnellate di merci.

Figura 1.7: Volumi traffico marittimo nei porti per le principali merceologie. Anno 2006



Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Tabella 1.6: Merci trasportate per tipo di carico. Anno 2006

	Contenitori	Rinfusa liquida	Rinfusa solida	Ro-Ro	Altro carico	Totale
Migliaia tonn.	80.330	244.808	106.834	56.768	31.444	520.185

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

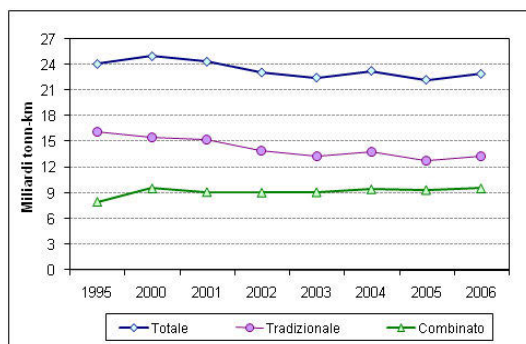
1.1.1.3 Trasporto ferroviario

Nel corso del 2006 le imprese ferroviarie, nel loro complesso, hanno trasportato circa 77 milioni di tonnellate con una crescita del 2,3% rispetto all'anno precedente, più consistente 3,2% per le tonnellate-km (+2% trasporto combinato, +4% tradizionale), comunque non sufficiente a riportare il traffico ai valori del 2004.

La modalità tradizionale copre 55,7%⁷ del traffico trasportato. Continua ad aumentare il traffico nazionale sia in termini di tonnellate trasportate che di tonnellate-km (rispettivamente +7,6% e +5,6%); si è registrata, inoltre, rispetto al 2005, una ripresa del traffico internazionale in uscita (+0,6% per tonnellate e +4,1% per le tonnellate-km) mentre continua la flessione delle importazioni (-3,4% per le tonnellate e -2% per le tonnellate-km (Tabella 1.7).

⁶ Stima ENEA su dati Conto Nazionale dei trasporti 2006 e APAT.

Figura 1.8: Andamento negli anni del traffico merci ferroviario



Fonte: Ferrovie dello Stato

Tabella 1.7: Merci trasportate per tipo di trasporto. Anni 2004–2005–2006⁸

	2004		2005		2006	
	Migliaia tonn.	Milioni tonn.-km	Migliaia tonn.	Milioni tonn.-km	Migliaia tonn.	Milioni tonn.-km
Nazionale	32.690	12.388	33.560	12.786	36.122	13.502
Internazionale in entrata	33.000	7.255	27.467	6.336	26.542	6.207
Internazionale in uscita	17.377	3.616	14.221	3.052	14.301	3.178
Transito	20	12	40	25	33	21
Totale	83.087	23.271	75.288	22.199	76.998	22.907

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006–2007

L'andamento del traffico merci ferroviario di FS, dal 2000 al 2006, in termini di t-km evidenzia una riduzione progressiva del traffico totale ad esclusione del picco del 2004 e della ripresa del 2006 che sembra confermata anche per il 2007.

1.1.2 Il traffico passeggeri

Il quadro complessivo della mobilità dei passeggeri in Italia oggi presenta una domanda complessiva di mobilità che continua ad espandersi, fondamentale per il contributo preponderante della componente stradale extra-urbana.

⁸ I dati riportati si riferiscono al trasporto merci operato da piccole, medie e grandi imprese.

Il trasporto passeggeri di breve e lunga percorrenza nel 2006 ha superato i 998 miliardi di passeggeri-km, con una crescita del 6,5% rispetto al 2005; in crescita tutte le modalità che lo compongono, ma particolarmente rilevante è stato lo sviluppo del settore aereo, sia per il trasporto interno che per quello internazionale.

Prima di effettuare un'analisi della mobilità passeggeri e del suo andamento negli anni, si ritiene opportuno sottolineare che esistono diversi fonti di dati non sempre confrontabili e spesso disomogenee tra loro nelle metodologie di rilevazione e/o di stima. Si è deciso pertanto di riportare di seguito le stime sulla mobilità dei passeggeri forniti dalle fonti principali presenti in Italia: il Conto Nazionale Trasporti per il traffico passeggeri interno, l'APAT per il trasporto urbano, l'Osservatorio "Audimob" di Isfort per la mobilità feriale urbana ed extraurbana, l'Istat per il trasporto marittimo e ferroviario.

Il Conto Nazionale Trasporti fornisce, per tutte le modalità di trasporto, dati di mobilità complessiva delle persone espressa in passeggeri-km; tali dati non sempre provengono da osservazioni dirette o campionarie, infatti a volte vengono integrati con stime parametriche, (es. i passeggeri-km del trasporto privato in auto e quelli di Trenitalia vengono stimati a partire dalla consistenza del parco autovetture).L'andamento della domanda di mobilità relativamente al solo traffico interno al paese⁹, espressa in passeggeri-km, per modalità di trasporto e per anno viene riportato nella Tabella 1.8.

Tabella 1.8: Andamento domanda passeggeri (traffico totale interno)

Modalità di trasporto	Miliardi passeggeri-km ¹⁰						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Impianti fissi	49,9	50,4	49,7	49,1	49,6	50,8	51,1
Trasporti collettivi	99,1	101,2	102,9	104,3	105,8	107,3	109,2
Vie d'acqua	3,9	4,0	3,8	3,9	3,9	3,7	4,1
Navigazione aerea	10,4	10,2	10,3	11,4	12,1	12,8	13,9
Autotrasporti privati	793,5	786,1	781,5	782,2	788,7	763,0	820,3
Totale generale	956,9	951,9	948,1	950,8	960,1	937,6	998,6

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

⁹ Nel traffico totale interno sono considerati gli spostamenti dei passeggeri realizzati mediante vettori nazionali con origine e destinazione interne al territorio italiano. Per il traffico ferroviario è compresa anche la quota dei traffici internazionali realizzata su territorio nazionale.

¹⁰ In corsivo dati provvisori.

Le modalità sono state raggruppate come segue:

- Impianti fissi:
 - Ferrovie dello Stato
 - Ferrovie regionali ex in concessione e in gestione governativa
 - Altre Ferrovie
 - Altri (tramvie extraurbane e funivie)
- Trasporti collettivi:
 - Extraurbani (Autolinee e filovie, autolinee di comp. statale, noleggio e privati)
 - Urbani (Filovie, autobus, tranvie urbane, metropolitane, funicolari)
- Vie d'acqua:
 - Cabotaggio
 - Vie d'acqua interne
- Navigazione aerea
 - Alitalia,
 - ATI (per il 1990)
 - Meridiana
- Autotrasporti privati:
 - Autovetture
 - Motocicli

Il traffico passeggeri stradale privato nel 2006 ammonta a circa 820 miliardi di passeggeri-km registrando una crescita di circa il 4% nel periodo 2000-2006.

La modalità ferroviaria ha continuato il suo trend di crescita contenuta del traffico, espresso in passeggeri-km, con lo stesso tasso dell'1% dei 3 anni precedenti.

Il traffico relativo ai trasporti collettivi in ambito urbano ed extraurbano aumenta di circa il 10% dal 2000 al 2006 passando da 99.137 milioni di passeggeri-km a 109.173 milioni di passeggeri-km.

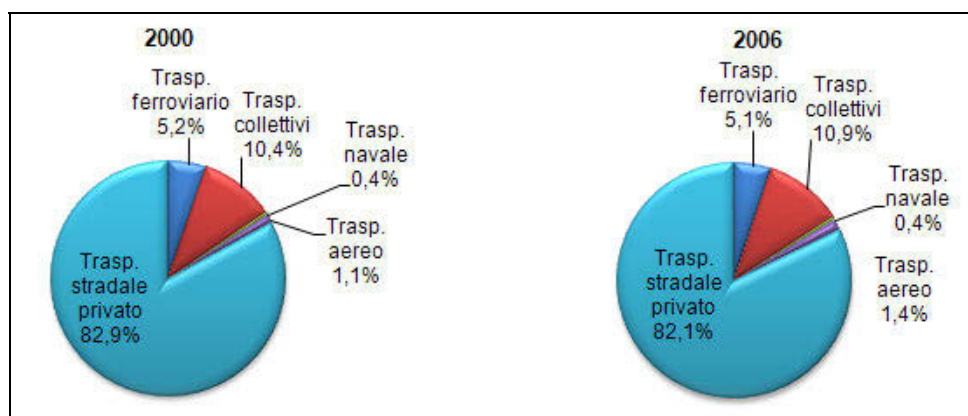
Il trasporto aereo ha registrato l'incremento maggiore, pari al 34%, aumentando la sua quota modale dall'1,1% all'1,4%, Questo aumento è attribuibile alla diffusione dei voli *low cost*, che nel 2006 hanno aumentato la loro presenza sul mercato raggiungendo la quota del 23% del totale di passeggeri trasportati, 13,39% nei voli nazionali e 30,37% per quelli internazionali.

Secondo il Conto Nazionale Trasporti la modalità di trasporto preponderante è ancora la strada che assorbe il 93,0% del traffico l'82,1% dei passeggeri utilizza il trasporto privato stradale, l'10,9% utilizza il trasporto collettivo, solo il 5,1% il trasporto ferroviario.

In Figura 1.9 è riportata la ripartizione modale del trasporto passeggeri per gli anni 2000 e 2006.

Anche a livello europeo si conferma la supremazia del trasporto stradale con una quota pari a circa l'83% del totale (Tabella 1.9).

Figura 1.9: Ripartizione modale trasporto passeggeri



Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Tabella 1.9: Evoluzione del traffico passeggeri nell'Europa a 27 per modo di trasporto

Miliardi pass-km	2006	2005	2000	1995	% crescita '95/'06	% crescita annuale
Auto	4.601,7	4.524,2	4.282,5	3.854,7	19,4	1,6
Moto	153,7	149,9	135,7	123,3	24,6	2,0
Bus - Pullman	522,6	523,3	514,2	500,9	4,3	0,4
Ferro	384,0	373,8	368,3	347,7	10,4	0,9
Tram - Metro	83,9	82,4	77,1	71,2	17,9	1,5
Aereo	547,0	526,0	456,0	335,0	63,3	4,6
Mare	39,9	40,0	41,8	44,4	-10,1	-1,0
Totale	6.332,8	6.219,6	5.875,5	5.277,2	20,0	1,7

Fonte: European Commission, Eurostat, 2007

Il trasporto totale passeggeri in Europa è cresciuto del 20% dal 1995 al 2006; anche per il prossimo futuro si prevede che continui la crescita del 17% al 2010 e del 36% al 2020 con un incremento principalmente del trasporto aereo per il quale si stima un aumento del traffico del 51% e del 105% rispettivamente al 2010 e al 2020. Si stima inoltre che non si registrerà un significativo *shift* modale dall'autovettura verso altre modalità.

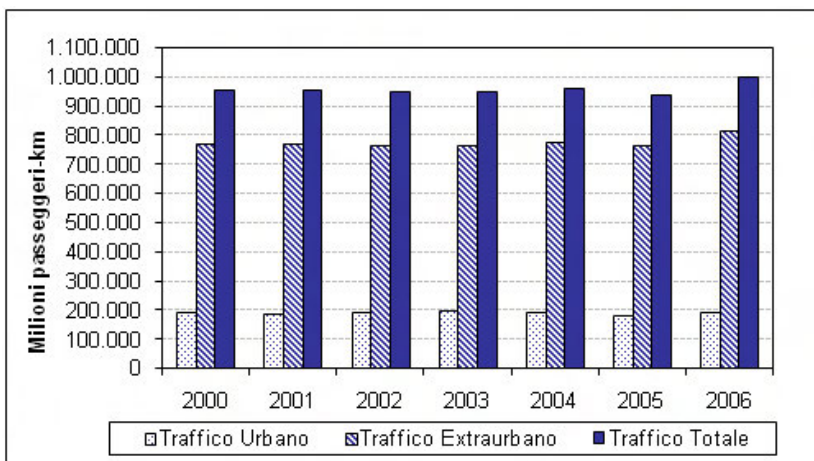
1.1.2.1 Trasporto urbano ed extraurbano

Volendo effettuare un confronto più mirato sulla consistenza e sulle tendenze del trasporto urbano ed extraurbano, l'ENEA ha integrato i dati del CNT con i dati dell'APAT [21], per il 2006 il volume complessivo stimato del traffico urbano è di circa 188 miliardi passeggeri-km e l'extraurbano di circa 810 miliardi passeggeri-km; il trend evolutivo è rimasto sostanzialmente stabile ed è regolato soprattutto dal trasporto extraurbano la cui quota è preponderante (Figura 1.10).

Nel trasporto extraurbano sono state considerate tutte le modalità di trasporto: autovettura, moto, aereo nazionale, nave, autolinee, treno regionale, treno lunga percorrenza e per tutte le categorie nel 2005 si è registrata la diminuzione rispetto all'anno precedente a cui è seguita nel 2006 una ripresa che è stata di circa il 7% rispetto al 2005.

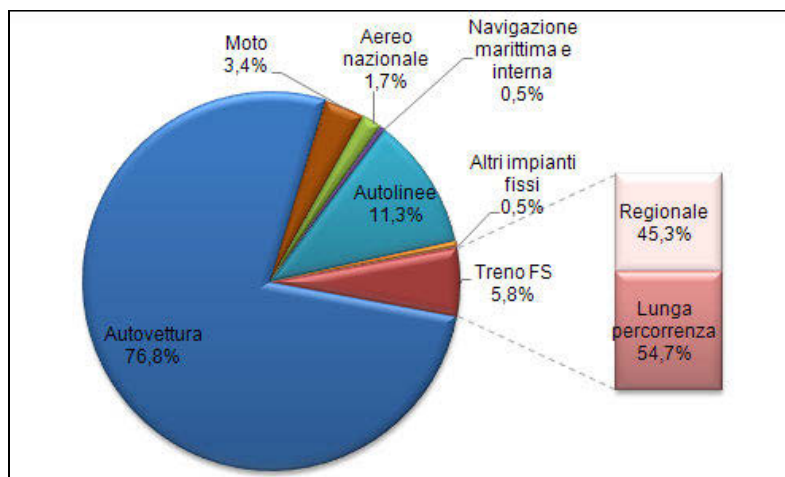
Per quanto riguarda il trasporto urbano i modi di trasporto considerati sono autovettura, moto, autobus, tram e metro e negli ultimi anni si è registrato un andamento analogo a quello del settore extraurbano.

Figura 1.10: Ripartizione traffico urbano ed extraurbano passeggeri



Fonte: elaborazione dati APAT e Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Figura 1.11: Ripartizione modale traffico extraurbano passeggeri. Anno 2006



Fonte: elaborazione dati APAT e Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Passando ad esaminare la ripartizione modale in ambito extraurbano per il 2006 (Figura 1.11) si evidenzia ancora una volta la prevalenza dell'autovetture con il 76,8% del totale, la modalità ferroviaria incide per il 6% del totale, di cui il 45,3% attiene alla ferrovia regionale e il 54,7% al traffico di lunga percorrenza.

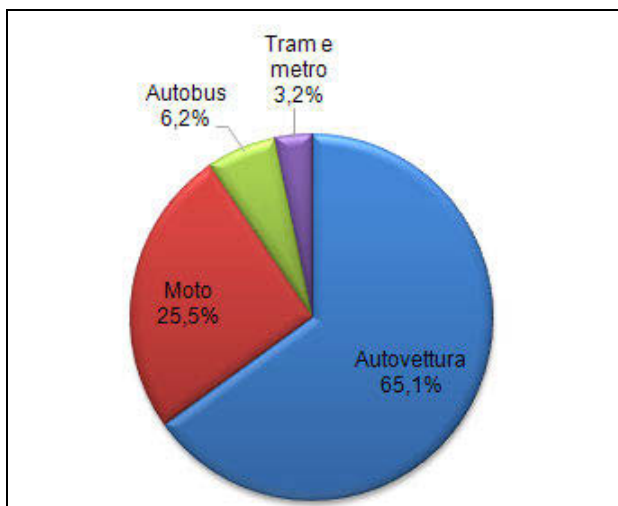
Per quanto riguarda la ripartizione modale, in ambito urbano la quota delle percorrenze in termini di passeggeri-km che utilizzano l'automobile si aggira sul 65,1% nel 2006 (Figura 1.12), mentre si è registrato un incremento della quota del 2% dei motocicli rispetto all'anno precedente. La quota del trasporto pubblico continua a rimanere modesta intorno al 6,2%.

I dati dell'“Osservatorio Audimob”¹¹ di Isfort [8] confermano per il 2008 la crescita della domanda di mobilità e di trasporto delle persone registrato negli ultimi anni sia del numero di passeggeri-km che ha raggiunto quota 1.625,8, con +11,4% rispetto al 2007, sia del numero di spostamenti, pari a +3,7%¹². Inoltre si sta affermando un nuovo assetto della mobilità caratterizzato da un aumento del tempo medio giornaliero, quasi 66 minuti, 10 minuti in più rispetto al 2004 e della distanza media percorsa, 40 km, quasi il doppio rispetto al 2004.

¹¹ Le rilevazioni “Audimob”, basate su un'indagine telefonica con sistema Cati su un campione rappresentativo di oltre 15.000 persone sono relative alla domanda di mobilità feriale in Italia effettuata con mezzi privati, pubblici urbani ed extraurbani e treno; la stima dei passeggeri-km viene effettuata moltiplicando il numero di spostamenti per la lunghezza di ciascuno spostamento dichiarato dagli intervistati.

¹² I passeggeri-km ed il numero degli spostamenti sono state riportate all'universo.

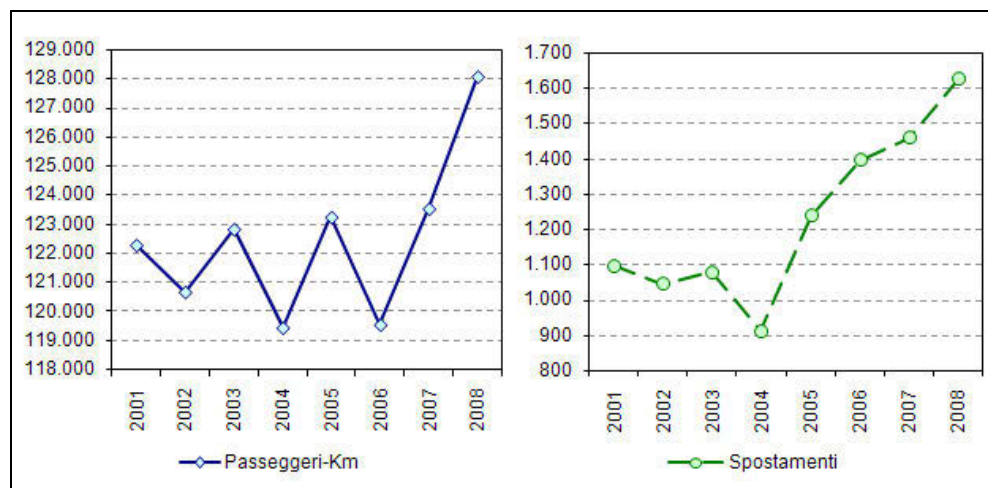
Figura 1.12: Ripartizione modale traffico urbano passeggeri. Anno 2006



Fonte: elaborazione dati APAT e Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Aumenta anche il numero di persone che effettua spostamenti in un giorno feriale tipo (83,1% del 2008 contro l'81,4% del 2007) ed il numero medio pro-capite degli spostamenti (3,16 nel 2008). Unico dato confortante il progresso del trasporto pubblico, in particolare nelle grandi città, che conferma la crescita del 2007; la quota modale del trasporto collettivo (tra i soli mezzi motorizzati) si attesta sul 12,9%, contro il 12,1% del 2007 e l'11,5% del 2006.

Figura 1.13: Andamento della domanda di mobilità feriale urbana ed extraurbana



Fonte: Isfort, Osservatorio "Audimob" sulla mobilità degli italiani

1.1.2.2 Trasporto marittimo e navigazione interna passeggeri

Nel 2006 il trasporto di passeggeri su nave ha ripreso a crescere registrando un volume di circa 40 milioni; dopo il forte aumento (70%) avutosi dal 1990 al 2001, seguito da un periodo con un andamento altalenante, nel 2006 si è registrata una crescita del 3% dei passeggeri trasportati nel complesso della navigazione rispetto al 2004 e, dato ancora più importante, del 9% rispetto al 2005; la crescita del cabotaggio ha raggiunto il 10,6%.

La maggior parte dei passeggeri (80,4 milioni, pari a circa il 92% della navigazione totale) si è spostata fra i porti nazionali, mentre circa 5,5 milioni sono arrivati da, o partiti verso porti esteri (Tabella 1.10).

Tabella 1.10: Trasporto passeggeri in navigazione internazionale e di cabotaggio

Milioni di passeggeri		1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Internazionale	Arrivati	2,3	2,3	3,2	2,8	2,9	2,8	3,2	3,1	2,7
	Partiti	2,2	2,0	3,2	2,8	2,8	2,9	3,0	2,9	2,8
Cabotaggio	Arrivati	23,2	22,3	40,0	40,6	38,5	38,5	38,5	36,4	40,2
	Partiti	23,2	22,3	39,9	40,6	38,4	38,4	38,6	36,4	40,2
Totale		50,9	48,9	86,4	86,9	82,7	82,6	83,3	78,8	85,9

Fonte: elaborazione dati ISTAT

Nel confronto sui volumi di traffico interno passeggeri (Tabella 1.11), l'Italia occupa il primo posto, seguita da Svezia, Regno Unito, Germania e Francia. I passeggeri totali nei 15 paesi dell'UE ammontano a circa 186,52 milioni (dato 2005) e quindi l'Italia trasporta circa il 21% di tutti i passeggeri nell'EU15.

Il trasporto pubblico di linea di passeggeri in navigazione interna ormai da decenni riveste un ruolo rilevante raggiungendo nel 2006¹³ quasi i 115 milioni di passeggeri e circa 496 milioni di passeggeri-km.

La Tabella 1.12 mostra come ad una sensibile diminuzione della domanda soddisfatta dal trasporto pubblico di linea tra il 1990 ed il 1995, sia poi seguita una crescita dapprima con un andamento ciclico e negli ultimi anni in modo continuo.

¹³ Dato provvisorio.

Tabella 1.11: Andamento traffico marittimo interno passeggeri in Europa

Paese	Milioni di passeggeri					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Francia	13,96	13,89	14,57	13,70	13,49	12,85
Germania	15,72	15,99	16,75	16,04	14,82	14,68
Regno Unito	16,87	17,23	17,84	16,81	16,40	15,06
Italia	43,22	43,44	41,39	41,29	41,72	39,48
Spagna	7,92	9,84	10,13	10,78	11,38	11,88
Polonia	N.D.	2,22	1,72	1,62	1,03	0,82
Olanda	1,00	1,02	1,10	1,02	1,01	1,06
Svezia	18,46	16,20	16,16	16,55	16,89	16,38
EU15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	196,97	186,52

Fonte: European Commission, Eurostat, 2007

Tabella 1.12: Andamento trasporto pubblico di linea passeggeri in navigazione interna

	Valori assoluti								
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
MI pass	109,4	94,4	107,8	104,9	99,4	107,1	108,4	111,7	114,8
Miliardi pass-km	483,1	420,0	449,9	476,0	447,0	480,1	478,8	488,4	496,5

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

1.1.2.3 Trasporto passeggeri su ferro

Nel 2006 le Ferrovie dello Stato, che è il maggiore operatore del settore, hanno trasportato circa 540 milioni di passeggeri, raggiungendo i 47 miliardi di passeggeri-chilometro con un aumento trascurabile del 1% rispetto al 2005.

Rispetto al 2005 si registra una flessione del 3,4% nella lunghezza del percorso medio per passeggero e un incremento del 1,7% dei treni-chilometro [9].

Nel confronto con i principali paesi dell'Unione Europea, la cui l'evoluzione del mercato passeggeri dal 1995 al 2006 è riportata in Tabella 1.14, l'Italia occupa il quarto posto essendo stata superata dal Regno Unito, mentre il primato del traffico ferroviario passeggeri spetta alla Francia.

Tabella 1.13: Passeggeri trasportati e movimenti di treni passeggeri

	2004	2005	2006	Variazione % 2005-2006
Numero di passeggeri (migliaia)	504.402	516.768	540.298	4,6
Passeggeri - km (milioni)	45.577	46.527	47.000	1,0
Percorso medio di un passeggero (km)	90	89	86	-3,4
Treni - km (migliaia)	260.056	264.489	268.982	1,7

Fonte: elaborazione dati Ferrovie dello Stato¹⁴

Nel confronto con i principali paesi dell'Unione Europea, la cui l'evoluzione del mercato passeggeri dal 1995 al 2006 è riportata in Tabella 1.14, l'Italia occupa il quarto posto essendo stata superata dal Regno Unito, mentre il primato del traffico ferroviario passeggeri spetta alla Francia.

Tabella 1.14: Evoluzione trasporto ferroviario passeggeri in Europa

Paese	Miliardi passeggeri-km							
	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Francia	55,6	69,9	71,5	73,5	71,7	74,3	76,5	78,8
Germania	71,0	75,4	75,8	70,8	71,3	72,6	76,8	79,0
Regno Unito	30,3	38,4	39,4	39,9	41,2	43,3	44,4	47,0
Italia	43,9	47,1	46,8	46,0	45,2	45,6	46,1	46,4
Spagna	16,6	20,1	20,8	21,2	21,1	20,4	21,6	22,1
Polonia	26,6	24,1	22,5	20,7	19,6	18,4	17,9	18,1
Olanda	16,4	14,7	14,4	14,3	13,8	14,1	14,7	14,7
Ungheria	8,4	9,7	10,0	10,5	10,3	10,2	9,9	9,7
Belgio	6,8	7,7	8,0	8,3	8,3	8,7	9,2	9,6
Svezia	6,8	8,2	8,7	8,9	8,8	8,7	8,9	9,6
EU27	347,7	368,3	369,4	362,2	358,4	363,5	373,8	384,0
EU15	273,3	306,9	310,7	308,4	306,5	312,8	324,5	334,2
EU12	74,4	61,4	58,7	53,8	51,9	50,7	49,3	49,9

Fonte: European Commission, Eurostat, 2007

¹⁴ Dal 2005 i viaggiatori-km comprendono anche i volumi realizzati dalla società Cisalpino Ag sul territorio nazionale.

Secondo l'Eurostat, dal 2004 al 2006 in Italia si è registrata una crescita contenuta del traffico in termini di passeggeri-km dell'1,9%, mentre la Svezia ed il Regno Unito, i paesi europei più liberalizzati, hanno registrato rispettivamente il 10,8% ed il 7,9%.

1.1.2.4 Trasporto aereo passeggeri

Il numero di passeggeri sbarcati ed imbarcati nel 2006 negli aeroporti nazionali è stato di circa 123 milioni, con un aumento del 8,8% rispetto al 2005 (Tabella 1.15). I servizi internazionali sono aumentati in un anno del 10,3%, quelli nazionali del 6,9%.

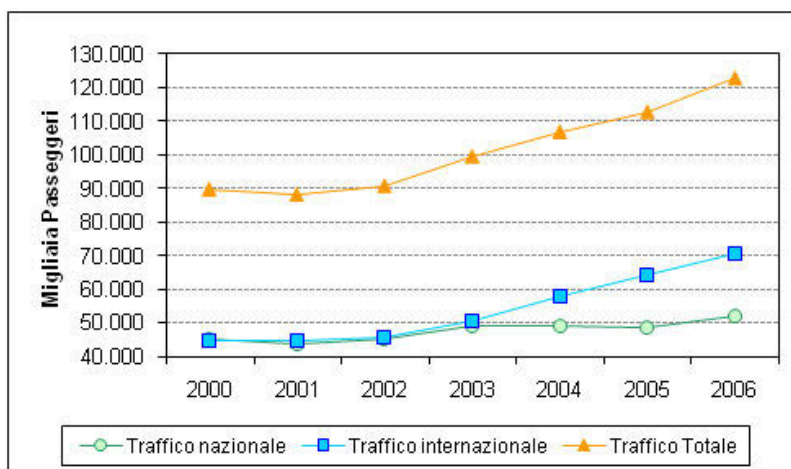
Considerando un arco temporale più grande, si nota che dal 2000 al 2006 il traffico dei passeggeri ha registrato una crescita continua ad esclusione dell'anno 2001. Dal 2003 il traffico passeggeri sui servizi nazionali è rimasto pressoché costante, mentre il traffico internazionale è in continuo aumento.

Tabella 1.15: Movimento di passeggeri per tipo di servizio. Anni 2004–2006

Tipi di Servizio	2004	2005	2006	Variazione % 2005-2006
Nazionali (migliaia)	49.026	48.862	52.224	6,9
Internazionali (migliaia)	57.963	64.070	70.665	10,3
Totale	106.990	112.932	122.889	8,8

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Figura 1.14: Andamento traffico nazionale e internazionale passeggeri. Anni 2000–2006



Fonte: elaborazione dati ISTAT e Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. 2006-2007

L'aumento dei movimenti sia degli aerei che dei passeggeri discende dall'incremento di mobilità dovuta allo sviluppo del turismo ed all'aumento del numero dei viaggi d'affari. Inoltre in questi anni si è avuto una forte crescita del numero di tratte aeree e la diffusione di tariffe speciali.

Continua la crescita del traffico aereo delle compagnie "low cost" che nel 2006 hanno trasportato nel complesso (voli nazionali ed internazionali) più di 28 milioni di passeggeri coprendo una quota di mercato pari al 23% del totale.

Nella Tabella 1.16 è riportato il traffico dei passeggeri nei maggiori aeroporti dell'UE. Le principali aerostazioni italiane si collocano rispettivamente al 7° e al 14° posto per volumi di passeggeri, pari alla metà (Roma) ed un terzo (Milano) del numero di passeggeri del principale aeroporto europeo (Londra-Heathrow).

Tabella 1.16: Traffico passeggeri nei maggiori aeroporti dell'UE

Aeroporto		Milioni di passeggeri							Variazione % '06-'05
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
London / Heathrow	UK	64,3	60,5	63,0	63,2	67,1	68,1	67,7	-0,6
Paris / Charles-De-Gaulle	FR	48,3	47,9	48,3	48,0	51,0	53,4	56,4	5,7
Frankfurt / Main	DE	49,0	48,2	48,1	48,0	50,7	52,6	53,1	1,1
Amsterdam / Schiphol	NL	39,3	39,3	40,6	39,8	42,4	44,2	46,1	4,3
Madrid / Barajas	ES	32,7	33,9	33,7	35,4	38,2	41,8	44,9	7,5
London / Gatwick	UK	32,0	31,1	29,5	29,9	31,4	32,9	34,2	4,2
München	DE	22,9	23,4	22,9	24,0	26,6	28,7	30,8	7,2
Roma / Fiumicino	IT	26,3	24,3	24,2	25,5	27,2	28,8	30,3	5,3
Barcelona	ES	19,4	20,5	21,2	22,5	24,4	27,0	29,7	9,8
Paris / Orly	FR	25,4	23,0	23,1	22,5	24,1	24,9	25,6	3,0
Manchester	UK	18,3	19,1	18,6	19,5	21,0	22,7	22,8	0,2
London / Stansted	UK	11,9	13,7	16,0	18,7	20,9	22,0	23,7	7,7
Palma de Mallorca	ES	19,3	19,1	17,8	19,1	20,4	21,2	21,8	2,9
Københavns / Kastrup	DK	18,1	18,0	18,2	17,6	18,9	20,0	20,8	4,4
Milano / Malpensa	IT	20,7	18,5	17,3	17,5	18,4	19,7	21,9	11,0

Fonte: European Commission, Eurostat, 2007

1.2 La rete infrastrutturale

1.2.1 Il sistema europeo dei collegamenti internazionali

La rete TEN-T (Trans-European Network – Transport) si configura come una rete transnazionale plurimodale di trasporto (ferrovie, strade, aeroporti, porti) a supporto di direttrici di traffico internazionali.

Attualmente la rete TEN-T, sulla quale viaggia circa la metà delle merci e dei passeggeri dell'UE, è formata da:

- 75.200 km di strade
- 78.000 km di ferrovie
- 330 aeroporti
- 270 porti marittimi internazionali
- 210 porti per la navigazione interna

Nel 2020 la rete TEN-T si prevede comprenda:

- 89.500 km di strade
- 94.000 km di ferrovie incluse 20.000 km di linee AV/AC
- 11.250 km di vie d'acqua interne inclusi 210 *inland ports*
- 294 porti marittimi
- 366 aeroporti.

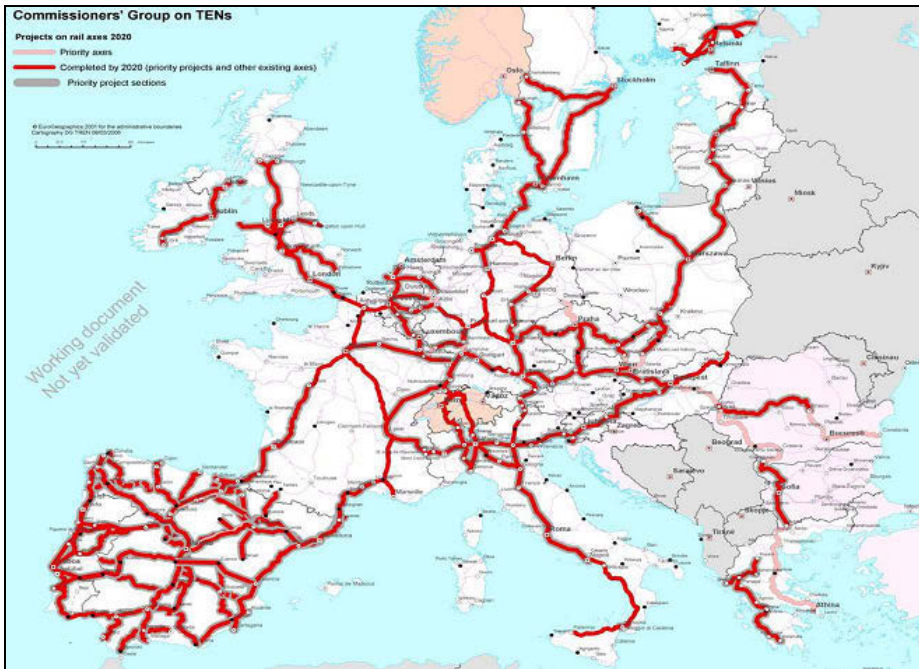
Il libro bianco sulla politica comune dei trasporti [33] prevede l'integrazione delle *Autostrade del Mare* nella rete TEN. Nel 2004 la Commissione Europea ha individuato quattro *Autostrade del Mare* da realizzare entro il 2010 (Figura 1.16).

L'Italia è direttamente interessata dall'autostrada del mare dell'Europa sud-orientale che collega il mare Adriatico al mar Ionio e al Mediterraneo orientale e quella dell'Europa sud-occidentale che collega Spagna, Francia, Italia, compresa Malta.

Nel 2003, nell'ottica comunitaria di sviluppare una rete di grandi infrastrutture, sono stati integrati nella rete TEN-T i "Corridoi di trasporto transeuropei". I *Corridoi* costituiscono un sistema di trasporto multimodale basato su una combinazione di linee viarie, ferroviarie, porti e aeroporti.

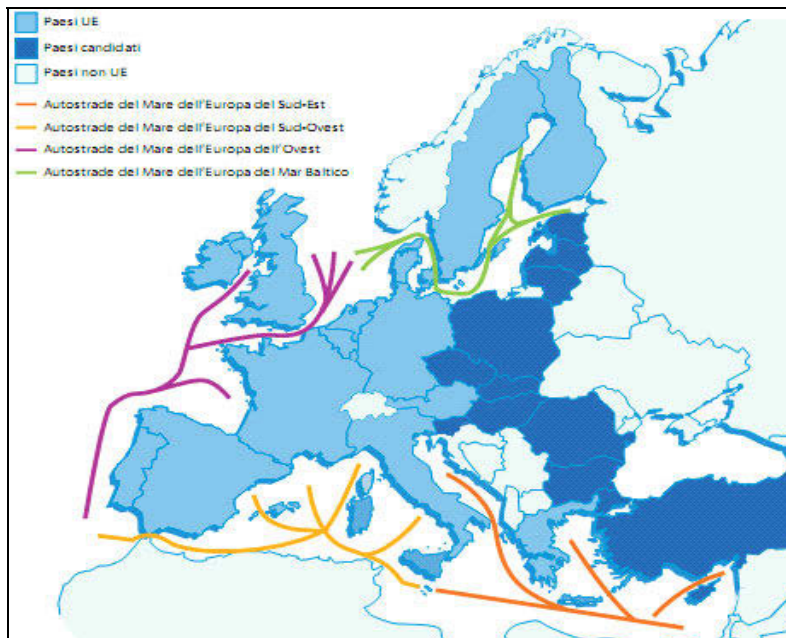
In Figura 1.17 sono elencati i percorsi dei dieci *Corridoi* che interessano l'Europa centro-orientale ed il *Corridoio dei Due Mari* che collega il Porto di Genova con i Porti di Rotterdam e Anversa.

Figura 1.15: Sviluppo della rete ferroviaria TEN-T al 2020



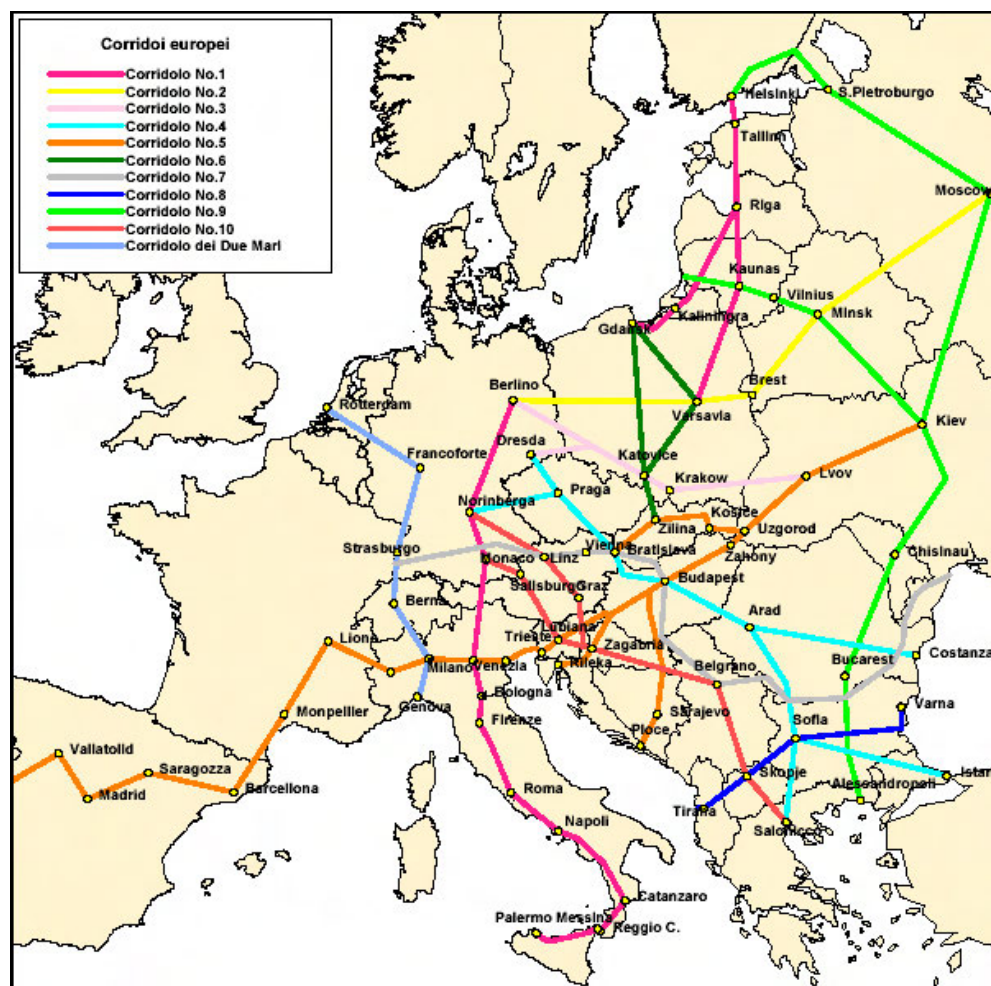
Fonte: Commissioners' Group on TENS

Figura 1.16: Le Autostrade del Mare nella Rete TEN-T



Fonte: RAM

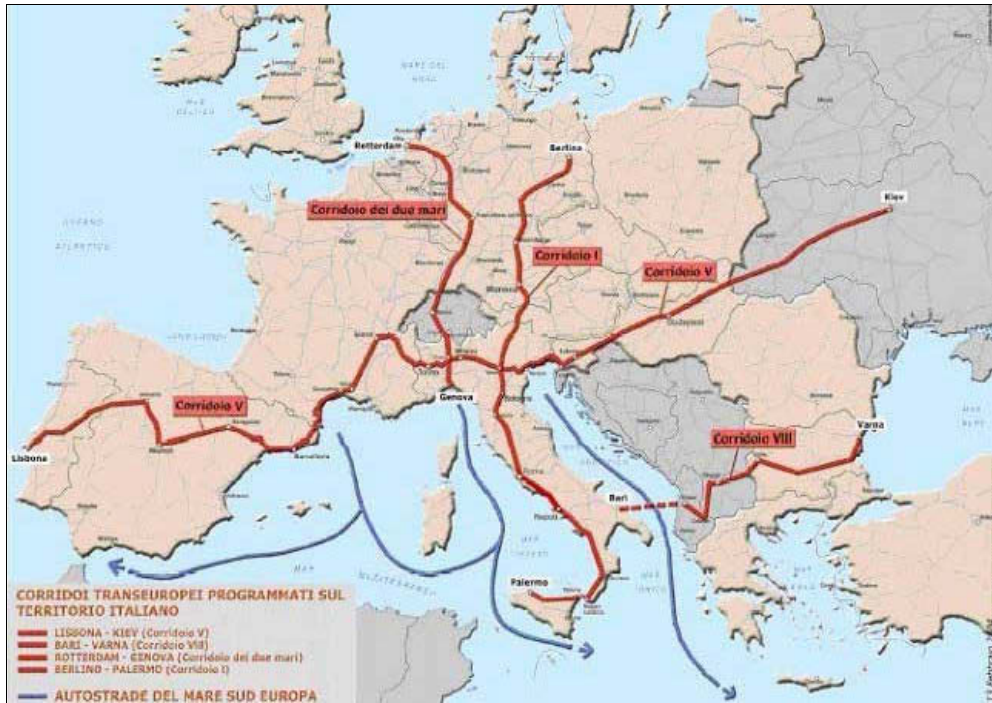
Figura 1.17: I Corridoi europei



Si tratta di complesse reti infrastrutturali che rivestono un'importanza strategica sia sotto il profilo geopolitico sia geo-economico: si propongono come il prolungamento della rete dell'Unione Europea verso Est costituendo, in un futuro, l'ossatura essenziale di una rete pan-europea che permetta di connettere le risorse energetiche e i mercati dell'Asia centrale ed orientale (Cina e India) con i centri di produzione italiani ed europei.

L'Italia è interessata dal *Corridoio I* che attraversa il nostro paese da Nord a Sud e dal *Corridoio V* che attraversa la Val Padana, inoltre il porto di Bari costituisce uno degli estremi del *Corridoio VIII* e analogamente Genova è l'estremo del *Corridoio dei Due mari* (Figura 1.18).

Figura 1.18: I Corridoi transeuropei che interessano il territorio italiano



Fonte: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Corridoio I

Il *Corridoio I* (Berlino-Palermo) viene giudicato prioritario dalla UE, in quanto consentirà di collegare i Mari del Nord con il Mare Mediterraneo attraversando 3 paesi europei.

Nell'ambito del *Corridoio I* l'Italia dovrebbe potenziare il tunnel ferroviario del Brennero aumentandone la capacità e velocizzando la linea, in modo da realizzare una linea ad alta velocità da Berlino a Verona dove dovrebbe collegarsi alla linea di Alta velocità nazionale. Inoltre è prevista la costruzione del ponte sullo stretto di Messina che permetterebbe il collegamento della Sicilia con la penisola e favorirebbe il prolungamento dell'asse tirrenico fino a Palermo.

Corridoio V

Il *Corridoio V* si configura come grande asse ferroviario ed autostradale prevedendo il potenziamento delle strutture stradali e ferroviarie già esistenti, ma anche la costruzione di nuove infrastrutture con l'obiettivo di eliminare alcuni colli di bottiglia e strozzature della rete.

Si sviluppa lungo una direttrice principale Ovest-Est, che collega Lisbona (Portogallo) a Kiev (Ucraina) attraversando nove paesi europei; risulta particolarmente interessante per il nostro Paese come corridoio di collegamento Est-Ovest a Sud delle Alpi, nel tratto Torino-Venezia-Trieste/Koper, in quanto interessa aree vastissime che, sono supportate a sud dagli hub portuali del sistema tirrenico e del sistema adriatico e a nord dagli assi stradali e ferroviari dei valichi del Sempione, del Gottardo e del Brennero.

Corridoio VIII

Il *Corridoio VIII* (Bari-Varna) si sviluppa lungo una Direttrice Ovest-Est nell'area dell'Europa sud-orientale ponendo in collegamento i flussi di trasporto del Mar Adriatico e del Mar Ionio con quelli che interessano il Mar Nero.

Esistono molte difficoltà per la realizzazione di questa infrastruttura non ultima la mancanza di connessioni tra le reti ferroviarie di tre paesi: Albania, Macedonia e Bulgaria.

Corridoio dei Due Mari

La nuova infrastruttura procurerà indiscussi vantaggi ai porti posti alle estremità del tracciato ferroviario che collega i due mari (Genova e Savona sul Mediterraneo, Rotterdam e Anversa sul Mare del Nord).

Infatti il trasporto via mare proveniente dalla zona del Nord Europa potrà essere inoltrato rapidamente al Centro-Sud Europa e nello stesso tempo, le merci che giungeranno dal Mediterraneo potranno avere il diretto accesso nell'entroterra europeo dai porti liguri.

Il tracciato ferroviario Genova-Basilea-Duisburg-Rotterdam-Anversa interseca il tracciato del *Corridoio V* in due punti, in corrispondenza dei nodi di Novara e di Milano.

1.2.2 La dotazione infrastrutturale italiana e confronto internazionale

Il sistema dei trasporti italiano si avvale di:

- oltre 175.442 km tra autostrade (6.554 km), strade di interesse nazionale (ex statali) (21.524 km), strade regionali e provinciali (148.221 km); più 312.000 km di strade comunali extraurbane e altre circa 400.000 km di strade comunali urbane;
- circa 20.000 km di ferrovie;
- 95 centri intermodali e 400 terminali merci;

- 146 porti;
- 101 scali aeroportuali.

Questo sistema però, presenta inefficienze infrastrutturali e tecnologiche che penalizzano fortemente lo sviluppo e l'evoluzione della logistica, il sistema dei trasporti, nonché il sistema economico nazionale.

Inoltre il ritardo nell'innovazione e nell'adeguamento infrastrutturale impediscono all'Italia di attrarre nuovi investimenti esteri e le rendono difficile mantenere quelli esistenti: l'Italia attrae un terzo degli investimenti internazionali che arrivano in Francia e un ottavo di quelli del Regno Unito.¹⁵

Un elemento di ulteriore riflessione ci viene dalle più recenti valutazioni, realizzate dall'Istituto Tagliacarne, sul grado di infrastrutturazione del nostro Paese, articolate per regioni e aree geografiche: 14 regioni su 20 sono sotto il livello medio nazionale, il che vuol dire che la dotazione infrastrutturale¹⁶ è accettabile solo in Lombardia, Veneto, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana e Lazio.

La debolezza infrastrutturale italiana rappresenta una criticità storica che, negli ultimi 20 anni, nel confronto con i principali partner europei, è andata, purtroppo, ulteriormente aggravandosi. Per quanto riguarda in particolare lo sviluppo della rete autostradale, negli ultimi 10 anni, la rete autostradale italiana ha fatto registrare un incremento di appena il 4,8%, notevolmente al di sotto di Spagna + 19,1%, Francia + 32,7%, Portogallo + 142, 2%.

In Tabella 1.17 viene riportato il livello di dotazione di infrastrutture di trasporto in rapporto al PIL per i principali paesi europei; dal confronto si evidenzia come sia aumentato dal 1985 al 2005 il divario tra l'Italia e paesi come la Francia, il Regno Unito, la Germania, il Belgio e nazioni che 20 anni fa erano in classifica in posizioni successive alla nostra ora ci hanno superato (es. Spagna) o stanno per superarci (es. Danimarca).

¹⁵ Fonte: ex Presidente di Confindustria, Montezemolo.

¹⁶ L'indice di dotazione infrastrutturale è un indice quali-quantitativo calcolato dall'Istituto Tagliacarne a partire da indicatori elementari delle 4 categorie infrastrutturali (rete stradale, rete ferroviaria, porti, aeroporti) utilizzando una metodologia dettagliatamente descritta nella pubblicazione: [Unioncamere, Istituto G. Tagliacarne] "La dotazione delle infrastrutture nelle province italiane", 7 giugno 2006.

Tabella 1.17: Livello di dotazioni di infrastrutture di trasporto in rapporto al PIL *P*

<i>Paesi</i>	<i>Numeri indici CEE=100</i>		
	<i>1985</i>	<i>1999</i>	<i>2005</i>
Lussemburgo	163,1	226	261
Olanda	244,7	260	282
Belgio	203,6	224,7	240,2
Germania	268,1	273	290
Regno Unito	152	210	245,3
Francia	119	187	202
Italia	105,1	109,6	120
Danimarca	80,5	107	119
Spagna	71,1	94,7	131
Portogallo	47,1	51,8	68
CEE	100	100	100

Fonte: CSS. Anno 2006

La Associazione Artigiani e Piccole Imprese Mestre ha effettuato uno studio nel quale ha messo a confronto i chilometri di ferrovie, di autostrade, di strade statali e provinciali in rapporto alla popolazione dei principali paesi UE, purtroppo risulta che l'Italia è quasi sempre in coda alla classifica:

- 28 km di strada ferrata ogni 100.000 abitanti in Italia. La Germania ne registra 43,4 km, la Francia addirittura 51,1. A guidare la classifica l'Austria con 70 km di ferrovie ogni 100.000 abitanti;
- 11,4 km, di autostrade ogni 100.000 abitanti in Italia, 14,6 in Germania, 16,7 in Francia, la Spagna ha un estensione di autostrade più che doppia (23,8) rispetto all'Italia;
- 278,2 km di strade statali e provinciali in Italia, 266,3 km in Germania, 629 km in Francia.

Infine occorre sottolineare la debolezza delle infrastrutture portuali italiane e la loro scarsa organizzazione, cioè la carenza di una logistica integrata per cui un consistente numero di container, destinati ai mercati del Centro-Sud Europa e della stessa Italia, vanno/arrivano dai porti del nord Europa (Anversa, Rotterdam e Amburgo).

Per completare il quadro sintetico delle criticità infrastrutturali del sistema di trasporto nazionale si ritiene opportuno evidenziare le principali criticità del trasporto pubblico locale su rotaia:

- ridotto sviluppo della rete tranviaria, in gran parte smantellata nell'ultimo dopoguerra, e pochi progetti locali che puntano sullo sviluppo del tram per rilanciare il trasporto pubblico;
- ritardi nel rinnovo del materiale rotabile, in controtendenza con le altre principali città UE;
- persistente abbandono delle linee ferroviarie secondarie e ritardo nell'adeguamento tecnologico delle esistenti. Lenta realizzazione di progetti sui nodi ferroviari urbani, per i collegamenti pendolari a breve distanza, sfruttando le linee liberate dall'AV/AC;
- ridotto sviluppo chilometrico della rete metropolitana e scarsa integrazione al resto della mobilità pubblica dell'hinterland metropolitano.

1.2.2.1 Le infrastrutture stradali

Il sistema dei trasporti italiano è fortemente basato sulla rete viaria, ma le infrastrutture stradali presentano notevoli squilibri in termini qualitativi, di sicurezza e di dotazione lungo tutto il territorio nazionale.

Esiste, inoltre, un crescente distacco tra la domanda di mobilità viaria e l'effettiva offerta: ad un incremento del parco circolante del 37% tra il 1990 e il 2005 è corrisposta una crescita della rete viaria molto limitata 8,5% del totale delle infrastrutture stradali e solo il 5,77% per le autostrade. Nel confronto più a lungo termine dagli anni Settanta ad oggi si nota che mentre, la rete autostradale è aumentata del 62%, il traffico autostradale è aumentato, nello stesso arco di tempo, di oltre il 700%.

Analizzando la distribuzione geografica, risulta evidente la concentrazione di autostrade soprattutto nel Nord e la carenza al Sud e nelle isole (Tabella 1.18).

Tabella 1.18: Estensione stradale italiana. Anno 2006

	Nord Italia	Centro Italia	Sud Italia	Totale
Strade regionali e provinciali (km)	61.198	31.269	55.754	148.221
Altre strade interesse nazionale (km)	5.214	2.425	13.885	21.524
Autostrade (km)	3.332	1.121	2.101	6.554
km strade regionali e provinciali per 10.000 veicoli circolanti	38,2	41,6	47,5	42,0
km altre strade interesse nazionale per 10.000 veicoli circolanti	3,3	3,2	11,8	6,1
km autostrade per 10.000 veicoli circolanti	2,1	1,5	1,8	1,9

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Per quanto riguarda le altre tipologie di strade, invece il sud è molto più dotata rispetto al nord, infatti risulta avere circa 60 km di strade provinciali, regionali e statali per 10.000 veicoli circolanti contro i 42 km al nord.

Se si confronta infine lo sviluppo della rete autostradale italiana con la media dei paesi dell'Unione Europea, nel periodo 1990 e il 2005, si osserva che ad un aumento della lunghezza delle autostrade pari al 47,0% in Europa è corrisposto in Italia un aumento solo del 5,6%, dato ancora più sconcertante si tratta del valore più basso dell'Unione Europea dopo la Lituania ed il Belgio.

Nella Tabella 1.19 viene riportato, relativamente all'anno 2005 il confronto della rete autostradale italiana con quella dei principali paesi europei e con la EU27. L'Italia risulta avere il 14% in meno di chilometri di autostrade per milioni di abitanti rispetto alla media europea, mentre il numero di veicoli per chilometro di autostrade risulta maggiore del 33%.

Tabella 1.19: Confronto rete autostradale italiana con rete dei principali paesi europei

Paesi	Popolazione	Parco circolante	Rete autostradale		
	Abitanti milioni	Veicoli milioni	Autostrade (km)	km di autostrade per milione abitanti	Veicoli per km di autostrade
Francia	60,8	30,5	10.804	178	2.823
Germania	82,5	46,1	12.363	150	3.728
Spagna	43,0	20,3	11.432	266	1.771
EU27 (esclusa Italia)	430,7	191,7	55.023	128	3.484
Italia	58,5	34,0	6.542	112	5.193

Fonte: elaborazione dati European Union - Energy & Transport in Figures 2007-2008 (dati al 2005)

1.2.2.2 La rete ferroviaria

La rete ferroviaria italiana è gestita per la maggior parte da RFI (Rete Ferroviaria Italiana) ed in parte data in concessione e in gestione governativa. La rete RFI copre circa 16.000 km della rete totale, si riduce leggermente tra il 1995 e il 2000, a causa della dismissione di reti non elettrificate e ad un conseguente miglioramento qualitativo medio delle infrastrutture ed un maggiore livello tecnologico: reti elettrificate e linee attrezzate con un sistema di blocco automatico. Nel Sud però, sono ancora poche le linee elettrificate a binario doppio, e il 90% della rete è costituita da linee a binario semplice.

Tabella 1.20: Estensione rete ferroviaria. Anni 2000–2006

	Chilometri						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Rete elettrificata	10.714	10.864	10.891	10.966	11.044	11.364	11.364
Rete non elettrificata	5.260	5.171	5.094	4.999	4.871	4.862	4.840
Totale Rete	15.974	16.035	15.985	15.965	15.915	16.225	16.295
Rete a semplice binario	9.818	9.805	9.720	9.667	9.554	9.451	9.397
Rete a doppio binario	6.156	6.230	6.265	6.298	6.362	6.774	6.898
Rete con blocco automatico	5.372	5.434	5.459	5.505	5.558	5.829	5.861

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Dal 2000 al 2006 non ci sono stati sostanziali aumenti nella lunghezza della rete, ma sono cambiate le sue caratteristiche tecniche: l'incidenza della rete elettrica sul totale passa da 67,1% a 70,3% e le linee a doppio binario passano da 38,5% a 42,4% del totale.

L'estensione delle ferrovie regionali (circa 3.890 km in totale) rimane praticamente invariato negli ultimi anni mentre aumentano le linee elettrificate. Le reti regionali sono particolarmente importanti nel Sud Italia infatti hanno un'estensione in km pari al 57% della estensione totale della rete del Sud d'Italia.

L'Italia ha circa 270 km di rete ferroviaria per milione di abitanti e si colloca ben al di sotto della media europea (390); a livello qualitativo invece si posiziona al di sopra della media (68,1% di rete elettrificata contro il 52,7% dell'Unione Europea).

Anche nel 2006 [1] è proseguito il rinnovamento del materiale rotabile di RFI; attualmente la flotta è costituita da circa 5.000 mezzi di trazione, 8.600 carrozze e circa 41.106 carri merci, al quale è necessario aggiungere il materiale in concessione e gestione governativa: più di 1.000 mezzi a trazione, 638 carrozze e 393 carri merci.

In Figura 1.19 è riportata la rete italiana gestita da RFI al 2007 che ha raggiunto un'estensione totale di 16.322 km di cui:

- 6.761 km di rete fondamentale che comprende le direttrici internazionali e gli assi di collegamento fra le principali città italiane.
- 9.561 km di rete complementare, di prestazioni inferiori, che costituisce la maglia di collegamento nei bacini regionali e di connessione tra le principali direttrici.

Figura 1.19: Rete italiana in esercizio nel 2007



Fonte: RFI (febbraio 2009)

La rete è costituita da:

- 6.947 km a doppio binario
- 9.375 km a binario semplice

L'offerta è di circa 1.250 treni merci al giorno, con un volume di circa 85 milioni tonnellate/anno, di cui il 40% generato dai raccordi industriali.

In Tabella 1.21 è riportata l'evoluzione dell'offerta di servizi per il trasporto passeggeri in termini di posti-km e di treni-km, distinta in treni a media e lunga percorrenza e treni regionali.

Dal 2000 al 2006 i treni-km sulla media e lunga percorrenza sono aumentati dell'1,2% si è registrata invece una riduzione dei posti-km del 3,5%; mentre sono aumentati del 9,5% sia i treni regionali-km sia i posti-km delle ferrovie regionali.

Tabella 1.21: Offerta servizi trasporto passeggeri Trenitalia

Treni		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Media e lunga percorrenza	Posti-Miliardi km	48,4	48,5	49,1	49,1	49,3	50,3	46,7
	Treni-Milioni km	82,6	82,5	82,6	82,6	82,9	83,9	83,6
Regionali	Posti- Milioni km	65,0	66,1	66,8	66,9	68,3	69,6	71,2
	Treni-Migliaia km	169,2	169,8	171,4	173,0	177,1	180,5	185,3

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

1.2.2.3 La rete Alta velocità/Alta capacità

Le Ferrovie dello Stato, in linea con i programmi dell'Unione Europea di sviluppo di una rete europea ad Alta Velocità, ha predisposto un Piano di investimenti per dotare l'Italia di un sistema di infrastrutture di comunicazione ad Alta Velocità/Alta Capacità (AV/AC) che permetteranno la piena interoperabilità ferroviaria.

Gli obiettivi alla base di queste scelte sono:

- l'aumento della velocità commerciale;
- l'aumento della capacità di trasporto, soprattutto lungo gli assi più saturi (Torino-Venezia; Napoli-Milano);
- alta capacità dedicata al trasporto merci;
- integrazione del sistema ferroviario italiano con quello europeo.

La futura rete italiana ad Alta velocità/Alta Capacità a forma di "T" si svilupperà per circa 1.250 km lungo gli assi ferroviari più trafficati del nostro Paese: la trasversale Torino-Venezia e la dorsale Milano-Napoli.

Il quadro completo delle opere RFI in progetto, in costruzione e in esercizio è riportata in Figura 1.20 dove oltre le linee AV/AC si evidenziano anche:

- il collegamento tra Genova e la rete della pianure Padana attraverso il "terzo valico";
- nuovi collegamenti con l'Europa attraverso i valichi alpini e i transiti internazionali.

Importanti interventi di potenziamento, collegati alla realizzazione delle reti TEN-T e più precisamente al Corridoio I Berlino-Verona/Milano-Bologna-Napoli-Palermo sono in corso e in programmazione nel Mezzogiorno.

Figura 1.20: Il sistema Alta Velocità/Alta Capacità italiano



Fonte: Ferrovie dello Stato (febbraio 2009)

1.2.2.4 Gli interporti e i terminal merci

Le infrastrutture puntuali di supporto al trasporto intermodale sono gli interporti e i terminal intermodali.

L'interporto è l'infrastruttura più importante, dove avviene il carico/scarico della merce e il trasferimento dalla strada alla ferrovia e viceversa; è costituito da uno scalo ferroviario dove vengono formati o accolti treni provenienti da porti, aeroporti, viabilità di grande comunicazione e comprende anche aree dove si svolgono servizi logistici ed attività relative ai trasporti e alla distribuzione delle merci sia in ambito nazionale che internazionale.

In Figura 1.21 vengono riportati i principali interporti italiani in attività e in progetto. [10]

La rete interportuale italiana, è composta da 26 interporti di cui 14 sono in attività, gli altri in realizzazione o in programmazione; in Tabella 1.22 viene riportata la loro suddivisione per aree geografiche.

Il maggior numero di interporti è situato nel Veneto, Emilia Romagna, Piemonte, mentre in Lombardia non è presente alcun interporto.

Figura 1.21: I principali interporti italiani



Fonte: Uniontrasporti

Tabella 1.22: Interporti italiani per area geografica

Aree geografiche	In attività	In realizzazione	Previsti	Totale
Mezzogiorno	2	6	2	10
Centro	2	3	-	5
Nord	10	1	-	11
Totale	14	10	2	26

Fonte Uniontrasporti

Occorre comunque sottolineare che in corrispondenza delle principali direttrici nazionali ed europee della Rete TEN si trovano i principali interporti italiani:

- interporto di Novara all'incrocio tra il *Corridoio V* "Kiev-Lisbona" e l'asse ferroviario Genova-Rotterdam;
- interporto di Verona lungo il *Corridoio V* e il *Corridoio I* "Berlino-Palermo".
- interporti di Trento, Bologna, Marcianise e Nola lungo l'asse Nord-Sud;
- interporti di Cervignano, Padova e Torino lungo l'asse Est-Ovest.

I terminal merci sono le infrastrutture, localizzate all'interno delle stazioni ferroviarie dove si svolgono le operazioni di carico e scarico delle merci, attività di manovra, sosta e deposito di veicoli ferroviari; attualmente gli impianti di RFI ammontano a circa 240 tra cui circa 40 aree di scambio tra trasporto su ferro e trasporto su gomma (i centri intermodali).¹⁷

RFI sta attuando da alcuni anni una politica di dismissione di terminal che movimentano meno di 400 carri all'anno. La società ferroviaria si pone l'obiettivo di ottimizzare la gestione del traffico attraverso una rete ben definita di impianti: dieci/dodici hub che hanno una decina di impianti satellite ciascuno.

Sicuramente saranno hub i terminal di Brescia, Novara Boschetto, Milano Smistamento, Torino Orbassano, Alessandria, Verona, Padova, Roma, Napoli Marcianise, i rimanenti sono ancora in discussione. Sono previsti investimenti per la riqualificazione e il potenziamento degli scali e per il miglioramento dei collegamenti con i principali snodi stradali.

1.2.2.5 Il sistema portuale

Nel nostro Paese la dotazione portuale ammonta a 263 porti (Tabella 1.23) avendo considerato anche le strutture per il diporto nautico, localizzate soprattutto al Sud ed in continuo aumento.

I porti del Sud hanno una maggiore lunghezza complessiva degli accosti, ma minore superfici dei piazzali per le merci; dei 1.523 accosti presenti nei porti italiani, il 25% è utilizzato per servizi di trasporto passeggeri, il 16,3% per la movimentazione delle merci secche e rinfuse solide, l'8,0% di prodotti petroliferi, il 7,6% di container ed il 27% del pescato.

¹⁷ Fonte RFI da www.rfi.it

Tabella 1.23: Opere e infrastrutture portuali al 31/12/2007

Porti e servizi infrastrutturali	Totale Italia	Italia Settentrionale	Italia Centrale	Italia Meridionale e Insulare
Numero di porti	263	45	40	178
Numero accosti	1.523	385	289	849
Lunghezza complessiva accosti (m)	401.134	140.510	64.183	196.441
Superfici dei piazzali per le merci (mq)	15.377.998	8.611.949	1.158.777	5.607.272

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Per quel che riguarda le infrastrutture ed i servizi di trasporto per via d'acqua interni, sono prevalentemente concentrati in alcune zone dell'Italia settentrionale. Tale modo di trasporto inoltre non costituisce un'alternativa alla strada e al ferro, sia per la conformazione geografica e morfologica del territorio italiano sia a causa di carenze infrastrutturali che ancora limitano lo sviluppo della navigazione, ad esempio sono ancora molti i porti fluviali non completamente attrezzati e scarsamente collegati con le reti viarie, ferroviarie e strutture logistiche.

1.2.2.6 Il sistema aeroportuale civile

Il sistema aeroportuale civile è composto da 100 impianti, di cui 48 adibiti al traffico commerciale.

Le infrastrutture più estese (in termini di area complessiva) sono quelle di Roma-Fiumicino (1.605 ettari) e Milano-Malpensa (1.244 ettari). Seguono un numero limitato di aeroporti di medie dimensioni (tra cui Milano-Linate, Verona, Venezia, Pisa, Bergamo, Rimini e Torino) ed infine un numero elevato di piccoli e piccolissimi aeroporti.

In Tabella 1.24 viene riportato il numero di aeroporti per regione e tipologia al 30 settembre 2006; si può notare che le regioni del Sud sono in linea con il resto di Italia e che le uniche regioni che non dispongono di aeroporti sono Molise e Basilicata.

La flotta aeronavale italiana nel 2006 era costituita da 373 aerei, dei quali 357 adibiti al trasporto passeggeri.

Tabella 1.24: Distribuzione aeroporti per Regione e tipologia al 30 settembre 2006

<i>Regione</i>	<i>Totale</i>	<i>Comunitari internaz.</i>	<i>Solo uso civile</i>	<i>Doganali</i>	<i>Sanitari</i>	<i>Veterinari P.I.F.</i>	<i>Valichi di frontiera</i>
Abruzzo	2	1	1	1	1		1
Calabria	3	2	3	2	2	1	2
Campania	3	1	1	1		1	1
Emilia Romagna	12	4	8	3	1	1	4
Friuli Venezia Giulia	3	2	2	1		1	1
Lazio	9	2	3	3	2	2	3
Liguria	4	2	2	2			2
Lombardia	14	5	1	5	3	3	4
Marche	2	1		1	1	1	1
Piemonte	8	4	6	1	1	1	2
Puglia	5	3	3	2	1		2
Sardegna	5	4	3	3			4
Sicilia	6	4	3	2	1	1	4
Toscana	8	5	4	2		1	2
Trentino Alto Adige	2	1	1	1			1
Umbria	1	1	2	0			1
Val d'Aosta	1	1		0			
Veneto	12	6	6	4	1	1	3
Totale	100	49	49	34	14	14	38

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

1.3 Impatto occupazionale ed economico dei trasporti

In questo paragrafo si fornirà un'indicazione dell'impatto economico ed occupazionale del settore trasporti, ci si soffermerà poi sull'autotrasporto, che incide in modo preponderante, si accennerà ai costi e ricavi del sistema ferroviario italiano, mentre il settore del trasporto pubblico verrà descritto in seguito.

1.3.1 Dimensione produttiva del settore trasporti

L'offerta di servizi sia per passeggeri che per merci è fornita da circa 153.000 imprese [11] per un totale di oltre 876.000 addetti, con una netta prevalenza nel settore stradale, sia in termini di numero di imprese (98% del totale) che di addetti (circa il 77% del totale, 53% dedicate al trasporto merci e il 24% al trasporto passeggeri).

Nel 2003, la rilevazione Istat [12] rilevava che circa l'88,6% erano imprese che svolgevano attività di trasporto in senso stretto e 11,4% imprese che svolgevano servizi ausiliari ai trasporti (magazzinaggio, carico e scarico delle merci, gestione di porti, aeroporti, centri di movimentazione merci ecc.).

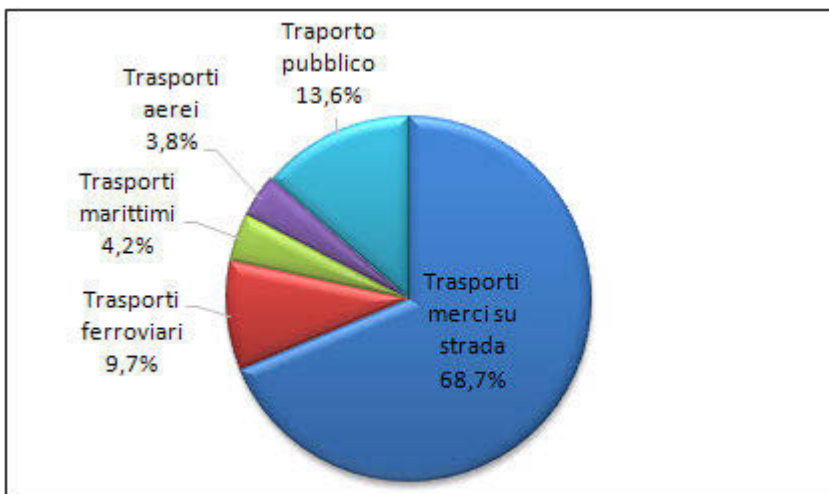
Occorre sottolineare che esistono significative differenze tra le diverse fonti di dati nel censimento e nella descrizione delle caratteristiche strutturali delle imprese operanti nel settore dei trasporti e della logistica, generalmente dovute alle diverse modalità di rilevazione (es. diverso codice di attività delle aziende).

Le imprese del settore trasporti hanno differenti caratteristiche e dimensioni: nel settore ferroviario ed aereo opera un numero limitato di imprese di notevoli dimensioni (in termini di addetti) con un'alta percentuale di lavoratori dipendenti, mentre il trasporto merci su strada, con un numero medio di 3,2 addetti per impresa ed il 60% degli occupati costituito da lavoratori autonomi, ha un tessuto produttivo estremamente polverizzato.

Un quadro della ripartizione degli addetti nei vari settori al 2006 viene riportato in Figura 1.22 dal quale si evince che quasi il 70% del totale degli addetti è occupato nelle attività di trasporto e logistica delle merci su strada.

Il trend evolutivo del numero delle imprese e degli addetti nei principali settori di attività, riportato in Tabella 1.25, mostra una riduzione negli anni del numero delle imprese e conseguentemente del numero di addetti, riduzione che è proseguita anche nel 2007.

Figura 1.22: Addetti settore trasporti per modo, in Italia. Anno 2006



Fonte: elaborazione dati Cerved e Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Tabella 1.25: Imprese ed addetti per attività. Anni 2004–2006

Attività	2004		2005		2006		Addetti/ imprese 2006
	Imprese	Addetti	Imprese	Addetti	Imprese	Addetti	
Trasp. merci su strada	126.354	360.783	125.363	333.655	119.917	327.580	3
Moviment. Merci	5.241	60.954	4.772	60.598	4.596	58.824	12,8
Magazzinaggio	2.032	36.892	2.015	29.173	2.120	27.371	12,9
Spedizioni	4.542	31.902	4.692	29.511	4.822	28.556	5,9
Corrieri postali	1.787	3.937	2.041	3.501	2.244	3.570	1,6
Sub totale	139.956	494.468	138.883	456.438	133.699	445.901	3,3
Addetti alla movimentazione di merci e persone							
Trasporti ferroviari	82	65.000	52	64.000	55	63.000	1.145
Trasporti marittimi	556	27.500	734	27.400	724	27.400	38
Trasporti aerei	346	25.150	402	25.476	431	24.708	57
Sub totale	984	117.650	1.188	116.876	1.210	115.108	95
Totale	140.940	612.118	140.071	573.314	134.909	561.009	4,2

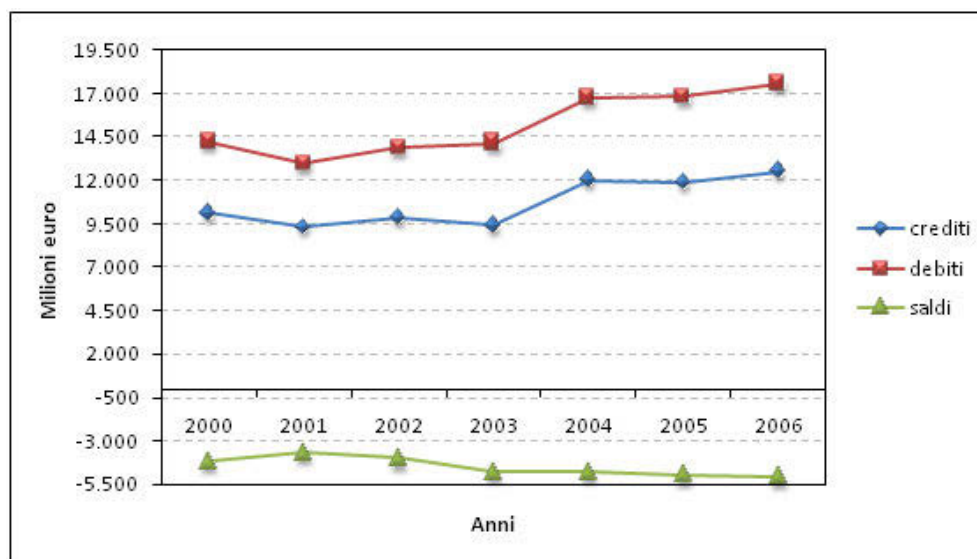
Fonte: Cerved

1.3.2 Bilancia dei pagamenti e spesa pubblica

Secondo quanto riportato nella relazione annuale della Banca d'Italia nel 2006 è continuato il trend negativo del saldo dei servizi di trasporto che ha raggiunto un totale di circa 5 miliardi di euro; l'andamento della bilancia dei pagamenti dal 2000 al 2006 è riportato in Figura 1.23.

Un esame più dettagliato dell'andamento della bilancia dei pagamenti per modo di trasporto evidenzia nel 2006 saldi negativi per tutte le modalità di trasporto, in particolare per il trasporto marittimo continua ad aumentare il saldo negativo degli anni precedenti raggiungendo circa 3 miliardi di euro; per le altre modalità invece il confronto con il 2005 evidenzia un saldo quasi invariato per la modalità stradale ed in diminuzione per il trasporto aereo e il trasporto ferroviario. Passando infine ad esaminare le singole tipologie di servizio, il settore merci risulta essere ancora in flessione con un saldo negativo di circa 4 miliardi di euro mentre migliora la situazione per il settore passeggeri che riduce il saldo negativo di un 30%.

Figura 1.23: Bilancia dei pagamenti settore trasporti



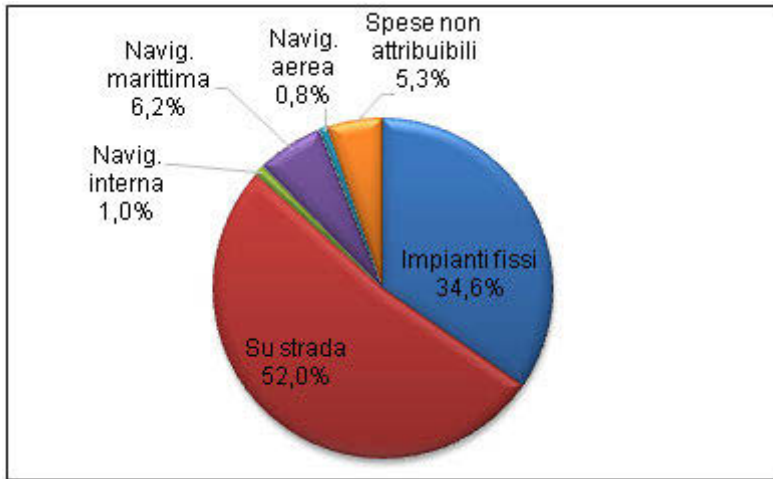
Fonte: elaborazione ENEA dati Federtrasporto

Il forte deficit nel settore dei servizi di trasporto merci è dovuto anche al fatto che importanti risorse finanziarie vengono impiegate per pagare servizi forniti da operatori esteri, anziché da operatori italiani.

Inoltre le aziende straniere stanno ricoprendo un ruolo sempre maggiore; nel primo semestre 2007 si registrava la presenza di 462 imprese italiane partecipate da 280 gruppi stranieri; da un recente studio dell'Isfort [13] risulta tuttavia che gli investimenti italiani all'estero, soprattutto nei paesi dell'Europa occidentale, America Latina ed Asia, prevalgono sugli investimenti esteri in Italia; al primo semestre 2007 risultano 811 investimenti esteri effettuati da 172 imprese multinazionali italiane della logistica che operano per il 66% nel settore "attività di supporto ed ausiliare ai trasporti" (spedizionieri, gestori infrastrutture, agenzie di viaggio, operatori logistici) e per il 44% nei trasporti con una prevalenza di investimenti nel trasporto marittimo (16%) e stradale (14%).

Per quanto riguarda la spesa pubblica consolidata, che considera sia le spese dirette che i trasferimenti e i contributi ad altri soggetti, tra il 1990 ed il 2006 la spesa complessiva a prezzi correnti per i trasporti è passata da 26.243 a 53.293 milioni di euro correnti con la ripartizione tra i settori mostrata nella seguente figura. Il 52% della spesa è attribuibile al settore stradale, il 34,6% nel settore degli impianti fissi.

Figura 1.24: Ripartizione della spesa pubblica consolidata. Anno 2006



Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

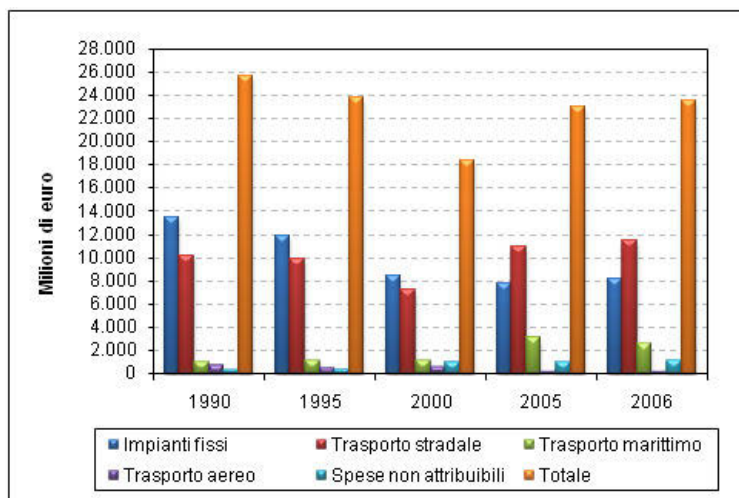
La ripartizione tra spese correnti e spese in conto capitale indica, sempre per il 2006, una spesa pubblica corrente di 27.508 milioni di euro mentre la spesa pubblica in conto capitale è stata di 25.785 milioni di euro; in Tabella 1.26: Spese pubbliche per comparto modale. Anno 2006 è riportato il dettaglio della spesa pubblica espressa ai prezzi correnti e disaggregata per comparto modale e tipo di operatore.

Tabella 1.26: Spese pubbliche per comparto modale. Anno 2006

Settori		Impianti fissi	Su strada	Navig. interna	Navig. marittima	Navig. aerea	Spese non attribuibili	Totale
Spese correnti (MI €)	Stato ed aziende	0,2	211,6	5,9	2.124	39,8	526,4	2.908
	Enti	9.491	13.240	491,8	345	157,2	874,4	24.600
	Totale	9.492	13.452	497,7	2.469	197	1.401	27.508
Spese in conto capitale (MI €)	Stato ed aziende	0	193,3	20,7	529	69,4	58,4	871
	Enti	8.970	14.087	34,8	320	164,9	1338,7	24.914
	Totale	8.970	14.280	55,5	848	234,2	1.397	25.785
Spese complessive (MI €)	Stato ed aziende	0,2	404,9	26,6	2.653	109,2	584,8	3.779
	Enti	18.461	27.327	526,6	664	322,1	2213,1	49.514
	Totale	18.461	27.732	553,2	3.317	431,2	2.798	53.293

Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Figura 1.25: Spesa pubblica corrente per comparto modale a prezzi costanti¹⁸



L'analisi dell'andamento della spesa pubblica corrente negli ultimi anni, espressa in milioni di euro a prezzi 2000 (Figura 1.25), evidenzia una diminuzione dell'8,3% dell'ammontare complessivo che è passato da 25.662 milioni di euro del 1990 a 23.540 milioni di euro nel 2006.

I settori che hanno subito una riduzione della spesa sono stati il trasporto aereo (-76,5%) e gli impianti fissi (-39,5%), invece il settore marittimo ha avuto un forte aumento, oltre 140%. Il settore stradale ha avuto dal 2000 al 2006 un incremento pari al 60% passando da 7.190 milioni di euro a 10.930 milioni di euro.

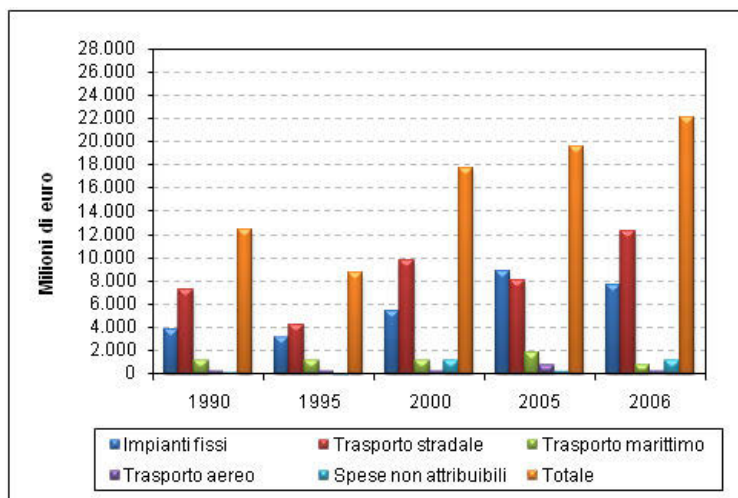
Per quanto riguarda gli interventi pubblici in conto capitale a prezzi 2000, tra il 1990 ed il 2006 (Figura 1.26) aumenta la spesa che passa da 12.408 milioni di euro a 22.065 milioni di euro, raggiungendo nel 2006 quasi gli stessi valori della spesa pubblica corrente.

La strada e gli impianti fissi hanno assorbito le quote più elevate di spesa aumentando rispettivamente del 55,4% e del 34,8.

Lo Stato nel 2006 ha sostenuto una spesa complessiva (spese dirette e contributi erogati) pari a 16.909,5 milioni di euro per il settore trasporti, il maggior beneficiario degli interventi dello stato è stato il settore degli impianti fissi, che ha assorbito circa il 28% di tale importo.

¹⁸ Prezzi al 2000.

Figura 1.26: Spesa pubblica in conto capitale per comparto modale a prezzi costanti18



Fonte: elaborazione dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

La ripartizione della spesa tra i diversi settori è di seguito illustrata:

- 4.725,9 milioni di euro per gli impianti fissi;
- 3.650,8 milioni di euro per il trasporto su strada;
- 3.299,4 milioni di euro per la navigazione marittima;
- 553,9 milioni di euro per la navigazione aerea;
- 32,6 milioni di euro per la navigazione interna;
- 4.647,8 milioni di euro spese non attribuibili.

1.3.3 Fatturato e costi operativi dell'autotrasporto

Il mercato internazionale dell'autotrasporto di merci è caratterizzato dalla presenza di grandi operatori (olandesi, tedeschi, scandinavi) e da *padroncini* (italiani, greci, turchi, bulgari, sloveni ecc.). I *padroncini* operano quasi sempre in condizioni di subalternità rispetto ai grandi operatori. L'autotrasporto italiano è esposto alla concorrenza sia dall'alto di grandi gruppi e operatori integrati, sia dal basso dei *padroncini* esteri.

È un settore fortemente frammentato, le imprese impegnate nel trasporto merci su strada che hanno superato le 110.000 unità nel 2006, sono molto più numerose rispetto a quelle presenti negli altri paesi europei: in Francia circa 45.000 e in Germania 37.000; [13] in Italia la tipologia delle aziende è molto diversificata e anche la rappresentatività territoriale, con un prevalenza nelle regioni del Nord ed in particolare in Lombardia.

Tabella 1.27: Numero di imprese di autotrasporto merci per classe di addetti

Classe di addetti	2004	2005	2006
<= 1	58.477	54.623	50.669
2-9	23.711	22.477	21.156
10-49	2.851	2.720	2.592
50-99	146	135	124
100-499	59	54	58
=> 500	3	3	3
Non dichiarati	41.050	45.351	45.315
Totale	126.297	125.363	119.917

Fonte: Cerved

La dimensione occupazionale ridotta delle imprese italiane viene sottolineata dai dati riportati in Tabella 1.27.

Il Centro Studi sui Sistemi di Trasporto (CSST) conduce, su incarico del Comitato Centrale dell'Albo degli Autotrasportatori, annualmente un'indagine conoscitiva sui costi e sulla fiscalità sopportati dalle imprese di autotrasporto per conto terzi¹⁹.

I risultati di tale indagine²⁰ forniscono un'indicazione quantitativa del costo di produzione del servizio di trasporto su strada e consentono di delineare il livello di competitività delle imprese italiane con quello di analoghe imprese europee e pertanto abbiamo ritenuto utile riportarle sinteticamente [14].

L'indagine ha coinvolto quattro classi di imprese: operatori monoveicolari, operatori che dispongono fino a tre veicoli, operatori fino a cinque veicoli, operatori con oltre 10 veicoli.

¹⁹ Il trasporto su gomma viene esercitato in *conto terzi* quando l'impresa di trasporto opera per conto di un'altra impresa, dietro pagamento per il servizio reso.

²⁰ Lo studio stima i costi "relativi ad un autoarticolato a 5 assi e di peso complessivo massimo consentito nei vari Stati per la produzione di un definito numero di chilometri annui: 150.000 km per le aziende che operano su relazioni internazionali e 100.000 km per le aziende operanti su relazioni nazionali. Soltanto per l'Italia si sono definiti i costi a 75.000 km per le aziende che operano a scala intra-regionale". Fonte: CSST.

Tabella 1.28: Fatturato delle aziende di autotrasporto italiane e confronto con estero

Classe	Fatturato aziende Italia	Fatturato medio di classe	Scostamento Italia media di classe (%)	Scostamento Italia fatturato migliore (%)
	Euro			
I	123.587	126.202	- 2.07	- 31.58
II	390.673	359.797	+ 8.58	- 21.62
III	674.416	605.071	+ 11.46	- 15.81
IV	1.381.283	1.276.059	+ 8.25	- 12.67

Fonte: Comitato Centrale Albo Nazionale Autotrasportatori

Relativamente al fatturato le aziende italiane presentano nel 2007, rispetto alle aziende estere di pari dimensioni, valori alquanto modesti che vanno da un minimo di 123 mila € (per le aziende della I Classe, ad un massimo di 1,3 milioni di € circa per le aziende della IV Classe), per le imprese monoveicolari il valore del fatturato è inferiore al valore medio, lo scostamento rispetto alla media degli altri paesi europei si aggira su una media di -2,07%, con un picco di -31,58% rispetto alla Francia, paese con le migliori performance in termini di fatturato per tutte le classi esaminate.

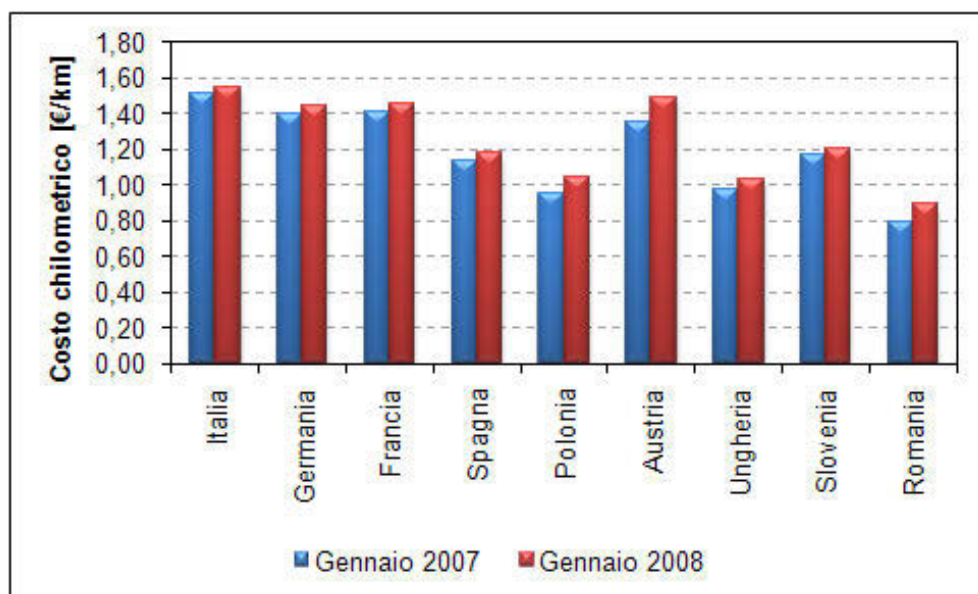
Per quanto riguarda i costi/km di esercizio di un articolato a 5 assi viene confermato per il 2007 il trend crescente degli ultimi anni ed il basso livello di competitività dell'autotrasporto italiano.

L'Italia, nel confronto con gli altri paesi europei oggetto di indagine, occupa i primi posti della graduatoria, sia per quanto riguarda i costi chilometro (Figura 1.27) che i costi orari (Figura 1.28).

Infatti, nel confronto dei costi chilometro, l'Italia presenta al primo gennaio 2008 il valore più elevato rispetto agli altri paesi europei (1,54 euro/km), per quanto riguarda i costi orari (76,95 euro/ora) stimati sulla base delle velocità commerciali²¹, l'Italia occupa il terzo posto nella graduatoria decrescente dopo la Francia e la Germania.

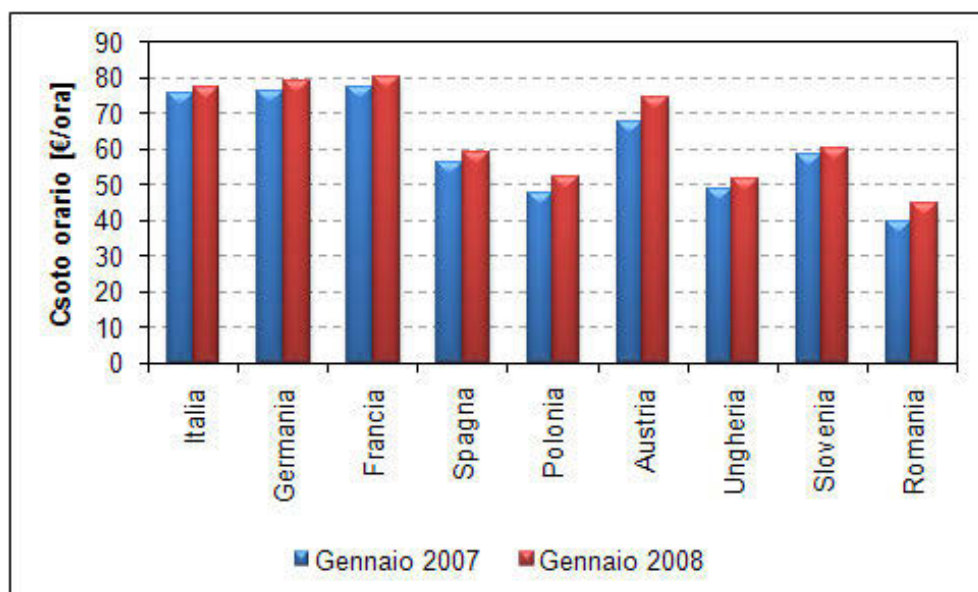
²¹ La velocità stimata per Italia, Austria, Slovenia, Spagna, Ungheria, Polonia, Romania è di 50 km/h, per Francia, Germania è stata pari a 55 km/h.

Figura 1.27: Costo chilometrico dell'autotrasporto in Europa



Fonte: Comitato Centrale dell'Albo degli Autotrasportatori, (www.alboautotrasporto.it)

Figura 1.28: Costo orario dell'autotrasporto in Europa



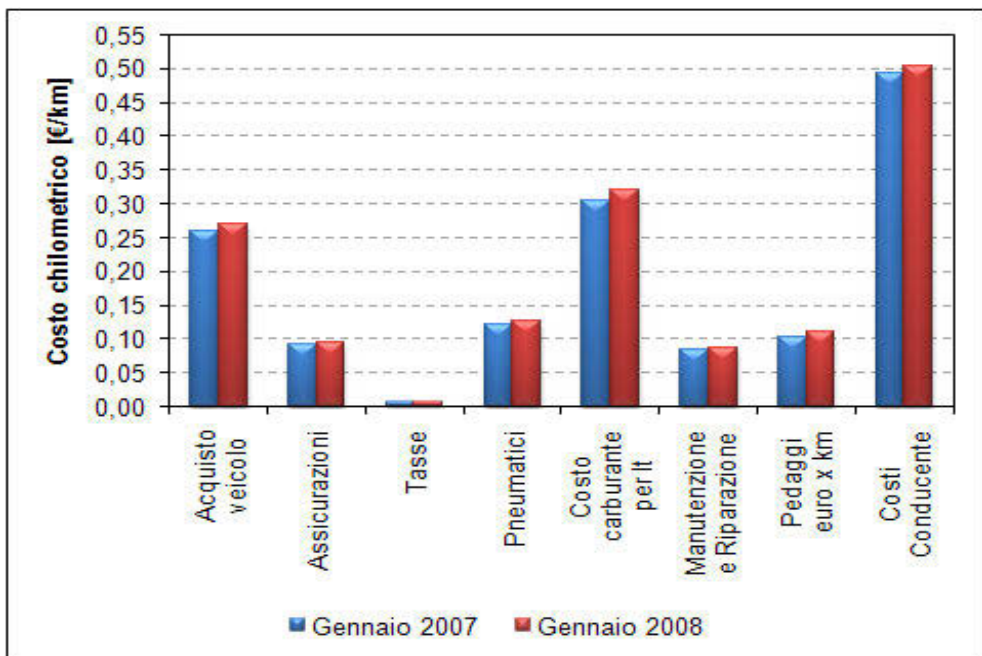
Fonte: Comitato Centrale dell'Albo degli Autotrasportatori, (www.alboautotrasporto.it)

Andando ad analizzare le diverse voci di costo che compongono il costo chilometrico per un autoarticolato a 5 assi²² (Figura 1.29), risulta che il costo del conducente è la voce che incide maggiormente nella composizione del costo/km, dato riscontrato anche negli altri paesi europei; in Italia il costo del personale incide per il 33,46% sul costo totale inferiore comunque a quello della Francia che pesa per circa il 39%; nei paesi dell'est invece il costo del lavoro risulta essere ancora basso, pari anche alla metà di quello sostenuto dalle imprese italiane.

Anche relativamente alla seconda voce di costo, quella relativa al costo del carburante, che incide per circa il 20%, l'Italia registra il valore più alto rispetto a quello degli altri paesi europei oggetto di indagine; il prezzo industriale italiano a fine maggio 2008 varia tra un minimo di 0,017 euro (differenziale con la Spagna) ad un massimo di 0,112 euro (differenziale con la Slovenia).

Occorre evidenziare che le voci di costo che incidono maggiormente sono anche quelle che negli ultimi anni hanno avuto la variazione percentuale maggiore.

Figura 1.29: Incidenza delle varie voci di costo sul costo chilometrico



Fonte: Comitato Centrale dell'Albo degli Autotrasportatori. (www.alboautotrasporto.it)

²² Sono state considerate 6 diverse marche di veicolo.

La situazione di difficoltà in cui si trovano costringe le imprese a tariffe sempre meno competitive rispetto agli altri paesi europei, soprattutto dell'Est, facendo così perdere l'opportunità, che si sta presentando con l'aumento della domanda derivata dal processo di globalizzazione, di accrescere le proprie quote di mercato; infatti i committenti preferiscono rivolgersi, soprattutto per i trasporti internazionali, a vettori stranieri.

1.3.4 Costi e ricavi del trasporto ferroviario

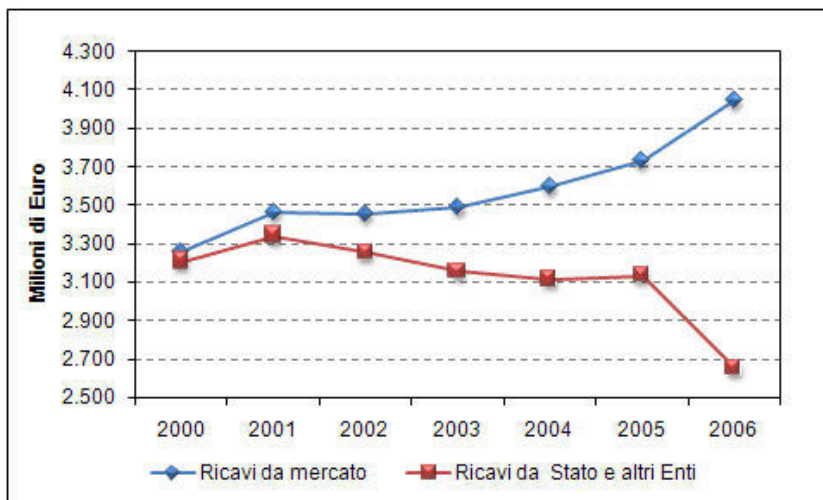
L'unica società presente sul mercato è la FS Holding, che detiene il 100% della quota azionaria sia di RFI (gestore delle infrastrutture) che di Trenitalia (operatore del trasporto passeggeri e merci) ed occupa circa 100 mila persone, è in perdita ormai da molti anni (circa 3,3 miliardi di euro negli ultimi 7 anni).

Il trasporto ferroviario ha beneficiato di contributi pubblici negli ultimi 9 anni per quasi 40 miliardi di euro, con una media di 4,4 miliardi euro/anno e con un massimo di 5,2 miliardi di nel 2003.

L'andamento dei ricavi da traffico e dei ricavi da Stato e da altri enti pubblici, che comprendono anche le convenzioni con le Regioni (Figura 1.30) evidenzia come i primi fra il 2000 ed il 2006 siano cresciuti del 24,4%, mentre i secondi siano calati del 17% a seguito della progressiva riduzione dei contributi pubblici.

Nel 2006 i ricavi da traffico sono stati di 4.052 milioni di euro, mentre i ricavi pubblici sono stati di 2.654 milioni di euro.

Figura 1.30: Evoluzione ricavi da mercato, da Stato e da altri Enti



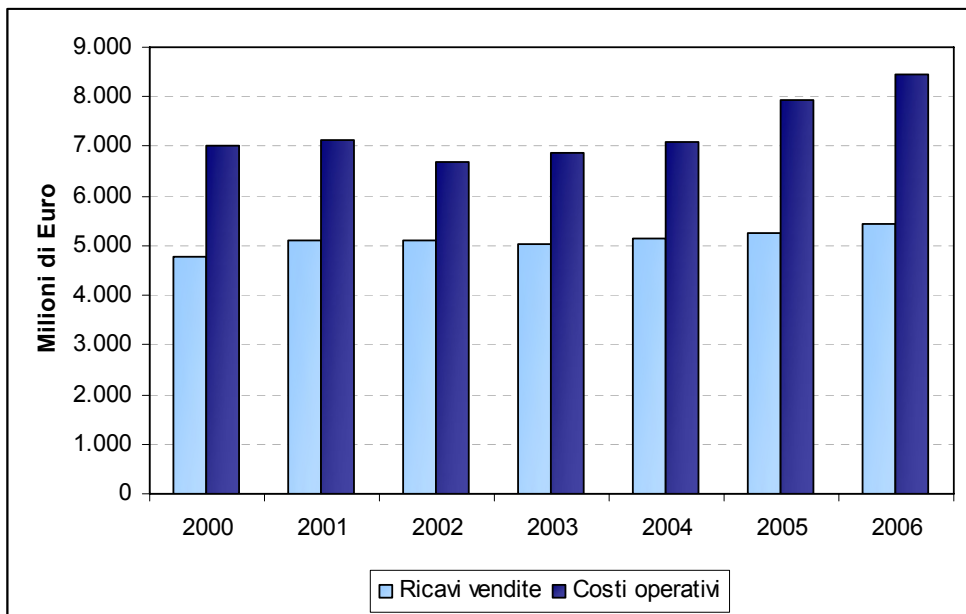
Fonte: Ferrovie dello Stato

Nel 2007 grazie all'aumento dei ricavi e al contenimento dei costi il bilancio annuale di FS si è concluso con un risultato netto negativo di 409 milioni di euro, con una riduzione delle perdite dell'80% (fonte: Sole 24 ore). In Figura 1.31 è riportato l'andamento dei ricavi da traffico e i costi operativi per gli ultimi 6 anni che evidenziano come ad una crescita contenuta dei ricavi sia invece corrisposta una crescita maggiore dei costi (circa il 23% negli ultimi 3 anni). Nel 2007 si registra, invece, un aumento di ricavi (+ 14,4% rispetto al 2006) dovuto al maggior fatturato nel traffico viaggiatori e merci, il primo ottenuto con la politica di adeguamento dei prezzi e di razionalizzazione dell'offerta commerciale, il secondo conseguito con l'internalizzazione del settore.

In Figura 1.32 viene riportata la ripartizione in percentuale tra le diverse voci di spesa. Il costo del personale, che supera i 4,7 miliardi di euro/anno (circa 47.000 euro/anno a dipendente), è la voce di costo che incide maggiormente circa il 56% (dato 2007) del totale e che comunque la politica di contenimento costi attualmente attuata dall'azienda ha lasciato nel 2007 invariata.

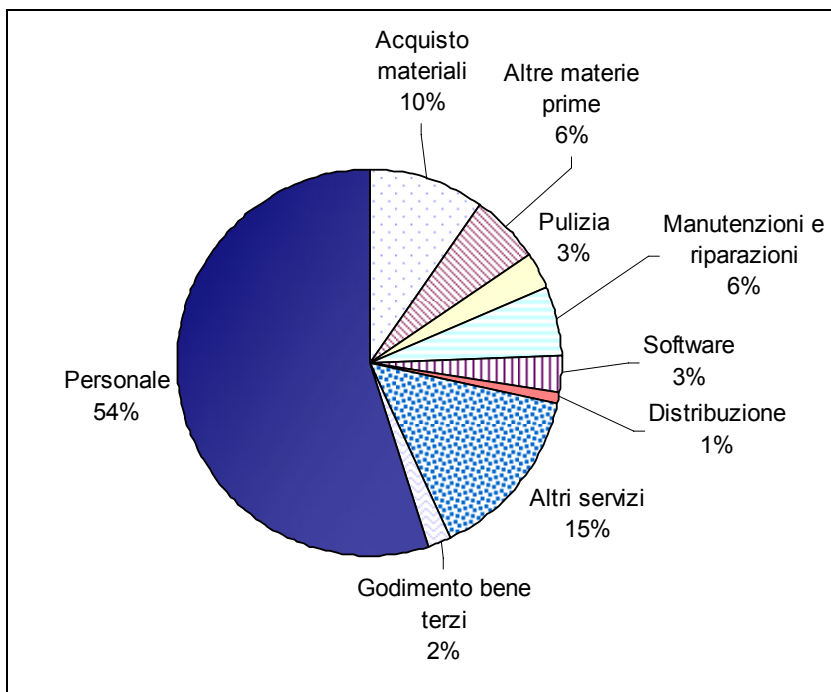
Infine, se si analizzano i costi operativi, si evidenzia un aumento crescente negli ultimi anni, infatti si è passati dai 6 centesimi di euro/passeggero chilometro del 2003 ai 7,24 [15] centesimi di euro/passeggero chilometro nel 2006 (Figura 1.33).

Figura 1.31: Ricavi da vendite e costi operativi di FS



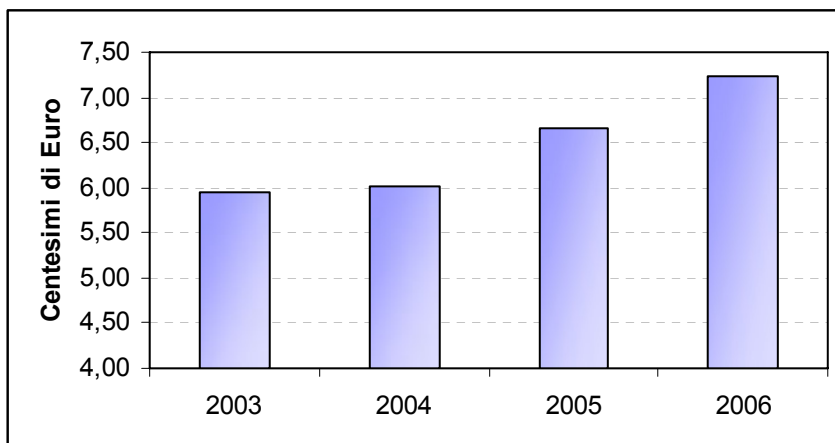
Fonte: Istituto Bruno Leoni

Figura 1.32: Voci di costo operativo di FS nel 2006



Fonte: Istituto Bruno Leoni

Figura 1.33: Costi per viaggiatore-km



Fonte: Istituto Bruno Leoni

1.3.4.1 Costi infrastrutture ferroviarie

Molto elevato inoltre è in Italia il costo per la realizzazione delle opere ferroviarie. Il costo medio in Italia per la realizzazione di un chilometro di nuova linea ad Alta velocità/Alta capacità è di 3 volte superiore di quello francese o spagnolo (Tabella 1.29), costo solo in parte giustificabile dalla configurazione territoriale.

Tabella 1.29: Costi medi /km linee alta velocità/alta capacità

Nazione	Linee realizzate		Linee progettazione e realizzazione	
	km Linee	Costo medio Milioni di Euro/km	km Linee	Costo medio Milioni di Euro/km
Italia	564	32	647	45
Francia	1548	10	990	13
Spagna	1030	9	1490	15

Fonte: Rete Ferrovie Italiane

Si sottolinea inoltre che in Italia sono stati costruiti poco più di 500 km di infrastruttura ferroviaria ad alta velocità/alta capacità, circa un terzo di quella francese e metà di quella spagnola e che le linee in progettazione o in realizzazione avranno dei costi per chilometro di circa il 50% superiori a quelle già realizzate.

1.4 L'incidentalità

La sicurezza è un problema di tutti i settori dei trasporti, ma le dimensioni del fenomeno si differenziano per le diverse modalità: da un lato vi sono il trasporto aereo, ferroviario e marittimo, generalmente più organizzati e sottoposti a forti controlli automatici, centralizzati e standardizzati, d'altro il trasporto su gomma, dove invece la sicurezza dipende dai singoli soggetti e il numero di incidenti, le vittime ed i danni materiali risultano essere molto più elevati; pertanto nel seguito del paragrafo verrà data maggiore rilevanza a questo settore. La stima dei costi sociali degli incidenti stradali per il 2007 risulta pari a 30.386 milioni di euro che rappresenta circa il 2% del PIL dello stesso anno.

1.4.1 Incidenti stradali

In Italia la rilevazione degli incidenti stradali a livello nazionale è compito di diversi enti: Ministero dell'Interno e dei Trasporti [16], Automobile Club d'Italia (ACI), Polizia stradale, Carabinieri, Polizie municipali, uffici statistici

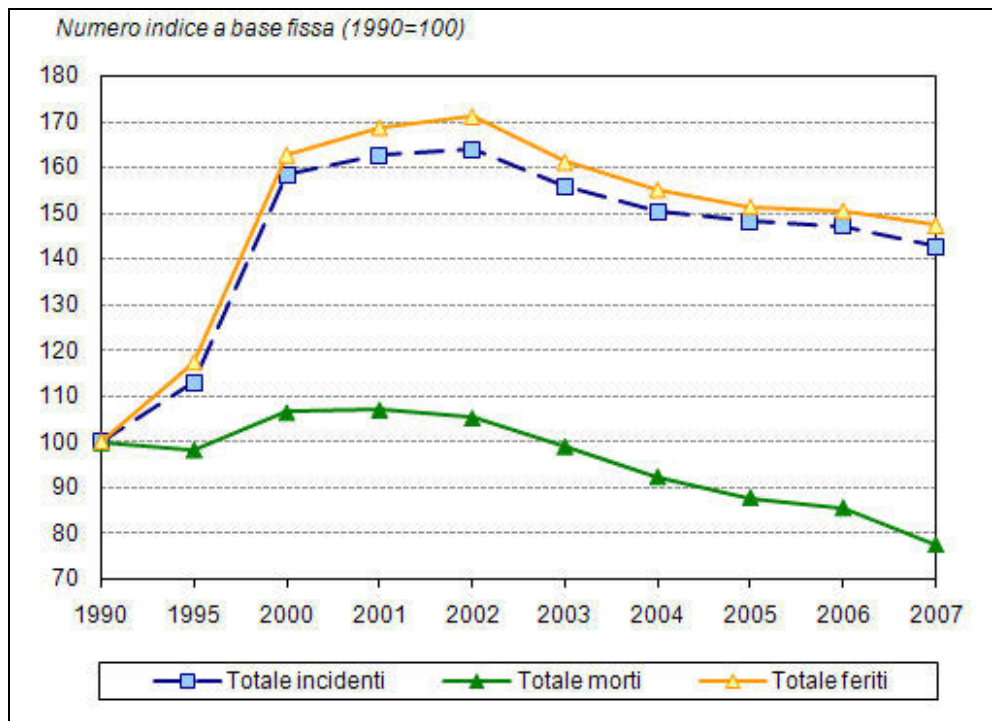
locali che hanno sottoscritto una convenzione con Istat che ha il compito di raccogliere, controllare e registrare i dati.

L'ultimo rapporto annuale ISTAT-ACI sugli incidenti stradali nel 2007 [17], presenta un quadro più positivo di quello del 2006: -9,5% dei decessi (5.131), -2% dei feriti (325.850) e -3% degli incidenti (230.871), confermandosi così il trend decrescente degli ultimi anni (Figura 1.34) iniziato nel 2003, probabilmente favorito dall'entrata in vigore della Legge n. 151 del 27 giugno 2003 che ha introdotto nuove regole del codice stradale tra cui la patente a punti.

I dati dell'Aiscat (ancora provvisori) sul 2008 indicano una ulteriore riduzione dei decessi del 16,8% (352) rispetto all'anno precedente lungo i 5.600 chilometri della rete autostradale delle 24 concessionarie che aderiscono all'Aiscat. Sempre secondo i dati ancora provvisori sulla rete autostradale a pedaggio nel 2008 ci sono stati 8.344 incidenti (-12,4%) di cui 301 incidenti mortali (-15,4%), i feriti sono stati 13.842, in calo del 14,4%.

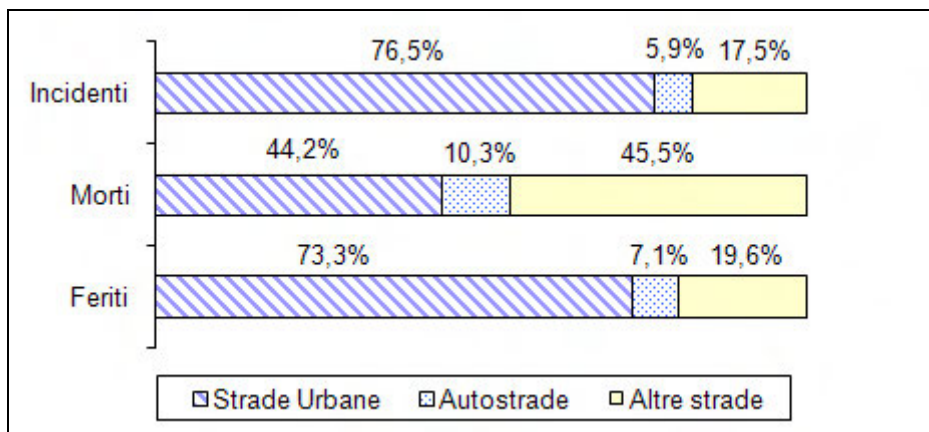
Sicuramente hanno contribuito a migliorare il quadro dell'incidentalità autostradale i maggiori controlli, il sistema "Tutor" e la patente a punti.

Figura 1.34: Andamento incidentalità stradale in Italia



Fonte: elaborazione dati ISTAT

Figura 1.35: Incidentalità secondo l'ambito stradale. Anno 2007



Fonte: dati ISTAT

Nel periodo 2000–2007, si è pertanto registrato un decremento del 10% per quanto riguarda il numero di incidenti, del 9,5% per i feriti e del 27,3% per quanto riguarda il numero di morti in incidente. Va sottolineato che, nello stesso periodo, il parco veicolare è cresciuto del 15,7%.

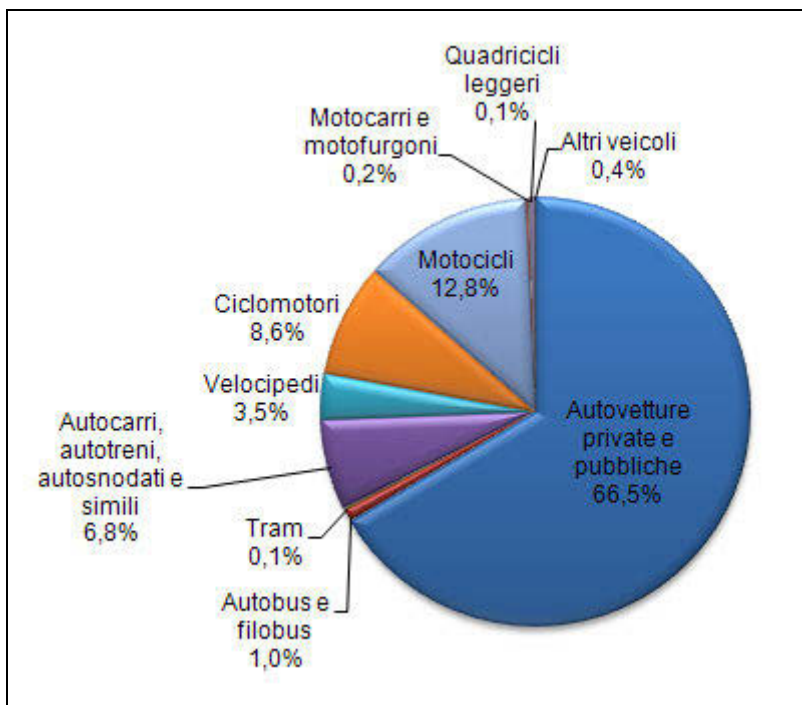
Sebbene si registri una diminuzione del numero di incidenti, purtroppo aumenta il numero di motociclisti coinvolti in incidenti stradali che ormai costituiscono il 30% della mortalità stradale. Dato ancora più sconcertante se si pensa che i veicoli a due ruote costituiscono il 19% circa del parco circolante e solo il 4% dei km totali della mobilità.

In crescita anche le vittime fra i ciclisti, con 352 morti nel 2007; diminuisce invece sensibilmente la mortalità dei pedoni con 627 vittime, -17% rispetto al 2006.

La ripartizione per il diverso contesto territoriale riportata in Figura 1.35 evidenzia che l'ambito urbano è il luogo in cui si verifica il maggior numero di incidenti e di feriti che in entrambi i casi supera il 70% del totale, la notte risulta essere il momento in cui si registrano gli incidenti più gravi.

Nella successiva Figura 1.36 è riportata la ripartizione percentuale per tipologia di veicolo coinvolto in incidenti stradali per l'anno 2006 (ultimo dato disponibile); i veicoli per il trasporto di merci rappresentano il 6,8% dei veicoli coinvolti in incidenti stradali.

Figura 1.36: Ripartizione percentuale degli incidenti stradali per tipo di veicolo. Anno 2006



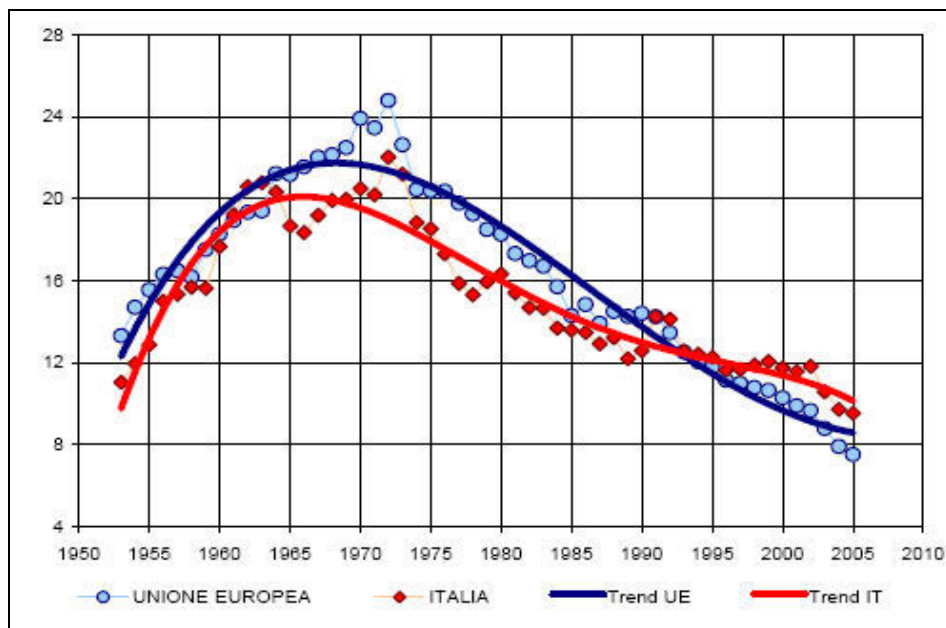
Fonte: dati ACI 2006

1.4.1.1 Gli incidenti stradali nell'Unione Europea

Secondo le stime pubblicate nel 2004 dall'OMS [18] ogni anno in tutto il mondo muoiono circa 1,2 milioni di persone in incidenti stradali e circa 50 milioni rimangono ferite; nella sola Unione Europea, si registrano circa 1,3 milioni di incidenti stradali all'anno che provocano 40 mila morti e 1,7 milioni di feriti. Gli incidenti stradali risultano essere la prima causa di morte fra i giovani, a livello mondiale muoiono ogni giorno più di 1000 ragazzi al di sotto dei 25 anni [19], in Italia gli incidenti stradali sono la prima causa di morte per i giovani tra i 14 e i 40 anni.

Il tasso di mortalità italiano, espresso in termini di numero di vittime/100.000 abitanti, come già evidenziato, presenta una riduzione tra il 1990 e il 2005 (Figura 1.37) però se lo si confronta alla media europea, il miglioramento risulta decisamente esiguo; mentre fino al 1990 i tassi di mortalità italiani risultavano nettamente inferiori a quelli medi europei, dal 1991 in poi la curva italiana supera quella della media europea e se ne allontana sempre più, fino a registrare oltre 2 morti per 100.000 abitanti in più rispetto ai valori medi dell'UE15.

Figura 1.37: Trend del tasso di mortalità in Italia ed in Europa a 15



Fonte: elaborazioni RST su fonti varie

Nel triennio 2003-2005 Francia, Danimarca, Norvegia, Lussemburgo, Portogallo, Estonia e Olanda hanno avuto riduzioni di mortalità medie annue comprese tra l'8% e il 10%, l'Italia ha registrato riduzioni medie annue comprese tra il 6% e l'8% [20], concomitanti con l'introduzione della patente a punti.

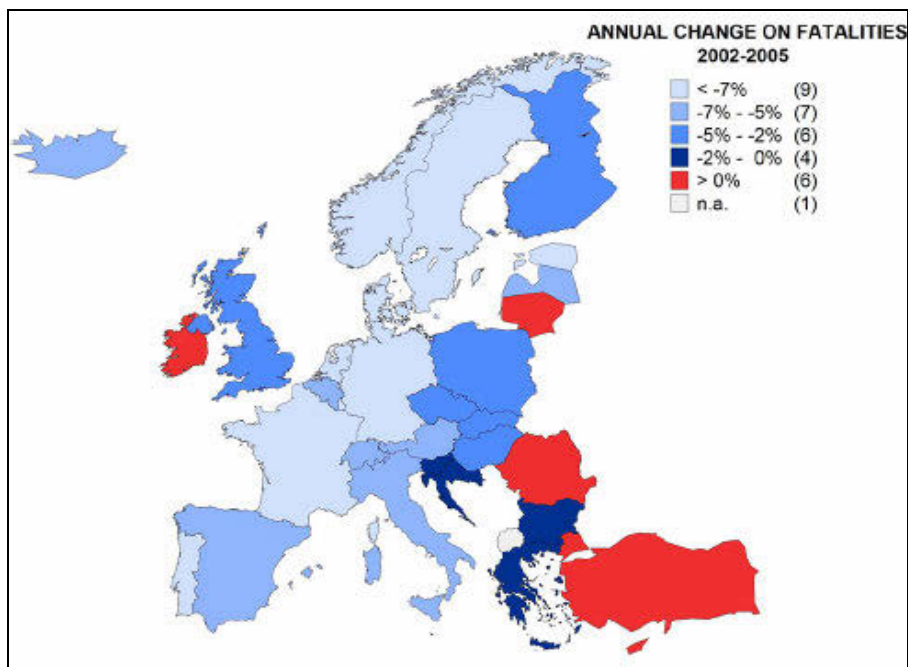
Nella successiva Figura 1.38 è riportata una mappatura della variazione media annua di morti per il periodo 2002-2005 in Europa.

Il Libro Bianco del 2001 fissa l'obiettivo, al 2010, di riduzione della mortalità del 50% rispetto al 2000. L'andamento negli anni della mortalità causata da incidenti stradali e le proiezioni al 2010 sono riportate in Figura 1.39.

Relativamente all'arco temporale 2000-2007 si registra una riduzione percentuale media per l'Europa del -24,8%. I paesi più vicini al raggiungimento dell'obiettivo sono Portogallo (-48%), Lussemburgo (-43%), Francia (-42%) i più lontani i paesi dell'Est, tra i quali il risultato migliore è quello della Repubblica Ceca con -17,8%, l'Italia ha avuto una riduzione del -27,3%.

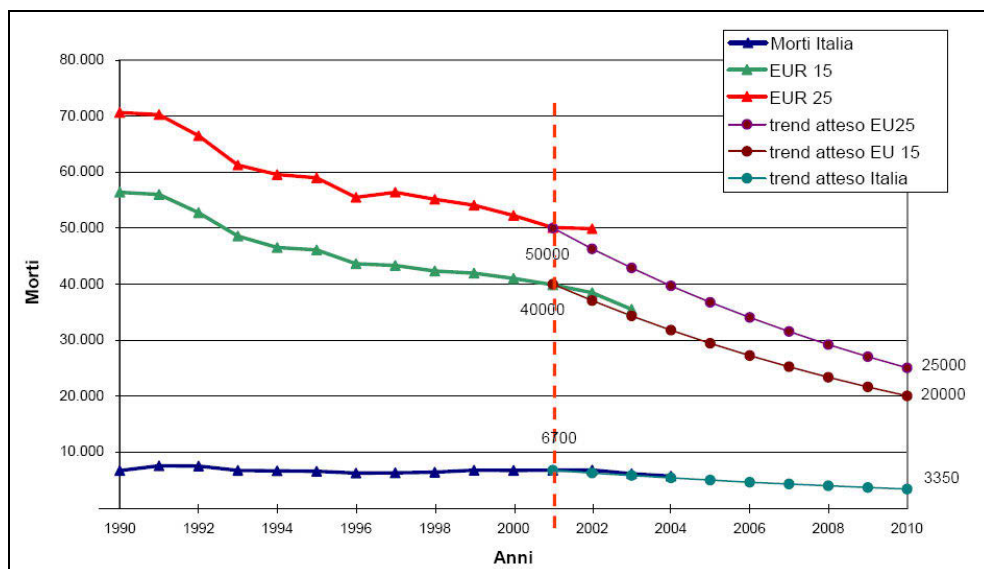
Importante sottolineare che nel 2007 si è registrata per l'Europa una riduzione solo dell'1,2% rispetto all'anno precedente, inoltre molti paesi hanno invertito il proprio trend, tra questi la Repubblica Ceca con +14,9, la Danimarca +32,7, Lussemburgo +19,4, mentre l'Italia ha registrato una riduzione del 9,5%.

Figura 1.38: Variazione annuale di morti per incidenti stradali in Europa



Fonte: Eurosafe

Figura 1.39: Evoluzione mortalità negli anni e trend atteso in Europa ed in Italia



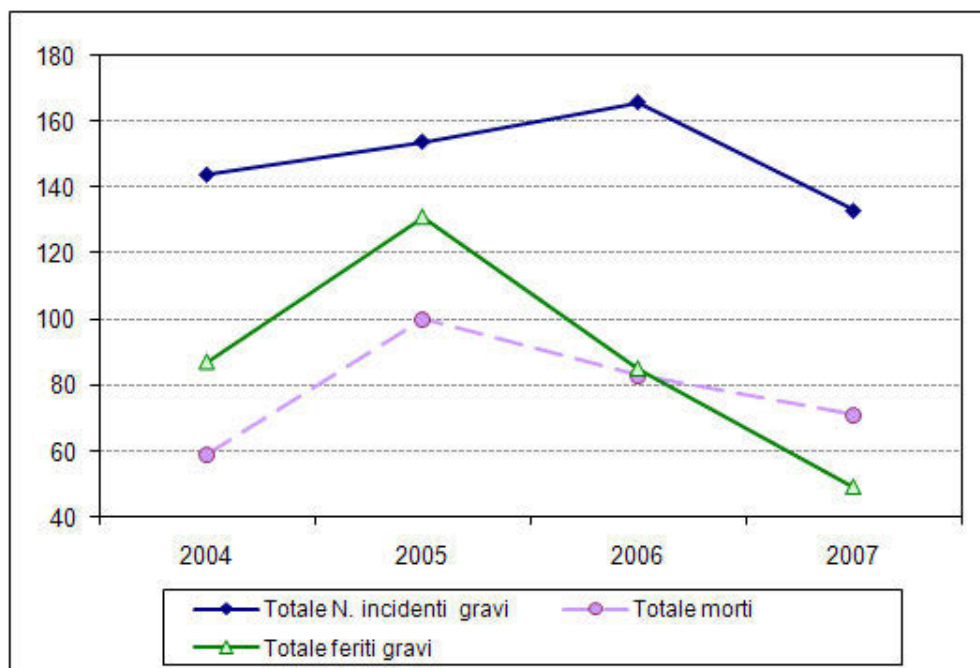
Fonte: Università di Genova

1.4.2 Incidenti negli altri modi di trasporto

I dati sull'incidentalità ferroviaria relativi a tutte le imprese del settore rilevati dall'ISTAT indicano un calo del numero di incidenti nel 2007 rispetto all'anno precedente come si evidenzia in Figura 1.40, nella quale è riportato l'andamento dal 2004 al 2007 del totale di incidenti gravi²³ nel trasporto ferroviario e dei conseguenti morti e feriti gravi.

Per quanto riguarda il settore aereo, il totale degli eventi (inconvenienti, incidenti e inconvenienti gravi²⁴) nel 2006 ammonta ad oltre 1000 unità e rispetto al 2001 si è avuta una crescita di circa il 200%. I soli incidenti sono cresciuti dal 2001 al 2006 del 45% (Tabella 1.30).

Figura 1.40: Andamento incidentalità ferroviaria italiana



Fonte: elaborazione dati ISTAT

²³ Definizioni ISTAT: "Incidente ferroviario grave: qualsiasi incidente che, coinvolgendo almeno un veicolo ferroviario in movimento, causa un decesso o un ferito grave, e/o danni significativi a materiale, binari, altri impianti o all'ambiente (per un valore superiore a 150.000 euro), e/o un'interruzione prolungata del traffico (maggiore di sei ore o in cui i passeggeri siano stati trasferiti su un altro treno. Morto: persona deceduta sul colpo o entro 30 giorni a causa di un incidente. "

²¹ Definizione ISTAT: "Ferito grave: qualsiasi ferito ospedalizzato per più di 24 ore a causa di un incidente. Sono esclusi i tentativi di suicidio."

²⁴ Per le esatte definizioni di "incidente", "inconveniente" e "inconveniente grave" si rimanda al citato Decreto Legislativo n. 66 del 25 febbraio 1999.

Tabella 1.30: Inconvenienti e incidenti aerei. Anni 2001–2006

Anno	Incidenti	Inconvenienti	Inconvenienti gravi	Totali eventi
2001	68	248	35	351
2002	62	203	31	296
2003	67	273	18	358
2004	75	291	43	409
2005	86	629	65	780
2006	99	887	65	1.051

Fonte: Ministero dei Trasporti, ANSV - "Rapporto informativo sull'attività svolta dall'Agenzia. Anno 2006". Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

Per il settore marittimo si evidenzia un andamento discontinuo dei dati, con una tendenza, negli ultimi anni, all'aumento del numero di sinistri (fino al 2005) a cui si contrappone il contenimento dei livelli di mortalità, a fronte di cifre molto basse relativamente al numero di navi perdute (Tabella 1.31).

La rilevazione dei dati sull'incidentalità nei trasporti marittimi prende in considerazione i sinistri che hanno interessato navi commerciali e da pesca con stazza superiore alle 100 tonnellate.

Tabella 1.31: Sinistri a navi commerciali italiane ed estere in acque territoriali italiane o limitrofe

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Sinistri	78	90	68	80	97	119	100
Navi perdute	3	0	0	3	1	0	1
Feriti	0	11	13	54	8	14	16
Morti	16	0	4	2	4	3	1

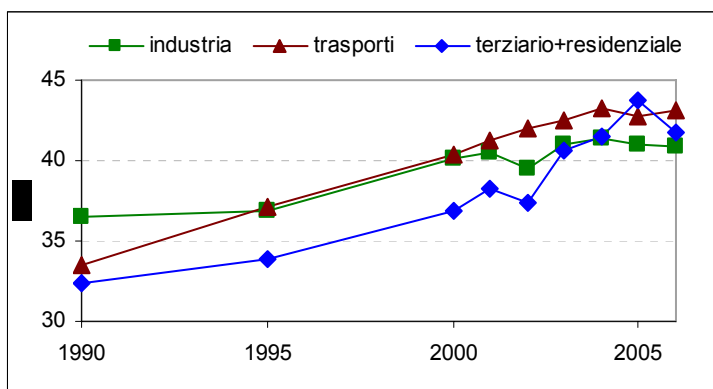
Fonte: Ministero dei Trasporti, Capitanerie di Porto. Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007

1.5 Caratterizzazione energetica del settore

1.5.1 Situazione italiana

Dal 1995 al 2006 quello dei trasporti è stato il settore degli usi finali più energivoro, consumando più sia del settore industriale sia del settore civile, eccezione fatta per l'anno 2005 quando il settore civile ha presentato un picco notevole, in un contesto di crescita generalizzata.

Figura 1.41: Consumi energetici per i settori economici: industria, trasporti, civile



Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

I consumi dei trasporti sono cresciuti ad un tasso medio di circa 2,3% l'anno sino al 2004, quando i valori si sono stabilizzati intorno ad un valore di 43 Mtep/anno (anno 2006), pari al 34% del totale degli usi finali (Figura 1.41).

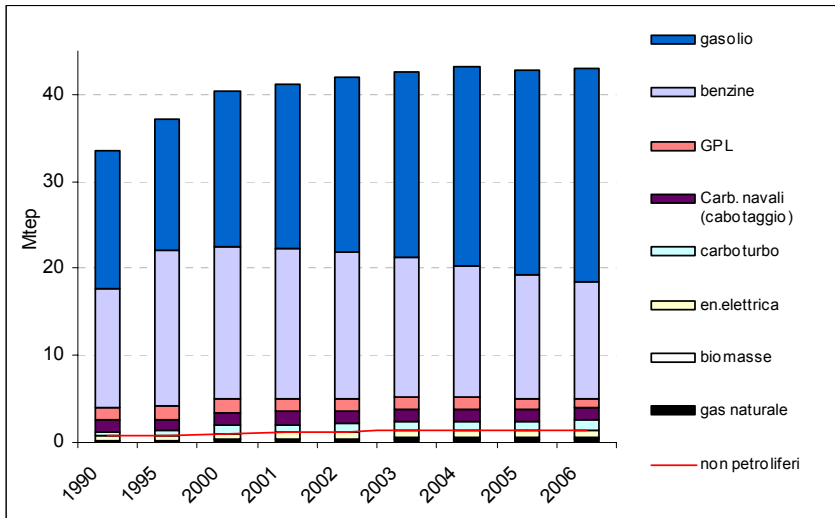
I trasporti sono anche un settore di usi energetici totalmente dipendente dai prodotti petroliferi, sebbene anche sotto questo profilo si vedono segnali positivi, visto che la percentuale del consumo di prodotti petroliferi tende lentamente a ridursi: era pari a 97,8% nel 1990 è diventata pari a 96,6% nel 2006.

Analizzando l'andamento dei consumi delle diverse fonti energetiche, si osserva una chiara inversione nell'utilizzo di benzina e gasolio, che torna ad essere il carburante più utilizzato dal settore (Figura 1.42) dopo lungo tempo, grazie ad una politica di promozione dell'acquisto di veicoli Diesel perseguita in questi ultimi anni dal Governo per agevolare una maggiore efficienza energetica del parco veicolare stradale.

Nell'istogramma di Figura 1.42 sono anche evidenziate le variazioni delle fonti minori: il carboturbo aumenta e il GPL diminuisce. La linea rossa demarca i consumi della somma delle fonti non petrolifere (gas naturale, biomasse ed energia elettrica).

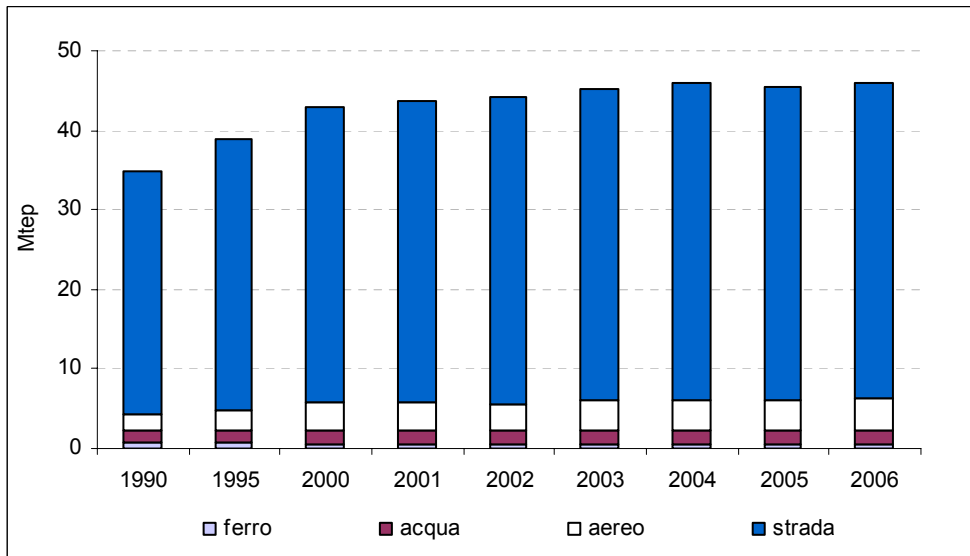
Più del 95% dei consumi del settore sono legati alla modalità stradale, che sostanzialmente regola l'andamento dei consumi complessivi; l'incidenza percentuale di questa modalità sui consumi complessivi tende ad aumentare nel tempo mettendo in evidenza così la circostanza per cui la quasi totalità della crescita del traffico è assorbita proprio dal trasporto stradale; il fenomeno, tuttavia, presenta una stabilizzazione a partire dal 2002 (Figura 1.43).

Figura 1.42: Andamento dei consumi delle diverse fonti energetiche



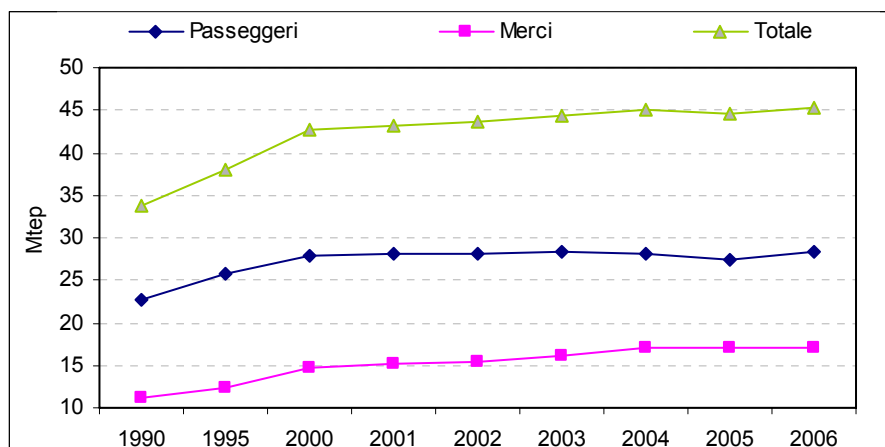
Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

Figura 1.43: Andamento dei consumi per modalità di trasporto



Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

Figura 1.44: Andamento consumi passeggeri e merci



Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

Circa i 2/3 (circa 26 Mtep/anno) dei consumi del settore è legato al trasporto passeggeri, la restante parte (circa 16 Mtep) al trasporto merci; i due segmenti di consumo hanno presentato un andamento pressoché parallelo, il primo essendo legato soprattutto alla popolazione e al reddito, il secondo alla produttività del paese.

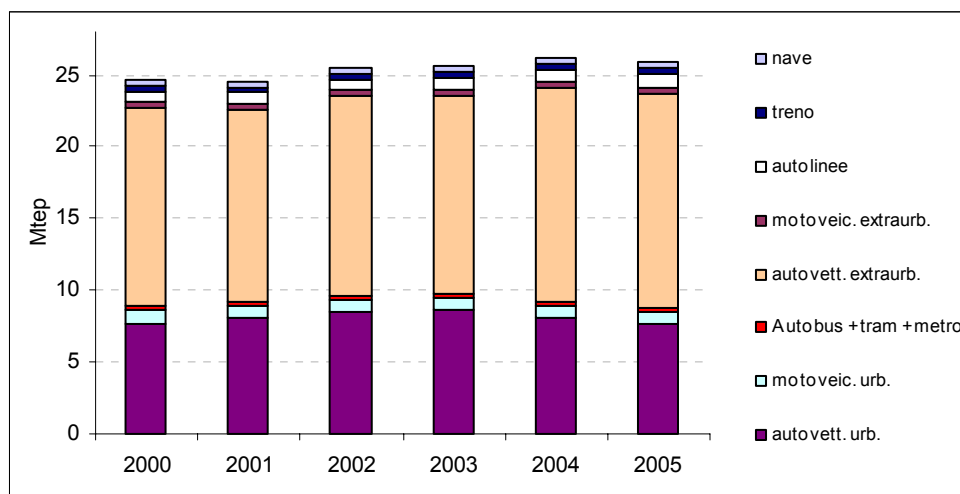
Per il consumo imputabile al trasporto passeggeri si riscontra una fase di sostanziale stabilità a partire dal 2002, se non di lieve diminuzione, per quello merci la crescita continua sino al 2004 e poi si stabilizza (Figura 1.44).

La modalità di trasporto stradale rappresenta il 94% dei consumi del trasporto passeggeri, senza sensibili variazioni nel corso degli anni. In particolare il trasporto stradale di natura privata (autovetture e motocicli) costituisce l'89% dei consumi del settore.

Negli ultimi anni si assiste ad uno spostamento dei consumi della mobilità privata dall'ambito urbano a quello extraurbano per effetto della dispersione delle residenze (Figura 1.45).

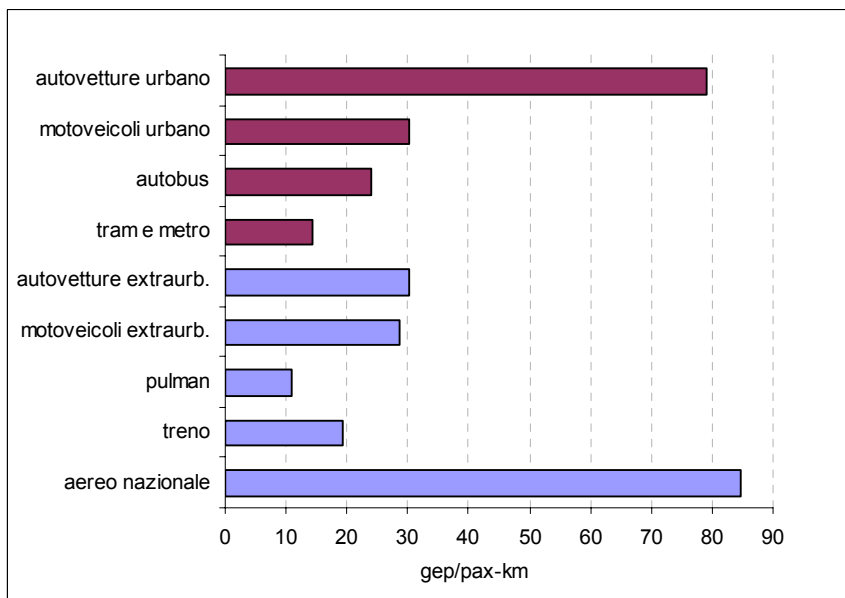
La distribuzione delle intensità energetiche dei diversi segmenti della domanda passeggeri riportata nel grafico seguente (Figura 1.46) evidenzia la bassa efficienza del trasporto stradale individuale, particolarmente in ambito urbano, dove i consumi unitari sono penalizzati sia dalla congestione della rete sia da un coefficiente di utilizzazione molto basso (inferiore a 1,3 occupanti per autovettura).

Figura 1.45: Consumi passeggeri per segmento di domanda



Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

Figura 1.46: Intensità energetica trasporto passeggeri per segmenti di domanda²⁵



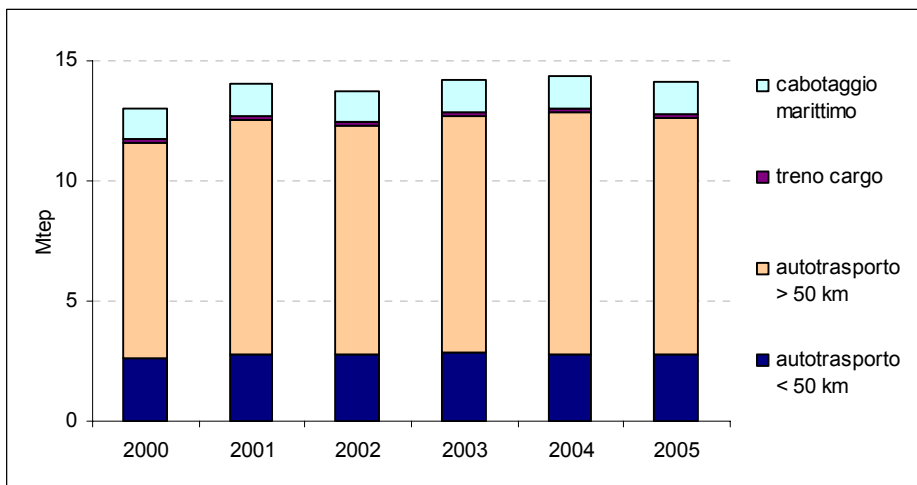
Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

²⁵ gep/pax-km = grammi equivalenti di petrolio/passeggeri-km.

Anche nel settore del trasporto merci l'autotrasporto presenta i maggiori consumi, in crescita dall'85,6% del 2000 all'86,6% del 2005. Il trasporto merci per via marittima o su rotaia continua a costituire una percentuale minimale dei consumi finali. Nel 2005 costituiscono solo rispettivamente quasi il 12% ed il 2% dei consumi totali del settore (Figura 1.47).

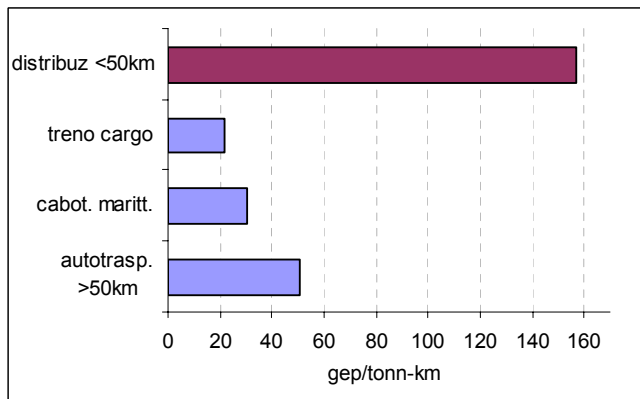
La distribuzione (ultimo miglio) presenta la maggiore intensità energetica di tutto il settore del trasporto merci, addirittura dieci volte maggiore di quella del trasporto su rotaia (Figura 1.48) che rappresenta il minimo. Questo valore evidenzia bene il fatto che i mezzi di distribuzione, soprattutto in ambito urbano, viaggiano mediamente scarichi.

Figura 1.47: Consumi trasporto merci per segmento di domanda



Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

Figura 1.48: Intensità energetica trasporto merci per segmenti di domanda

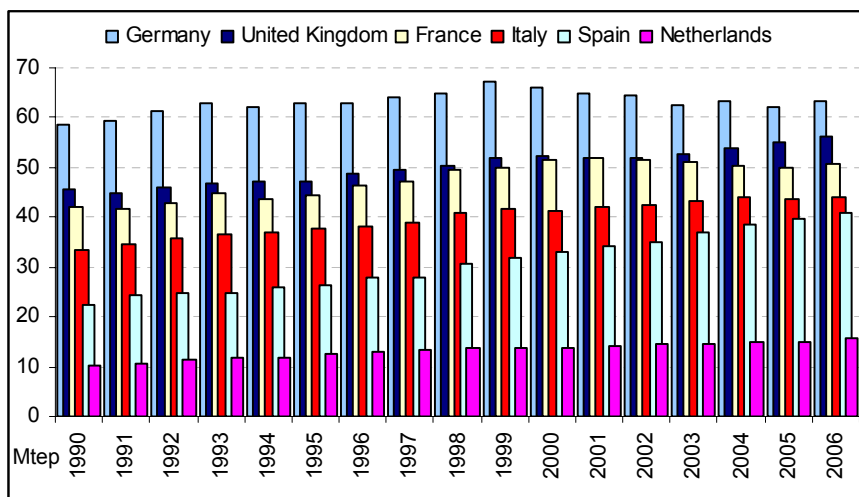


Fonte: elaborazione ENEA su dati BEN e APAT

1.5.2 Confronti internazionali

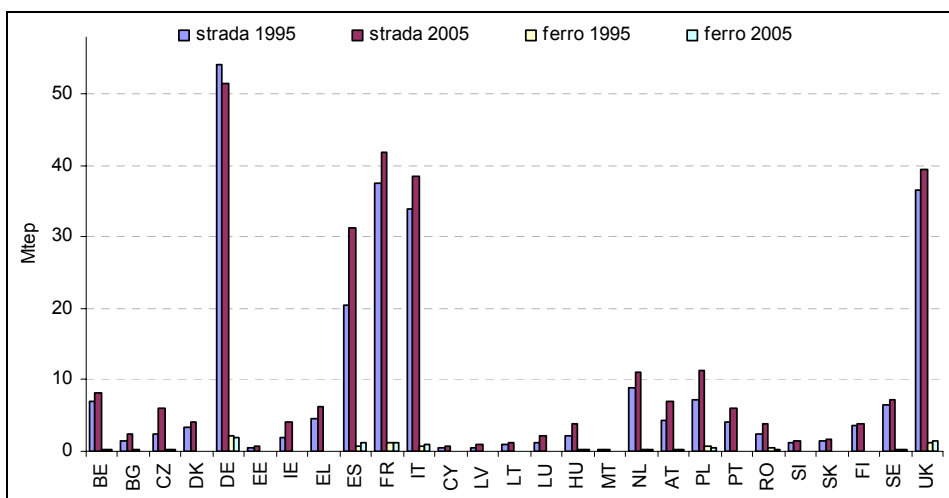
L'Italia con il 12% dei consumi totali europei si pone al quarto posto nella classifica dei paesi dell'Europa a 25 dopo Germania, Regno Unito e Francia. In Figura 1.49 viene riportato l'andamento temporale dei consumi energetici nei 6 paesi europei con i consumi maggiori. In tutti i paesi dell'Europa a 27 i consumi imputabili al trasporto su gomma sono nettamente superiori (Figura 1.50), in aumento dal 1990 al 2006 per tutti i paesi tranne la Germania.

Figura 1.49: Consumi energetici dei trasporti nei 6 paesi europei con i consumi più alti



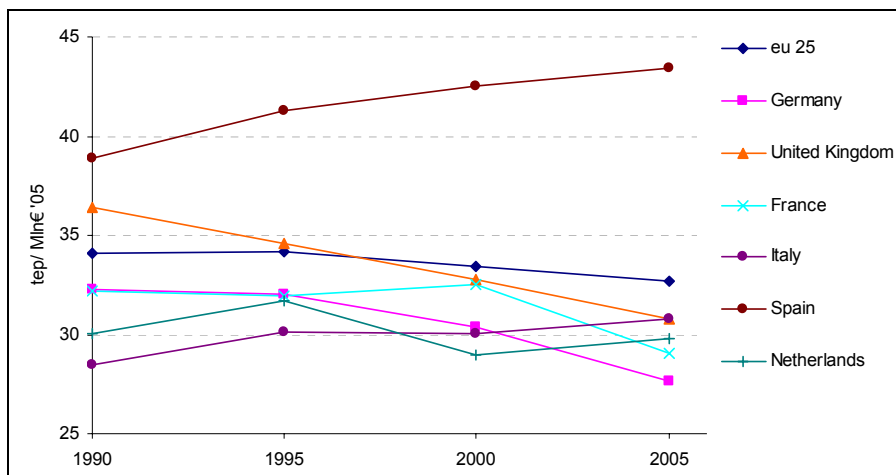
Fonte: Eurostat

Figura 1.50: Confronto consumi su strada e su ferro per l'Europa a 27. Anni 1995-2005



Fonte: Eurostat

Figura 1.51: Intensità energetica su PIL concatenato all'euro 2005

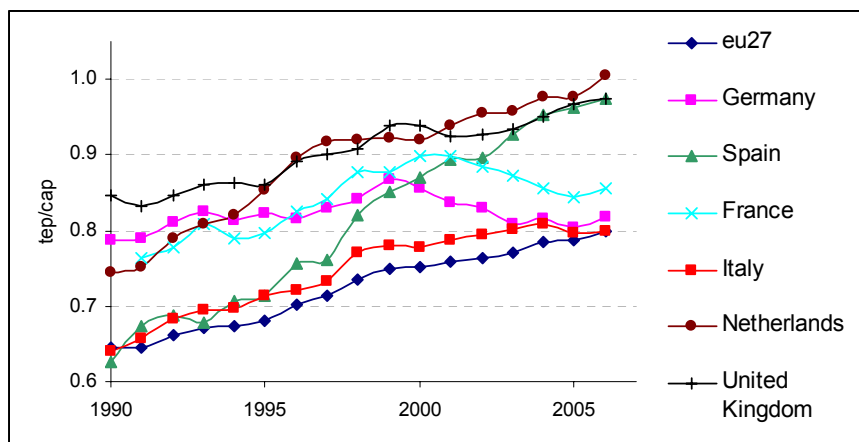


Fonte: PRIMES

Osservando però il valore dell'intensità energetica calcolata sul PIL (Figura 1.51), si nota che l'Italia rimane ancora sotto la media europea, nonostante la tendenza al rialzo dell'intensità energetica nazionale ed al ribasso di quella comunitaria.

In Figura 1.52 è riportato l'andamento dei consumi pro capite del settore trasporti dell'EU27 e dei 6 paesi europei più energivori in questo settore. L'Italia ha un andamento simile a quello complessivo dell'UE, in flessione dal 2004. L'intensità energetica del trasporto passeggeri nazionale misurata per unità di traffico (passeggeri-km) è sui livelli europei più bassi.

Figura 1.52: Andamento intensità energetica pro capite in Europa

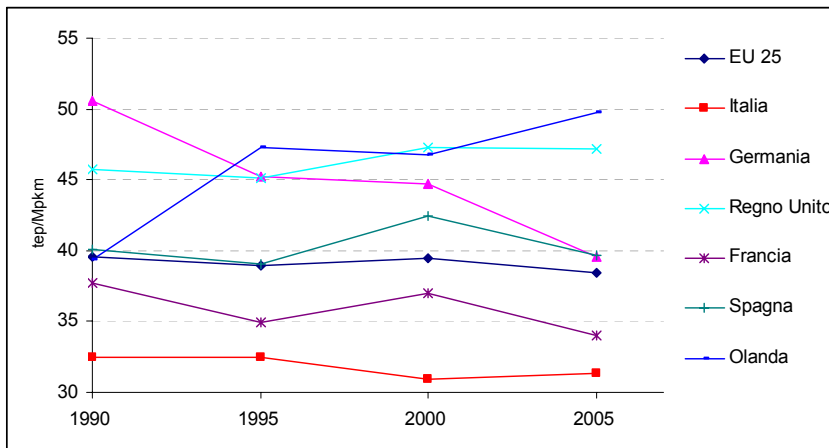


Fonte: Eurostat

Dopo quasi un decennio di crescita costante dei consumi specifici del trasporto merci ad un tasso del 2,3% annuo, dal 2004 si assiste ad una stabilizzazione dei consumi del settore (Figure 1.53 e 1.54).

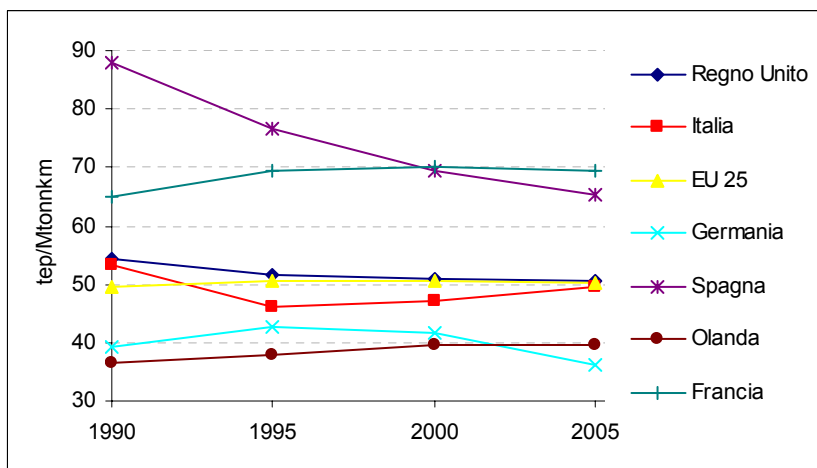
L'intensità energetica del trasporto merci nazionale misurata per unità di traffico (t-km) è in linea con la media dell'Europa a 25, analoga a quella del Regno Unito, più alta di Olanda e Germania, ma inferiore a Francia e Spagna.

Figura 1.53: Consumi specifici del trasporto passeggeri



Fonte: PRIMES

Figura 1.54: Consumi specifici del trasporto merci



Fonte: PRIMES

1.6 Impatto ambientale del settore

1.6.1 La normativa

Gli inquinanti atmosferici emessi dal settore trasporti che hanno effetti sulla salute e sugli ecosistemi e per i quali sono stati fissati limiti e imposti controlli da protocolli e direttive internazionali sono: gli ossidi di zolfo (SO_x), gli ossidi di azoto (NO_x), i composti organici volatili non metanici (COVNM), il materiale particolato (PM), il piombo (Pb) e il benzene (C_6H_6).

La Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero (1979), il Protocollo di Göteborg (1999) e la Direttiva NEC (National Emission Ceiling) (2002) pongono degli obiettivi di riduzione delle emissioni delle sostanze acidificanti (SO_x e NO_x), dell'ammoniaca (NH_3), e dei precursori dell'ozono troposferico (NO_x e COV). Altrettante direttive e raccomandazioni comunitarie fissano obiettivi di riduzione di emissioni per PM, benzene e monossido di carbonio (CO). L'ultima direttiva adottata dal Parlamento europeo a dicembre 2007 include, per la prima volta, anche le polveri sottili ($\text{PM}_{2,5}$).

Le direttive comunitarie in materia di qualità dell'aria (Direttiva Quadro 1996/62/CE, Direttive "figlie") e i relativi recepimenti nella normativa italiana (DLgs 351/1999, DM 60/2002, DLgs 183/2004) impongono il rispetto di valori limite a lungo termine sulle concentrazioni dei diversi inquinanti presenti in atmosfera, fissando dei limiti intermedi per permettere agli Stati membri la messa in opera di azioni necessarie al raggiungimento di detti valori nei termini prescritti.

Per quanto riguarda il settore trasporti, le emissioni di inquinanti dai veicoli stradali sono regolamentate a livello comunitario in base alla categoria veicolare. Per i veicoli leggeri (autovetture e veicoli commerciali leggeri) è in vigore lo standard "Euro IV", ma dal 2007 sono stati adottati anche gli standard "Euro V" ed "Euro VI", che entreranno in vigore rispettivamente nel settembre 2009 e nel gennaio 2014, per un'ulteriore riduzione delle emissioni di particolato e di ossidi di azoto per i veicoli Diesel, e delle emissioni di ossidi di azoto e di idrocarburi per i veicoli a benzina. Per i veicoli pesanti (autocarri e autobus), le direttive 2005/55/EC e 2005/78/EC definiscono lo standard "Euro IV" e l'"Euro V", in vigore dall'ottobre 2008; il nuovo standard "Euro VI" è in corso di preparazione. Sono state emanate direttive comunitarie anche per i controlli periodici sullo stato di manutenzione dei veicoli in uso. In ultimo l'Italia ha recepito, a settembre 2007, anche la direttiva comunitaria relativa alle emissioni degli impianti di condizionamento d'aria dei veicoli a motore.

Inoltre vari decreti legislativi dal 2005 al 2007 sono stati varati dal Governo Italiano per attuare le direttive della CE sui limiti al tenore di zolfo di benzina e gasolio e al tenore di aromatici nelle benzine, mentre per quanto riguarda il tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo, un nuovo decreto legislativo del 2007 ha introdotto un limite massimo pari all'1,5% per il gasolio e olio

Diesel marino. La qualità del bunker viene dibattuta anche in ambito internazionale, con proposte di ulteriori riduzioni del tenore di zolfo dei prodotti distillati come combustibile per le navi da imporre per il 2010 e 2015.

Tabella 1.32: Valori limite di concentrazione degli inquinanti per la protezione della salute umana, fissati dalla normativa in vigore

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza
<i>SO_x - valori limite di concentrazione ai sensi del DM 60/2002</i>			
Valore limite orario	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	
Valore limite giornaliero	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	
<i>PM₁₀ - valori limite di concentrazione ai sensi del DM 60/2002</i>			
Valore limite giornaliero	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	
Valore limite annuale	Anno civile	40 µg/m ³	
<i>NO₂ - valori limite di concentrazione ai sensi del DM 60/2002 - da raggiungere entro il 1° gennaio 2010</i>			
Valore limite orario	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	50% del valore limite, pari a 100 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010
Valore limite annuale	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	50% del valore limite, pari a 20 µg/m ³ all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010
<i>O₃ - Limiti normativi ai sensi del D.Lgs 183/2004</i>			
Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m ³	
Obiettivo a lungo termine protezione Salute umana	8 ore	120 µg/m ³	
<i>C₆H₆ - valori limite di concentrazione ai sensi del DM 60/2002 - da raggiungere entro il 1° gennaio 2010</i>			
Valore limite per la protezione salute umana	Anno civile	5 µg/m ³	100% del valore limite, pari a 5 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2006 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010

1.6.2 Le emissioni di inquinanti e la qualità dell'aria

Il rinnovo del parco veicolare, incentivato da politiche adottate dai paesi europei, con i nuovi standard emissivi, ha portato a riduzioni di emissioni anche molto consistenti per la quasi totalità degli inquinanti, ma non sufficienti a realizzare gli obiettivi di protezione della salute e dell'ambiente prefissati dalle direttive europee, per l'effetto contrario dell'aumento del parco veicolare e delle percorrenze. Il trend di riduzione è omogeneo per tutti i paesi europei, tranne che per Germania e Regno Unito, in passato i più energivori nel settore trasporti, che sono riusciti a ridurre più di tutti gli altri, allineando i propri livelli emissivi agli altri paesi. L'Italia, più virtuosa dal punto di vista di consumi pro capite, ha una riduzione in linea con la media europea a causa di un ridotto rinnovo del parco veicolare. L'unico paese che non riesce ad allinearsi al tasso di riduzione dell'Europa è la Spagna, a causa del forte aumento dei consumi degli ultimi 15 anni.

Il settore trasporti è la fonte principale di emissione in atmosfera di tutte le sostanze nocive, e quindi è causa determinante del deterioramento della qualità dell'aria.

Nonostante la forte riduzione delle emissioni negli ultimi anni, la qualità dell'aria nelle città non rispetta ancora i valori limite stabiliti dalla normativa europea e continua a determinare danni per la salute umana, sia in Italia che in Europa.

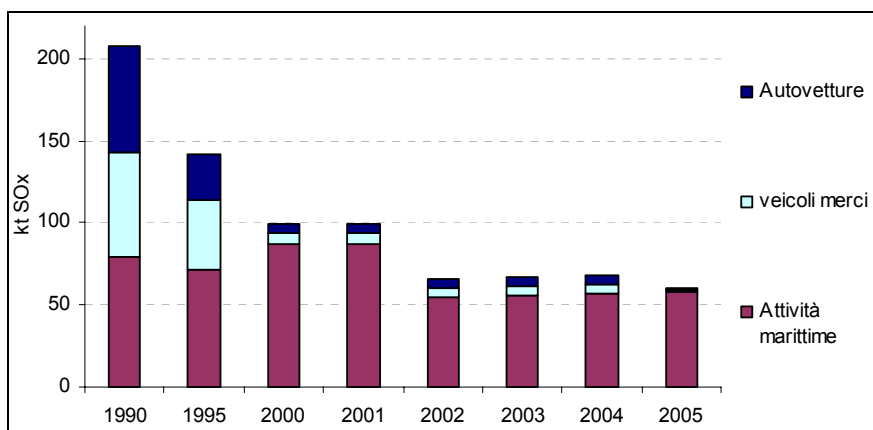
Come risulta dai dati pubblicati dall'APAT nel *IV Rapporto Sulla Qualità dell'Ambiente Urbano* [21] il trasporto è la fonte emissiva dominante nelle aree urbane per il PM₁₀, dal 30 al 60% per l'NO₂, la cui percentuale emessa dai trasporti è stata stimata superare il 50% in 18 città su 24, e per benzene e monossido di carbonio.

1.6.2.1 Ossidi di zolfo

Gli ossidi di zolfo sono inquinanti primari che possono essere trasportati a grandi distanze contribuendo all'inquinamento transfrontaliero, oltre che alla formazione di deposizioni acide, secche e umide e alla formazione di PM secondario.

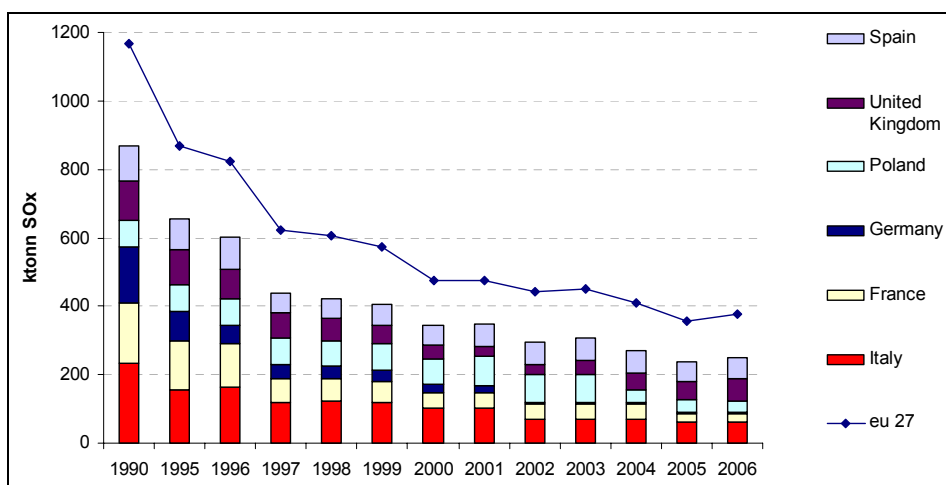
La riduzione del tasso di zolfo nel gasolio ha portato all'abbattimento delle emissioni delle autovetture e dei veicoli commerciali, di modo che dal 1990 le emissioni del settore trasporti sono diminuite del 70% (Figura 1.55). La fonte principale di SO_x è il trasporto marittimo, che contribuisce da solo al 14% delle emissioni nazionali, a causa dei carburanti con alto contenuto di zolfo utilizzati per la navigazione.

Figura 1.55: Andamento delle emissioni di SO_x



Fonte: APAT

Figura 1.56: Emissioni di SO_x del settore trasporti dell'Unione Europea a 27



Fonte: EEA

Il valore di riduzione delle emissioni di SO_x del settore trasporti italiano dal 1990 al 2006 è stato maggiore rispetto a quello registrato in Europa (-68% per l'EU27), Regno Unito e Spagna, che hanno ridotto con tassi inferiori al 40% e nel 2006 hanno superato l'Italia, che fino al 2005 era la maggiore emettitrice di SO_x dal settore trasporti (Figura 1.56).

Grazie all'abbattimento delle emissioni dal settore trasporti, sia nel 2005 che nel 2006 gli obiettivi di qualità dell'aria sono stati raggiunti sul territorio nazionale tranne che per 4 centraline su 222 nel 2005 e 2 su 247 nel 2006, tutte situate a Cagliari e di tipo industriale.

Nessuna centralina urbana, di tipo “traffico” ha superato i valori limite di concentrazione del SO₂ nell’aria ambiente²⁶. L’obiettivo è stato quasi raggiunto anche in Europa, dove risulta che solo l’1% della popolazione delle città europee è esposta a concentrazioni di SO_x superiori ai valori limite, legati fortemente alle condizioni meteorologiche [22].

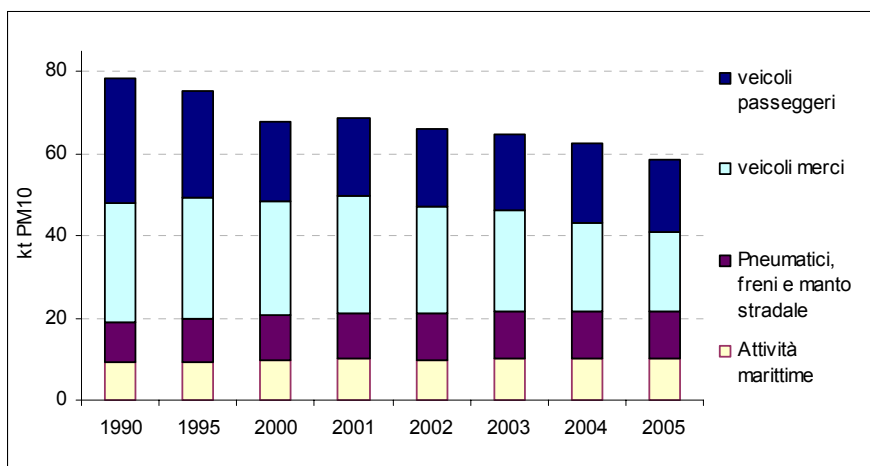
1.6.2.2 Particolato

Il PM₁₀, ovvero l’insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale ai 10 µm, rappresenta attualmente l’inquinante a maggior impatto sulla salute umana, soprattutto per quanto riguarda il PM_{2,5} (con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm), che riesce a penetrare in profondità nei polmoni.

Per il PM₁₀ primario, ossia quello emesso come tale direttamente dalla sorgenti in atmosfera (Figura 1.57), le emissioni sono diminuite, nel periodo 1990-2005, del 25%, diminuzione ripartita in ugual misura tra le autovetture e i veicoli pesanti. Sono dovute per il 30% ai veicoli commerciali e per il 26% alle autovetture, di cui la componente fine, il PM_{2,5} è preponderante.

È da sottolineare il fatto che la prima sorgente di PM₁₀ è proprio il trasporto, che contribuisce per il 43% sulle emissioni totali, di cui circa il 27% proveniente dal trasporto stradale.

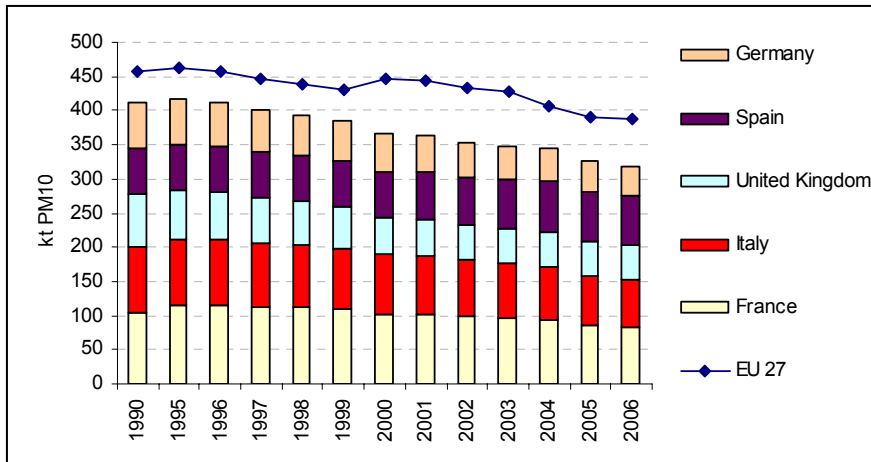
Figura 1.57: Andamento delle emissioni di PM₁₀



Fonte: APAT

²⁶ Valori limite entrati in vigore 2005, pari a 125 g/m³ da superare non più di 3 volte all’anno.

Figura 1.58: Emissioni di PM₁₀ dai trasporti dell'Unione Europea a 27



Fonte: EEA

L'Italia per le emissioni di PM₁₀ è seconda alla Francia, mentre il Regno Unito, terzo emettitore nel 1990, ha attuato una riduzione pari al 37% nel 2006, scendendo al di sotto dei livelli emissivi della Spagna.

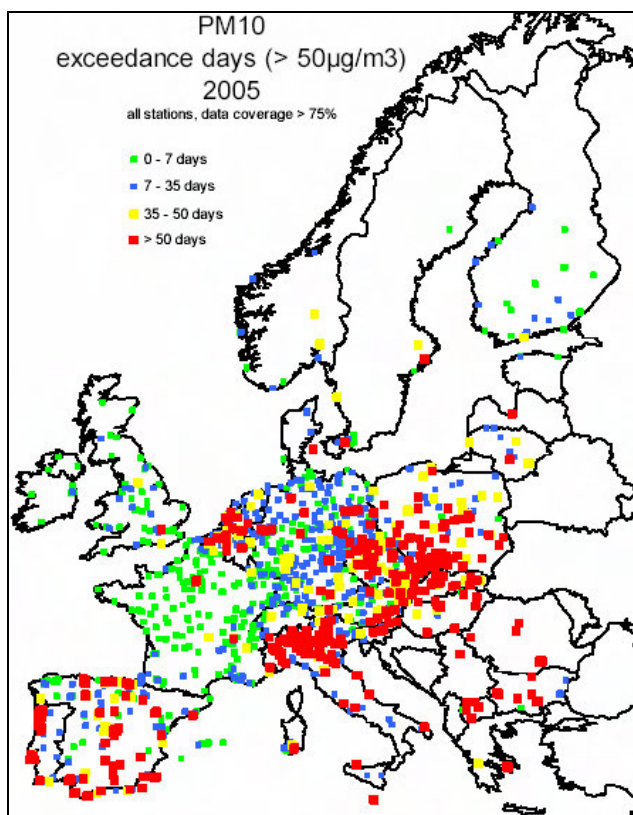
L'Europa a 27 nel suo complesso ha un tasso di riduzione delle emissioni di PM₁₀ inferiore, pari solo al 15% (Figura 1.58).

Per quanto riguarda gli obiettivi di qualità dell'aria per questo inquinante, l'Italia è molto lontana dal loro raggiungimento: sia nel 2005 che nel 2006 le percentuali di centraline che hanno registrato un numero di superamenti del limite giornaliero sono alte, il 59% e il 61% del totale, di cui più della metà sono di tipo traffico, per la maggior parte nella Pianura Padana.

Il problema è legato, anche per il PM, a problemi di condizioni meteorologiche, per cui gli obiettivi sono difficili da raggiungere nonostante le riduzioni di emissioni realizzate.

Dai dati del IV Rapporto APAT [21] si evidenzia che nel 2006 per il PM₁₀ sono state 13 città su 21 a registrare un numero di superamenti del limite giornaliero (50 µg/m³) maggiore di quello ammesso dalla normativa.

Figura 1.59: Numero di giorni di superamento dei limiti di PM₁₀



Fonte: ECC/ACC

La situazione critica riscontrata per le regioni della Pianura Padana in Italia, è registrata anche in vaste regioni dell'Europa (Figura 1.59): per il complesso degli aggregati urbani di alcuni paesi dell'ex-Est europeo (Ungheria, Repubblica Ceca, Polonia), per la regione del Benelux e per i conglomerati di costa della Penisola iberica.

Inoltre, in tutta Europa la situazione delle zone densamente popolate è particolarmente critica: oltre il 55% circa delle postazioni ubicate in prossimità delle arterie stradali ("traffico") superano le 35 eccezioni ammesse per legge (in cui si possono sfiorare i 50 µg/m³ giornalieri). Il complesso delle postazioni "traffico" e la gran parte di quelle genericamente definite come "urbane" (valori di fondo delle città) registrano comunque nell'arco di un giorno quantità superiori al limite normativo che dovrebbe essere rispettato da ogni singola centralina. Il contributo delle sorgenti naturali, quindi, non è affatto trascurabile, soprattutto per i paesi mediterranei, la cui componente di PM degli aerosol marini è consistente.

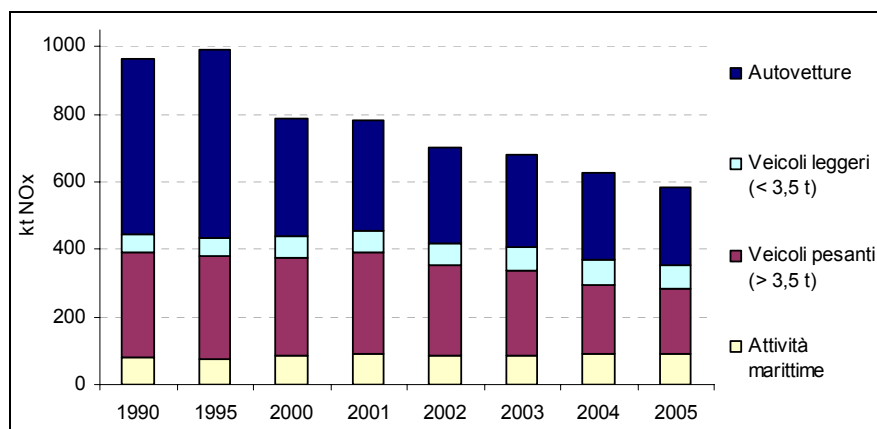
1.6.2.3 Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto (NO_x), miscela di biossido di azoto (NO_2) e di monossido di azoto (NO), contribuiscono direttamente a piogge acide e eutrofizzazione di vegetazione e acque. Il biossido di azoto (NO_2) è un gas tossico con forte potere irritante e ha effetti, acuti e cronici, sulla salute umana, a carico del sistema respiratorio. Gli NO_x sono inoltre determinanti per la formazione del particolato secondario, insieme a SO_x , ammoniaca e COVNM. In condizioni di forte radiazione solare, reagisce con i COVNM formando l'ozono troposferico, anch'esso causa di danni alla salute dell'uomo e all'ecosistema.

I trasporti ne sono la principale fonte di emissione con il 65% sul totale, di cui quelli stradali costituiscono circa il 45%.

La riduzione dal 1990 al 2005 è pari al 38% (Figura 1.60).

Figura 1.60: Andamento delle emissioni di NO_x



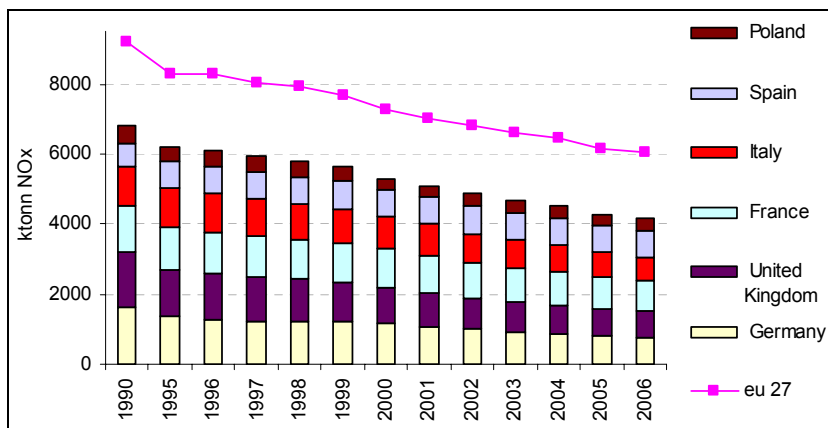
Fonte: APAT

Per l'Unione Europea a 27 il trend di riduzione al 2006 è del 34% (Figura 1.61) e il contributo maggiore, dopo la Francia, primo emettitore, è di Germania e Regno Unito, nonostante una diminuzione delle loro emissioni superiore al 50%.

Gli obiettivi di qualità dell'aria non sono stati raggiunti dall'Italia né dagli altri paesi europei (Figura 1.62).

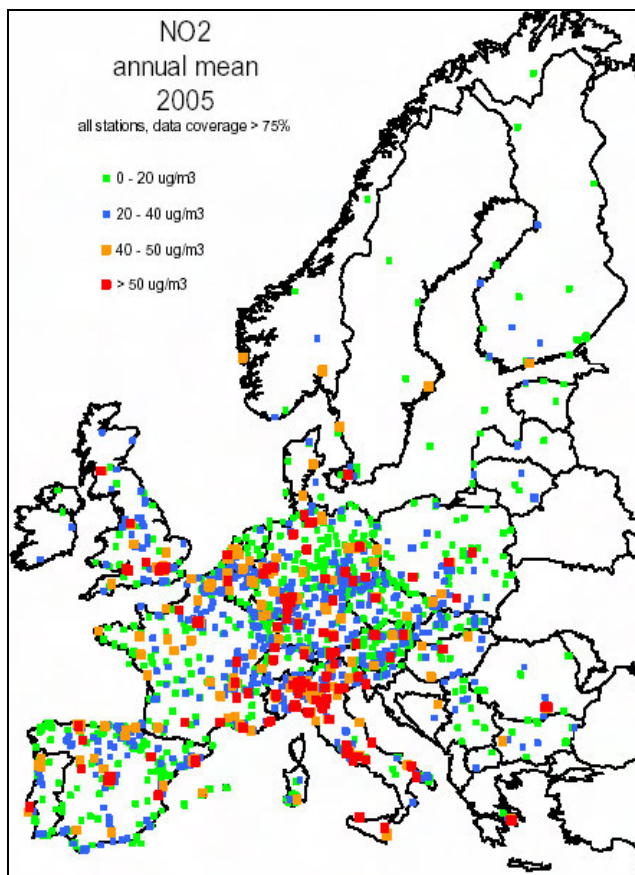
Dal IV Rapporto APAT risulta che per l' NO_2 13 città su 18 hanno superato il limite annuo.

Figura 1.61: Emissioni di NO_x del settore trasporti dell'Unione Europea a 27



Fonte: EEA

Figura 1.62: Concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (NO₂)

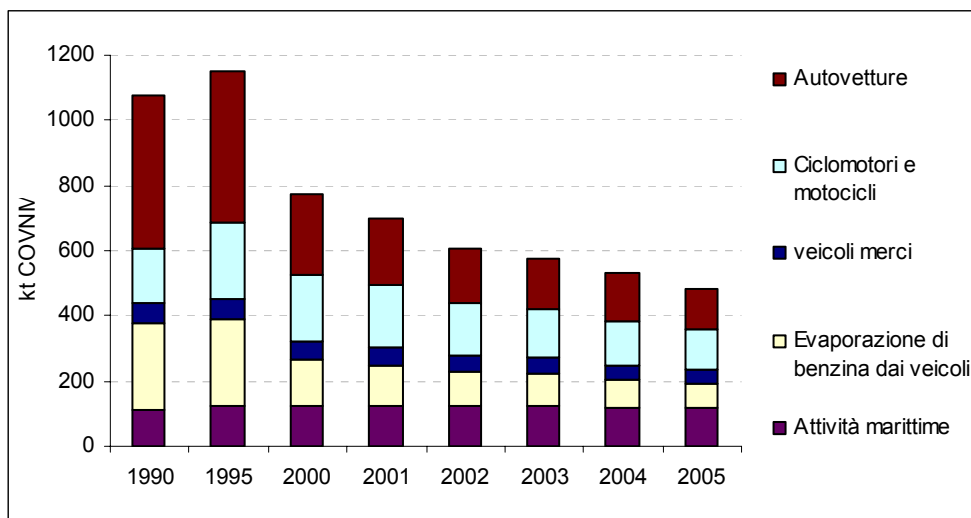


Fonte: ECC/ACC

1.6.2.4 Composti Organici Volatili

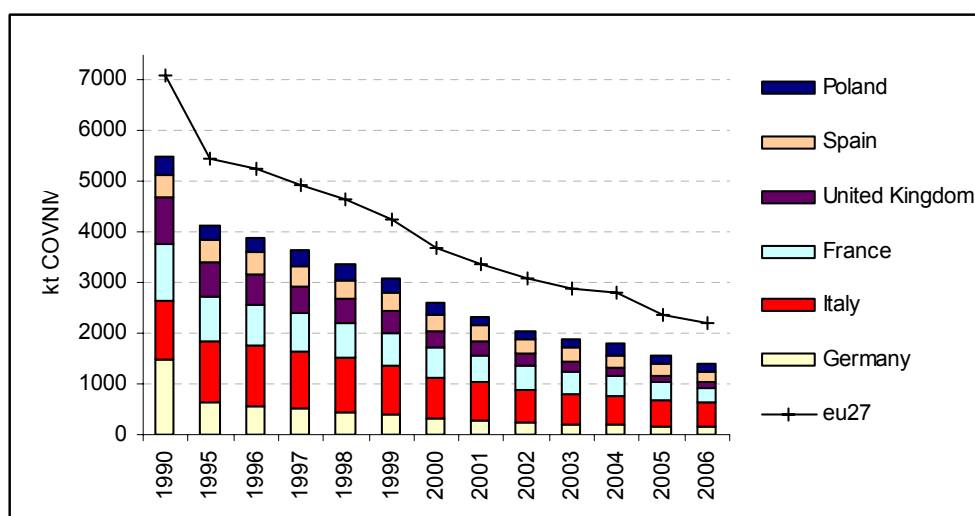
Per quel che riguarda i composti organici volatili non metanici (COVNM), che concorrono con gli NO_x alla formazione di PM secondario e di ozono troposferico, i trasporti contribuiscono alle emissioni per il 43% del totale nazionale.

Figura 1.63: Andamento delle emissioni di COV non metanici



Fonte: APAT

Figura 1.64: Emissioni di COVNM settore trasporti dell'Unione Europea a 27



Fonte: EEA

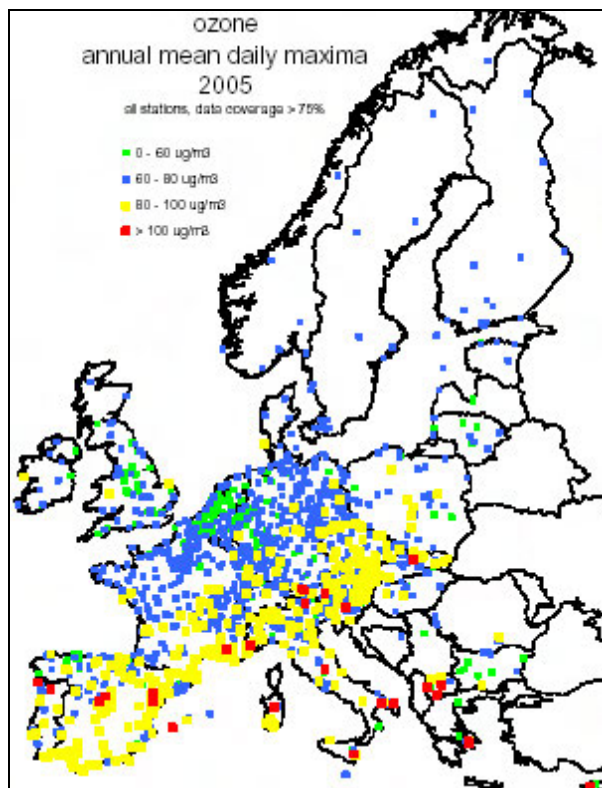
Il rinnovo del parco automobilistico ha determinato una forte riduzione delle emissioni da autovetture che sono passate da 470 kt anno nel 1990, il 43% del totale, a 220 kt nel 2005, sotto il 25%. Le emissioni totali di COVNM del settore trasporti è in questo modo diminuita del 55%, di cui il 26% dovuto ai ciclomotori, seguiti da autovetture e attività marittime (Figura 1.63).

In Europa la riduzione al 2006 delle emissioni dei COV dal settore trasporti è stata più forte rispetto a quella italiana, pari al 60% contro il 69% europeo, e il contributo principale è proprio quello dell'Italia (Figura 1.64). Germania e Regno Unito anche per questo inquinante sono i paesi più efficienti nel ridurre le emissioni, con percentuali tra l'85% e il 90%.

1.6.3 Ozono

Elevate concentrazioni di COV e NO_x, precursori dell'ozono troposferico, creano i presupposti di superamento dei limiti fissati anche per l'ozono. La situazione è particolarmente critica in Italia, nel periodo estivo.

Figura 1.65: Medie annuali dei massimi giornalieri di concentrazioni di ozono



Fonte: ECC/ACC

Secondo i dati APAT nel 2006 il 70% delle stazioni di rilevamento hanno superato i limiti di concentrazione di O₃ per un numero di giorni superiore al limite previsto, soprattutto nella Pianura Padana.

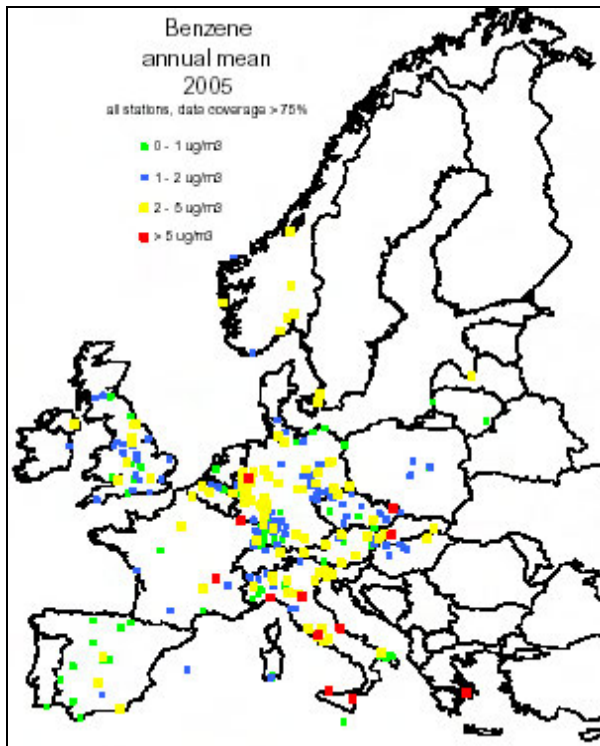
Nel 2007, secondo i dati APAT, il numero medio di superamenti del valore limite va da 3 a più di 50 giorni nelle 17 aree urbane che hanno fornito i dati, con una situazione più critica nel Nord-Centro Italia.

Secondo l'EEA tra il 13 e il 60% della popolazione urbana europea è stata esposta a concentrazioni di ozono superiori all'obiettivo di protezione della salute umana, mentre tra il 21 e il 47% è stata esposta al biossido di azoto.

1.6.4 Piombo e benzene

L'esclusione dal mercato delle benzine con piombo ha portato all'annullamento delle emissioni di piombo, mentre la riduzione della percentuale contenuta nelle benzine di benzene ha portato ad una forte diminuzione delle emissioni, pari dell'80%, legate anche al rinnovo del parco automobilistico, che contribuisce per il 58% delle emissioni di questo inquinante.

Figura 1.66: Concentrazioni medie annuali di benzene (2005)



Fonte: ECC/ACC

Il benzene (C_6H_6) è un inquinante tossico in quanto ha effetti cancerogeni sull'uomo, e per questo è incluso nelle direttive sulla qualità dell'aria per la protezione della salute umana (Tabella 1.32). Dai dati rilevati dall'APAT nel 2005 e 2006, risulta che il valore limite aumentato del margine di tolleranza è rispettato in tutte le stazioni per entrambi gli anni; il valore limite è rispettato per l'88% nel 2005 e il 94% nel 2006. L'obiettivo di protezione della salute umana appare quindi raggiungibile per il 2010.

I dati delle concentrazioni di benzene relativi all'Unione Europea sono in linea con i dati italiani: nel 2005 non sono stati riscontrati superamenti dei valori limite ($10 \mu g/m^3$) nelle stazioni rurali e solo in una urbana e 7 di tipo traffico. Per le 44 stazioni di traffico dei paesi europei, è stato riscontrato un trend di riduzione delle concentrazioni di benzene del 30% dal 2001 al 2005.

1.6.5 Inquinamento acustico

Gli effetti del rumore sulla salute comprendono lo stress, la riduzione del benessere psicologico e i disturbi del sonno, ma anche problemi cardio-vascolari; il rumore è particolarmente dannoso per i bambini, determinando in loro una diminuzione della capacità di lettura, dell'attenzione e dell'attitudine a risolvere problemi.

La legge quadro sull'inquinamento acustico, insieme ai suoi decreti attuativi, definisce parametri e limiti per la definizione di inquinamento acustico; in particolare, il DPR 142/2004 contiene disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare. Tra le altre disposizioni, viene previsto l'obbligo, da parte dei Comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti, di redigere una relazione biennale sullo stato acustico comunale e di provvedere all'adozione di un piano di risanamento acustico qualora risultino superati i valori di attenzione (valori di rumore, relativi al tempo a lungo termine, che segnalano la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente).

Il decreto legislativo del 2005, che recepisce la direttiva 2002/49/CE, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, prevede la determinazione dell'esposizione al rumore ambientale attraverso la mappatura acustica dei maggiori agglomerati urbani e delle principali infrastrutture di trasporto, l'informazione al pubblico relativamente al rumore e ai suoi effetti, nonché l'adozione di piani d'azione mirati a prevenire e ridurre l'inquinamento acustico.

Per ultimo, il decreto legislativo 13/2005 ha recepito la direttiva 2002/30/CE, relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari, che prevede l'istituzione di una Commissione i cui compiti sono la definizione delle procedure antirumore e la definizione della caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale, in considera-

zione della tipologia di insediamenti caratterizzanti l'intorno aeroportuale e della densità abitativa presente.

Dai dati dell'Annuario APAT 2007 [23], risulta che al 31 dicembre 2006 appena il 15% dei Comuni italiani hanno approvato una relazione biennale sullo stato acustico comunale, solo il 31% hanno approvato la classificazione acustica, e di questi solo il 2% ha redatto un piano di risanamento acustico comunale.

Anche dal IV Rapporto APAT sulla Qualità dell'Ambiente Urbano, relativo alle ventiquattro città contraddistinte da un numero di abitanti maggiore di 150.000, rappresentanti le maggiori città italiane, emerge il ritardo dei Comuni italiani rispetto agli obblighi della normativa nazionale. Solo 14 risultano essersi dotate della classificazione acustica. Inoltre non risultano diffuse le pratiche di attuazione relative alla prevenzione e al risanamento; e gli studi effettuati sulla caratterizzazione acustica del proprio territorio sono carenti. Infine, da elaborazioni APAT su dati forniti dagli Amici della Terra, nel 2003 in Italia la popolazione esposta a livelli di rumore da trasporto stradale superiori a 55 dB era di 40 milioni di abitanti e la percentuale di popolazione italiana esposta a livelli superiori ai 65 dB è del 2,7.

Per le infrastrutture di trasporto stradale, al 2006 risulta dai dati delle società che gestiscono circa il 50% della rete autostradale, che una percentuale pari al 33,2% della rete autostradale considerata presenta livelli acustici superiori ai limiti previsti dalla legge. Al 2006, dei 39 aeroporti italiani, 34 hanno istituito la Commissione, ma solo 10 hanno approvato la classificazione acustica, 15 hanno approvato le procedure antirumore e 17 sono dotati di sistemi di monitoraggio.

Nel 2007 sono 11²⁷ i Comuni dotati di centraline fisse per il monitoraggio dell'inquinamento acustico. Campagne di monitoraggio sono state effettuate nel 76,1% dei Comuni del Nord, 57,1% del centro e 18,6% del Sud.

Questo ritardo nell'applicazione degli obblighi previsti dalla normativa europea è comune a tutti gli stati membri, ed è legato anche ad un ritardo nella stesura delle linee guida europee riguardo ai criteri di raccolta ed elaborazione dei dati per la mappatura acustica.

Secondo i dati di ENTEC UK Limited, l'Italia è in linea con l'Europa come esposizione della popolazione a livelli di rumore superiori ai valori limite. I paesi con la percentuale più alta di popolazione esposta, pari al 5%, sono i paesi del Benelux, seguiti da Regno Unito e Germania, dati che rimarcano come il problema dell'inquinamento acustico è comune a tutta l'Europa.

²⁷ ISTAT "Indicatori ambientali urbani – Anno di riferimento 2007". Pubblicato il 28 agosto 2008.

Nel 2007 sono cresciuti gli interventi da parte dei Comuni per limitare i livelli di inquinamento acustico, dovuto principalmente ai trasporti mediante l'utilizzo di asfalto fonoassorbente (Bologna è tra i Comuni più virtuosi con 39,5 km²/10.000km² di superficie) e barriere antirumore (presenti in 39 Comuni).

1.6.6 Gas serra

I tre principali gas serra sono anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O). Il contributo principale all'effetto serra è attribuito alle emissioni di anidride carbonica (CO₂), connesse, per le emissioni da attività antropiche, principalmente all'utilizzo dei combustibili fossili. Contribuiscono all'effetto serra anche il metano (CH₄), la cui emissione non è legata al settore trasporti, e il protossido di azoto (N₂O), derivante, oltre che da agricoltura, anche in parte dal settore energetico (inclusi i trasporti) e da processi industriali.

Il contributo degli altri tre gas serra (HFCs, PFCs, SF₆), è minore e la loro presenza deriva da attività industriali e di refrigerazione.

1.6.6.1 Strategie ed azioni a livello internazionale

Le crescenti concentrazioni in atmosfera di gas serra determinano pericolosi effetti sulle temperature globali e sul clima terrestre, nonché potenziali danni per gli ecosistemi, gli insediamenti umani, l'agricoltura e le attività socio-economiche, come conclude il Quarto Rapporto di Valutazione dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [24] che afferma che il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, comprovato da osservazioni di aumento di temperatura atmosferica e oceanica, scioglimento di neve e ghiacci, aumento del livello del mare su scala globale. Inoltre l'IPCC individua l'aumento della concentrazione di gas serra dovuto alle attività umane come la principale causa del riscaldamento globale osservato dalla metà del XX secolo.

Secondo le conclusioni dell'IPCC, gli impatti a carico delle diverse matrici ambientali diventano sempre più evidenti e in base ai dati disponibili è possibile affermare che vi sono circa 8 possibilità su 10 che i cambiamenti climatici stiano influenzando i sistemi naturali, in particolare le risorse idriche, le zone costiere e gli oceani [24].

In Italia i rischi maggiori riguardano, oltre che le risorse idriche e gli ambienti marino-costieri, anche la biodiversità, le foreste e i suoli [23].

Dal 1992, anno della Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED), è stato posto a livello mondiale il problema del riscaldamento globale e il bisogno di ridurre le emissioni di gas serra nell'atmosfera.

Con la stesura della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), entrata in vigore nel 1994, senza alcun vincolo per i singoli paesi, veniva prevista una serie di adeguamenti o protocolli che avrebbero introdotto limiti obbligatori alle emissioni di CO₂, con l'obiettivo del raggiungimento, entro il 2000, della stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera rispetto ai livelli del 1990. Sulla base dei principi di precauzione e di equità dei vari paesi che si assumevano responsabilità comuni ma differenziate a seconda delle condizioni di sviluppo, di intervento e della capacità di perturbazione del clima, la Convenzione Quadro individuava due tipologie di intervento: misure di mitigazione, tipicamente di riduzione delle emissioni di gas serra; e misure di adattamento, che riguardano invece interventi di adeguamento agli effetti dei cambiamenti climatici.

Dal 1994 le delegazioni si incontrano annualmente nella Conferenza delle Parti (COP) e negli anni si sono susseguite ratifiche della UNFCCC di quasi tutti i paesi delle Nazioni Unite.

Nel 1997, a Kyoto, durante la Terza Conferenza delle Parti (COP3), viene adottato il Protocollo di Kyoto, il primo strumento di attuazione della Convenzione Quadro. Questo accordo prevede il vincolo per i paesi industrializzati di ridurre le emissioni dei gas serra del 5,2% nel periodo 2008-2012 rispetto alle emissioni del 1990, e in particolare per l'Unione Europea un taglio dell'8% rispetto al 1990.

Il Protocollo è entrato in vigore nel 2005 a seguito della ratifica della Russia. Attualmente, tra i paesi industrializzati, solo gli Stati Uniti non hanno aderito.

La linea strategica che è stata adottata nel Protocollo, viste anche le difficoltà nel raggiungere un accordo tra le Parti, è stata orientata a non sanzionare economicamente gli Stati in maniera diretta ma a responsabilizzarli in vista, anche, dei periodi di impegno successivi. Nel caso di mancato rispetto dell'impegno di riduzione, il Protocollo prevede la maggiorazione del 30% sulla quantità di emissioni che mancano al raggiungimento dell'obiettivo, addebitata in aggiunta agli obblighi che verranno stabiliti nel secondo periodo d'impegno; e l'obbligo di adozione di un piano d'azione. Inoltre può essere disposta la sospensione dalla partecipazione all'*emissions trading*, uno dei tre meccanismi previsti dal Protocollo, insieme al Clean Development Mechanism alla Joint Implementation, pensati per aiutare i paesi industrializzati a ridurre i costi associati al conseguimento dei loro impegni di riduzione attraverso interventi realizzati in paesi dove i costi di abbattimento o assorbimento sono più bassi.

I tre meccanismi previsti, per i paesi industrializzati, per rispettare il proprio target di emissione sono:

- l'Emission Trading (ET) la possibilità di acquistare unità di riduzione da altri paesi industrializzati;

- la Joint Implementation (JI) la possibilità di realizzare progetti di riduzione delle emissioni o di aumento degli assorbimenti in un altro Paese industrializzato (tipicamente paesi dell'est europeo e Russia);
- il Clean Development Mechanism (CDM) la possibilità di sviluppare progetti di riduzione delle emissioni in paesi emergenti e in via di sviluppo.

Per quanto riguarda l'Unione Europea a 15, nel 1998 è stato siglato il Burden Sharing Agreement (BSA), che ha definito la ripartizione delle quote di riduzione delle emissioni. I paesi membri che non rispetteranno gli impegni di riduzione negoziati, in questo accordo, potranno essere soggetti ad una procedura di infrazione su iniziativa della Commissione.

A dicembre 2007, si è tenuta una Conferenza a Bali, per fissare gli obiettivi del post-Kyoto, adottando una "Road map" con prima tappa nel 2009 con la Conferenza di Copenaghen, dove verranno definiti i nuovi impegni in materia di cambiamenti climatici. Hanno aderito alla "Road map" anche gli Stati Uniti e, tra i paesi ad economia emergente, la Cina e l'India, le cui emissioni sono in continua crescita. La "Road map" prevede la definizione di meccanismi per attuare l'appoggio tecnologico e finanziario dei paesi sviluppati verso gli altri paesi, decisivo per ridurre le loro emissioni di gas serra.

Per quanto riguarda le politiche di riduzione di gas serra del settore dei trasporti, sono stati sottoscritti accordi volontari dalle associazioni di costruttori automobilistici, europea (ACEA), giapponese (JAMA) e coreana (KAMA), con l'obiettivo di emissioni medie di CO₂ del nuovo parco autoveicolare dell'UE-15 pari a 140 gCO₂/km entro l'orizzonte temporale del 2008-2009; tale obiettivo andava conseguito principalmente attraverso innovazioni tecnologiche riguardanti le varie caratteristiche delle autovetture e cambiamenti del mercato collegati a tali innovazioni. Nel 2007, constatato che i costruttori non hanno mantenuto i loro impegni, è stata presentata una nuova proposta, ancora in esame, di regolamento delle emissioni di CO₂ che imponga alle case costruttrici i limiti di un'emissione media dei nuovi veicoli pari a 120 g/km al 2012 e di 95 g/km al 2020, prevedendo anche misure sanzionatorie.

Sono state varate direttive per incentivare l'utilizzo di carburanti a minori emissioni e biocarburanti, anche attraverso misure fiscali, e per informare e sensibilizzare i compratori delle autovetture (COM(95) 689 def.), prevedendo l'etichettatura sul risparmio di carburante. È inoltre in esame la proposta (COM(2007) 18 definitivo) di modifica alla Direttiva europea riguardante le specifiche relative ai carburanti per il trasporto su strada l'introduzione di un meccanismo di controllo delle loro emissioni di gas serra, e di modifica della Direttiva riguardante le specifiche del combustibile utilizzato dalle navi adibite alla navigazione interna.

Infine, in materia di gas fluorati, è in discussione una direttiva per imporre quote massime di perdite concesse per questi gas serra, che sono attualmente utilizzati nei sistemi di condizionamento dell'aria nelle auto, e poi eliminarne gradualmente l'utilizzo nei nuovi veicoli tra il 2011 e il 2017.

Per quanto riguarda la legislazione italiana, l'Italia ha ratificato sia la Convenzione quadro, nel 1994, che il Protocollo di Kyoto nel 2002 (Legge 120/2002), impegnandosi a ridurre le proprie emissioni del 6,5% rispetto ai livelli del 1990, entro il 2008-2012.

Dal primo "Programma nazionale per il contenimento delle emissioni di anidride carbonica", varato nel 1994, l'Italia ha emanato vari provvedimenti nazionali in attuazione degli impegni della Convenzione. L'ultimo atto in ordine temporale, approvato l'11 dicembre del 2007, è la Delibera CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica), in cui è stato definito che le misure ulteriori per la riduzione delle emissioni di gas serra dovranno essere individuate in via prioritaria nel settore dei trasporti (in particolare nella gestione della mobilità in ambito urbano ed extraurbano).

Il 1° gennaio 2008 è iniziato il primo "periodo di impegno" (2008-2012).

1.6.6.2 Le emissioni

Dal 1990 al 2005 le emissioni nazionali di gas serra, sono aumentate del 12,1%, variando da 517 a 580 Mt di CO₂ equivalente²⁸, mentre secondo il Protocollo di Kyoto l'Italia dovrebbe riportare le proprie emissioni nel periodo 2008-2012 a livelli del 6,5% inferiori rispetto alle emissioni del 1990, ossia a 483,26 Mt CO₂ eq.

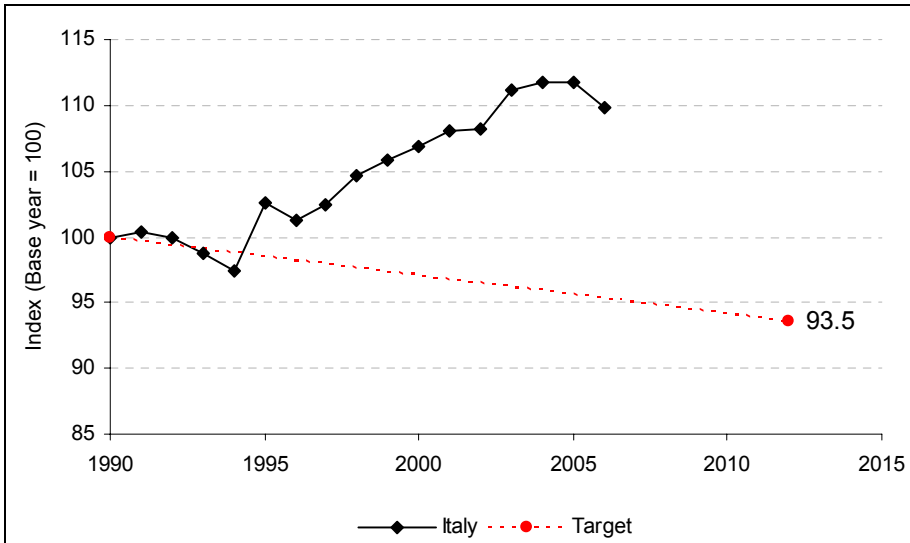
In Figura 1.67 viene riportato l'andamento delle emissioni di gas serra dell'Italia dal 1990 al 2006, indicizzati rispetto all'anno base (1990=100) ed il confronto con i target di Kyoto previsti per il periodo 2008-2012.

A livello globale l'Italia è responsabile di non più dell'1,74% delle emissioni complessive provenienti dall'uso dei combustibili fossili, risultando in nona posizione tra i dieci paesi con i maggiori livelli di emissioni di gas serra. Nell'Unione Europea, infine, l'Italia rappresenta il terzo paese emettitore.

²⁸ CO₂ eq è l'unità di misura universale usata per indicare il potere climalterante di tutte le specie di gas serra. Si ottiene moltiplicando le emissioni di ogni tipo di gas per il Global Warming Potential (GWP), ovvero il fattore di riscaldamento in un periodo di tempo definito, ad es. 100 anni, rispetto a quello della CO₂ (GWP=1).

Nel settore trasporti, i gas serra emessi, oltre la CO₂, sono il metano (CH₄) con un GWP=21, il protossido di azoto (N₂O) con GWP=310, e gli idrofluorocarburi (HFC) usati per i condizionatori d'aria con GWP=11700.

Figura 1.67: Andamento emissioni di gas serra dell'Italia dal 1990 al 2006



Fonte: EEA

Per quanto riguarda il contesto europeo, l'ultimo Rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente ("Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2007") evidenzia come le emissioni dell'EU15 nel 2005 si siano ridotte del 2% rispetto ai valori del 1990. In linea con gli obiettivi comunitari è la Germania, mentre Regno Unito, Finlandia, Francia e Svezia nel 2005 hanno ridotto le emissioni oltre gli obiettivi fissati per il periodo 2008-2012. Gli Stati membri con maggiori difficoltà a rispettare i propri impegni sono, oltre all'Italia, la Danimarca e la Spagna.

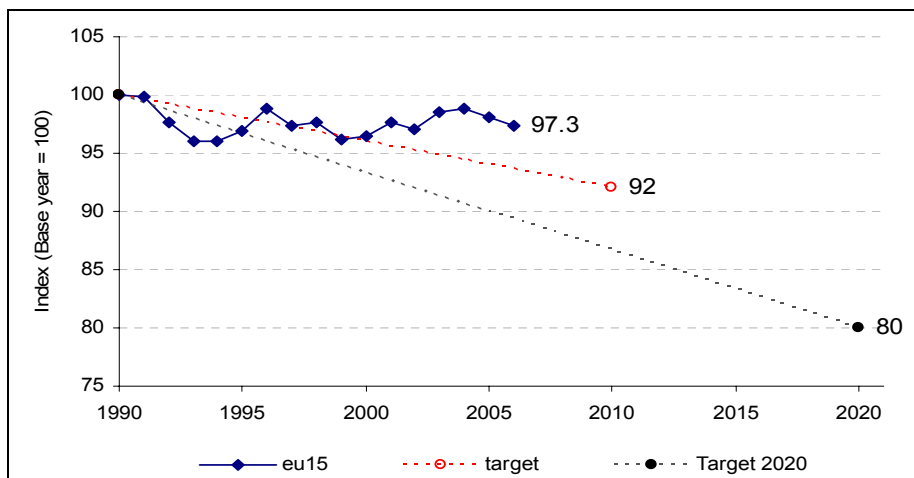
Il settore trasporti è la seconda sorgente principale di emissioni di gas serra in tutta l'Europa a 15, responsabile nel 2006 del 19% [25], con un aumento del 25% rispetto ai valori di emissione del 1990, interamente dovuto alla crescita di consumi di combustibili fossili del trasporto su strada.

Nella Figura 1.69 le emissioni dei 6 paesi più emettitori, insieme al trend delle emissioni dell'Europa a 27 stati.

Il tasso di crescita più alto è registrato per la Spagna, seguita dall'Olanda, mentre Francia, Italia e Regno Unito sono in linea con l'Europa a 27.

La Germania continua ad essere il primo paese emettitore nel settore trasporti dell'Europa a 27, ma è l'unica le cui emissioni nel 2006 sono state minori rispetto al 1990.

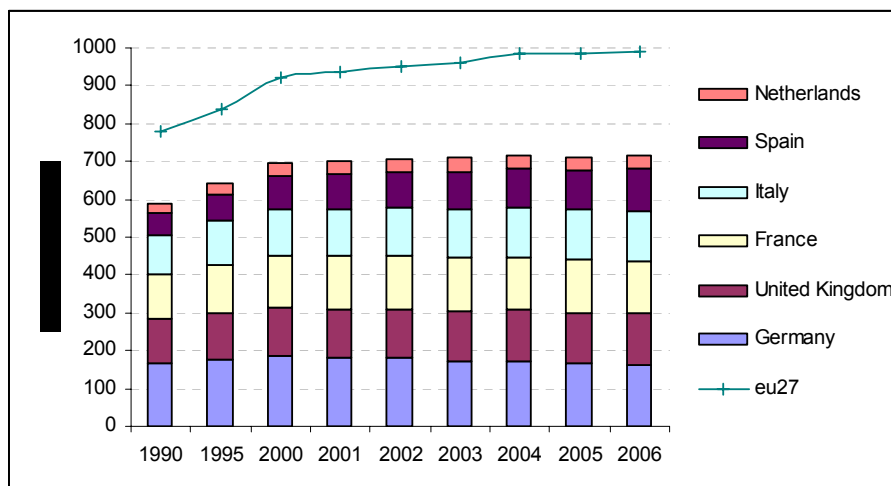
Figura 1.68: Andamento emissioni di gas serra dell'Unione Europea a 15 rispetto al 1990 ai target del 2008-2012 e del 2020



Fonte: EEA

Agli inizi del 2008, l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ha lanciato l'allarme nella relazione "Climate for a Transport change" [26] sul problema del settore trasporti, l'unico che potrebbe compromettere il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra (Kyoto e post-Kyoto) senza interventi massicci.

Figura 1.69: Emissioni di gas serra del settore trasporti nell'Unione Europea a 27



Fonte: Eurostat

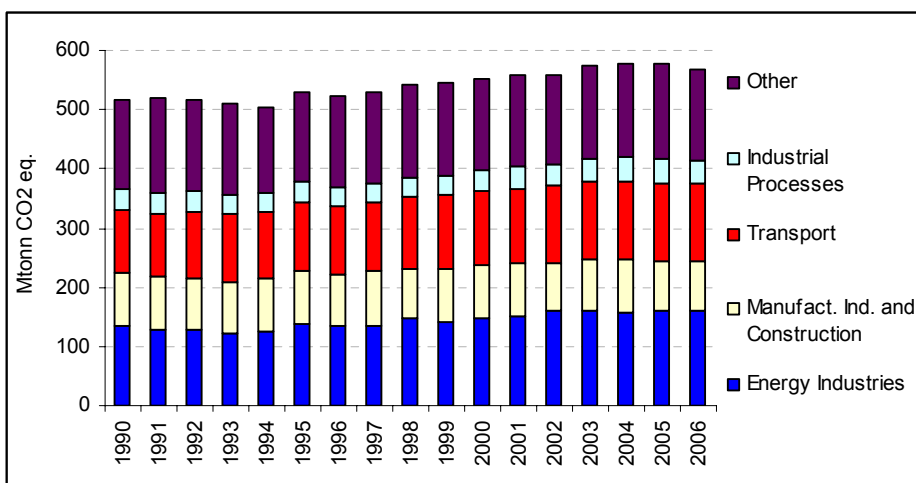
Infatti nel rapporto si legge che se le emissioni di gas serra dei trasporti, nel periodo 1990-2005 avessero seguito lo stesso andamento complessivo di tutti i settori energetici dell'EU27, la riduzione sarebbe stata intorno al 14% piuttosto che al 7,9% registrato. Secondo l'EEA, la questione urgente da affrontare nei prossimi anni è il contenimento della crescita dei volumi di traffico e la loro ripartizione fra modalità di trasporto.

Per l'Italia i trasporti risultano essere, dopo le industrie energetiche, il settore maggiormente responsabile delle emissioni di gas serra (23,5% nel 2006), nonché quello con il tasso di crescita più elevato nel periodo considerato (Figura 1.70). Le emissioni di questo settore, esclusi i trasporti internazionali, sono aumentate del 28% nel periodo 1990-2006, dovute alla continua crescita della domanda di trasporto, sia per i passeggeri sia per le merci, e in particolare all'aumento del trasporto su gomma. Questi trend di crescita hanno così annullato il miglioramento conseguito nell'efficienza energetica dei mezzi di trasporto.

Le emissioni di CO₂, pari all'85% dei gas serra totali, per tutto l'arco degli anni 1990-2005, hanno registrato un aumento del 13,5% nello stesso periodo, passando da 435 Mt a 493 Mt. I settori più emissivi sono le industrie energetiche (32%) e i trasporti (26%) [27]. Il 59% delle emissioni di anidride carbonica di quest'ultimo settore si produce nell'ambito del trasporto passeggeri; la quota dovuta al trasporto stradale è pari al 96,3%.

Le emissioni di CH₄ rappresentano il 6,9% del totale dei gas serra al 2005, pari al 39,7 Mt in CO₂ equivalente, 1,8 Mt in meno delle emissioni del 1990. Sono prodotte soprattutto dal settore dei rifiuti (42,9%), dall'agricoltura (39%) e solo per il 17,9% dai settori energetici [27].

Figura 1.70: Andamento emissioni gas serra in Italia. Anni 1990–2006



Fonte: elaborazione ENEA dati Eurostat

Per quanto riguarda le emissioni di metano dal settore trasporti, si registra una sostanziale stabilità legata al bilanciamento dei miglioramenti tecnologici che limitano le emissioni di composti organici volatili dai tubi di scappamento e le emissioni evaporative (per le auto), contro l'espansione del parco a due ruote, in costante aumento dal 1990, di cui solo una piccola parte è conforme ai severi controlli sull'emissione di tali composti [23].

Le emissioni di NO₂ rappresentano, invece, il 7% del totale dei gas serra nel 2005 [27], con un aumento pari al 6,2% dal 1990, dovuto esclusivamente ai settori energetici, che pur contribuendo solo per il 20%, hanno visto un aumento massiccio delle proprie emissioni (53%), in netta controtendenza con il settore dell'agricoltura, fonte principale di questo inquinante, che ha ridotto le emissioni del 7% nello stesso periodo. La crescita delle emissioni è inoltre dovuta principalmente al settore dei trasporti, ed è legata all'espansione del parco veicolare dotato di marmitte catalitiche per i gas di scarico.

1.7 I costi esterni della mobilità

Quasi tutte le attività di produzione o di consumo di beni e servizi comportano sia costi privati che "*costi esterni*". I costi privati sono quelli sostenuti direttamente dal produttore o dall'acquirente/utilizzatore del bene o del servizio attraverso il meccanismo dei prezzi di mercato. Al contrario i "*costi esterni*" (chiamati anche esternalità negative²⁹) sono costi che altre persone, diverse da chi intraprende l'attività, sono costrette a sostenere come risultato dell'attività stessa. Non essendo pagati dal gestore dell'attività, questi costi sono "*esterni*" al meccanismo di formazione dei prezzi di mercato e quindi alle decisioni in merito alla convenienza o meno di effettuare l'attività stessa.

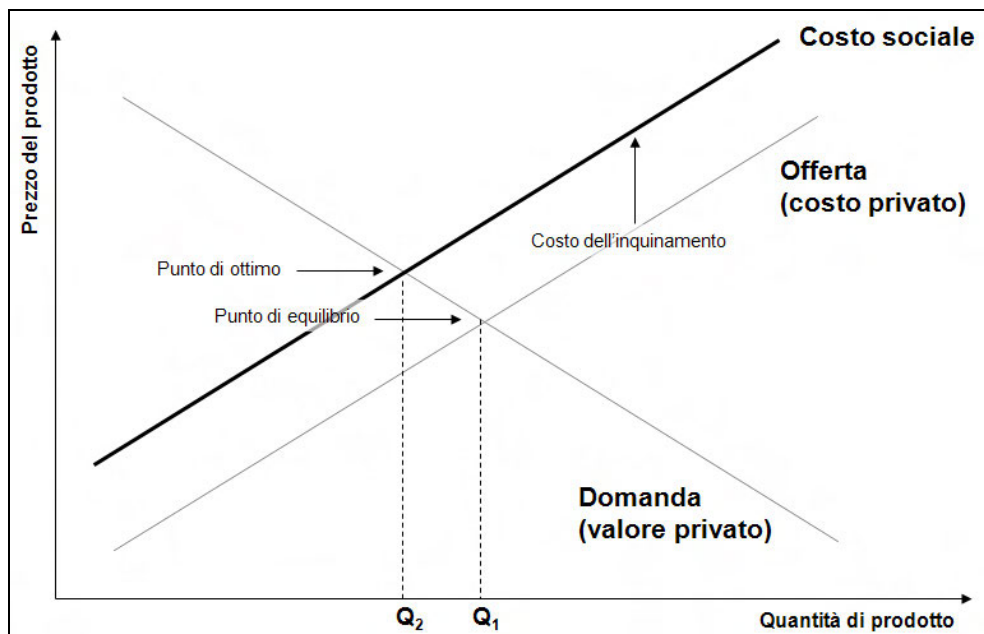
I costi esterni sono spesso costi ambientali, o comunque costi non-monetari, sostenuti dall'intera collettività e includono anche cose come i cambiamenti climatici, che la società dovrà sopportare in qualche modo in un dato momento futuro, ma che non sono incluse nel costo dell'attività.

Ad esempio, il prezzo d'acquisto di un'automobile generalmente riflette solo il *costo privato* sopportato dal costruttore, mentre il costo dell'inquinamento derivante dal processo di fabbricazione dell'auto è un *costo esterno*. Poiché il costruttore non paga per questo costo, non lo include nel prezzo dell'automobile e questo determina un fenomeno di distorsione del mercato e di conseguente eccessiva vendita di autovetture.

Anche l'inquinamento atmosferico prodotto dall'utilizzo dell'auto, o di un altro qualsiasi veicolo, è un *costo esterno* in quanto il guidatore, o più in generale il gestore del veicolo, non pagando per il danno ambientale causato dall'uso del veicolo stesso, non ne tiene conto nelle sue decisioni d'uso dell'autoveicolo e finisce per produrre un eccesso di domanda di trasporto.

²⁹ Si noti che esistono anche "*benefici esterni*" detti esternalità positive.

Figura 1.71: Esternalità di produzione e punto di ottimo del benessere sociale



La teoria economica [28] ha ampiamente dimostrato che, in regime di libero mercato, si raggiunge un punto di equilibrio in cui i costi marginali di produzione/consumo di un bene/servizio sono pari ai vantaggi marginali di produzione/consumo di tale bene/servizio; tuttavia questo punto di equilibrio corrisponde anche ad un punto di ottimo del benessere sociale solo se i prezzi di mercato riflettono tutti i costi marginali, e cioè se riflettono il costo marginale *sociale*, che è dato dalla somma dei costi marginali *privati* e di quelli *esterni*.

L'esistenza di costi esterni rappresenta quindi un cosiddetto "fallimento del mercato" che produce una sovrapproduzione o un eccessivo consumo di un bene/servizio (rispetto al livello di produzione/consumo ottimale in cui si raggiungerebbe il massimo del benessere sociale) con conseguente perdita di benessere sociale.

È quindi necessario intervenire sul mercato per ridurre la sovrapproduzione o l'eccessivo consumo di un bene/servizio dovuto all'esistenza di costi esterni, in modo da riportarne il livello di produzione/consumo a quello corrispondente al massimo benessere sociale. Questa operazione è detta "*internalizzazione*" dei costi esterni e le imposte che servono a riequilibrare il mercato sono dette "*pigouviane*"³⁰.

³⁰ Dal nome del noto economista inglese che le ha studiate verso la metà del secolo scorso.

Gli interventi tuttavia possono essere tanto di natura economica (tariffazione delle infrastrutture stradali, *road pricing*, imposte sulle emissioni ecc.) che di carattere normativo (divieto di disturbare la quiete pubblica, divieto di vendita di alcoolici, divieto di circolazione alle autovetture inquinanti ecc.). Ciascuno dei due approcci presenta ovviamente sia vantaggi che svantaggi. I divieti di vendita o di uso di un bene, o più in generale i provvedimenti di razionamento, sono in genere poco elastici e non tengono conto della funzione di domanda e della diversa utilità che diversi gruppi di utenti/consumatori attribuiscono al bene, producendo a loro volta una perdita di benessere. Le imposte ed i provvedimenti di tariffazione per essere efficaci devono modificare la funzione di costo di produzione/uso del bene in modo da rendere interni al mercato i costi esterni (ad esempio, la tassa di circolazione o le accise sui carburanti per essere efficaci dovrebbero tener conto dei diversi costi esterni generati dal veicolo rispettivamente in area urbana ed extraurbana) e questo è spesso di difficile applicazione pratica e inoltre genera degli ulteriori costi di transazione.

In estrema sintesi, la valutazione monetaria dei costi esterni rappresenta un preciso indicatore della perdita di benessere sociale generata da quella particolare attività economica, produttiva o di consumo. Ove si prenda in considerazione il valore complessivo dei costi esterni di un settore di attività o di un intero paese, è utile rapportarlo con altri parametri macro-economici, quali il PIL, ed esprimerlo in percentuale piuttosto che in valore assoluto.

Benché il sistema dei trasporti sia un fattore chiave per quasi tutte le altre attività produttive e commerciali e sia indispensabile per gran parte delle nostre attività quotidiane, è altresì responsabile di gravi effetti negativi, sia sulla nostra salute che su quella dell'ambiente in cui viviamo. In conseguenza della natura pubblica di beni quali l'aria, il mare, l'ambiente naturale o anche lo spazio stradale, mentre i benefici del trasporto sono sostanzialmente tutti interi al mercato, gli effetti negativi costituiscono in larga misura delle esternalità. I costi esterni dovuti al settore dei trasporti sono quindi molto rilevanti. La grande maggioranza (oltre il 90%) dei costi esterni della mobilità è dovuta al trasporto stradale di passeggeri e merci.

Le principali esternalità negative del settore dei trasporti riguardano l'inquinamento atmosferico e marino, il rumore, la congestione, gli incidenti e l'effetto serra. Si tratta in generale di danni molto rilevanti procurati all'ambiente, alla salute della popolazione, ad edifici e monumenti storici, e all'agricoltura, nonché degli elevatissimi costi materiali ed immateriali derivanti dagli incidenti stradali, che causano annualmente migliaia di vittime e centinaia di migliaia di feriti, e infine anche dei notevoli costi derivanti dall'uso non ottimale (la cosiddetta congestione) delle stesse infrastrutture di trasporto. Ad esempio i costi di congestione delle infrastrutture stradali sono delle tipiche esternalità di rete: al di sopra di un certo livello di traffico l'ingresso in

rete di un nuovo utente provoca un incremento dei costi (si allungano i tempi di percorrenza) di tutti gli altri utenti.

Partendo dalle iniziali analisi finalizzate a valutazioni di tipo macroeconomico, generalmente estese a livello europeo o nazionale e riferite ai costi esterni medi, ovvero ai costi esterni specifici di una certa modalità di trasporto o di una certa categoria veicolare, più recentemente si è pervenuti ad altre analisi di tipo più locale e riferite ai costi esterni marginali, specifici di un particolare contesto o di un particolare scenario. Di conseguenza le attuali tecniche di valutazione monetaria dei costi esterni generati dai trasporti, oltre che come indicatore macroeconomico, vengono ora utilizzate anche come strumento di supporto alle decisioni in materia di politiche di pianificazione e di gestione dei trasporti. Infatti queste nuove tecniche consentono, sia di mettere a confronto scenari ed interventi che determinano una gamma di voci di costo di natura molto diversa tra loro (costi interni, impatti ambientali, effetti negativi sulla salute dell'uomo, sul patrimonio artistico, costi sociali), sia la determinazione dei livelli corretti di tariffazione delle infrastrutture.

Parallelamente, essendosi reso necessario un maggior grado di accuratezza (e anche di sensibilità) della stima, le iniziali metodologie di tipo "top-down", basate su dati statistici, vengono progressivamente sostituite da metodologie di tipo "bottom-up", basate essenzialmente sull'approccio dei sentieri di impatto, messo a punto nel corso di numerosi progetti di ricerca finanziati dalla UE a partire dalla fine del secolo scorso.

Pertanto la valutazione monetaria dei costi esterni si va progressivamente affermando come strumento innovativo ed efficace, sia a supporto di decisioni politiche settoriali di scala regionale e locale, sia per esprimere con un unico indicatore i diversi tipi di impatto, sia infine per sperimentare nuove politiche e misure di internalizzazione dei costi stessi, come ad es. il "road pricing".

A completamento del quadro conoscitivo attuale presentato nei capitoli precedenti si riportano sinteticamente i costi esterni stimati a livello europeo e una descrizione più dettagliata dei costi esterni della mobilità in Italia.

1.7.1 In Europa

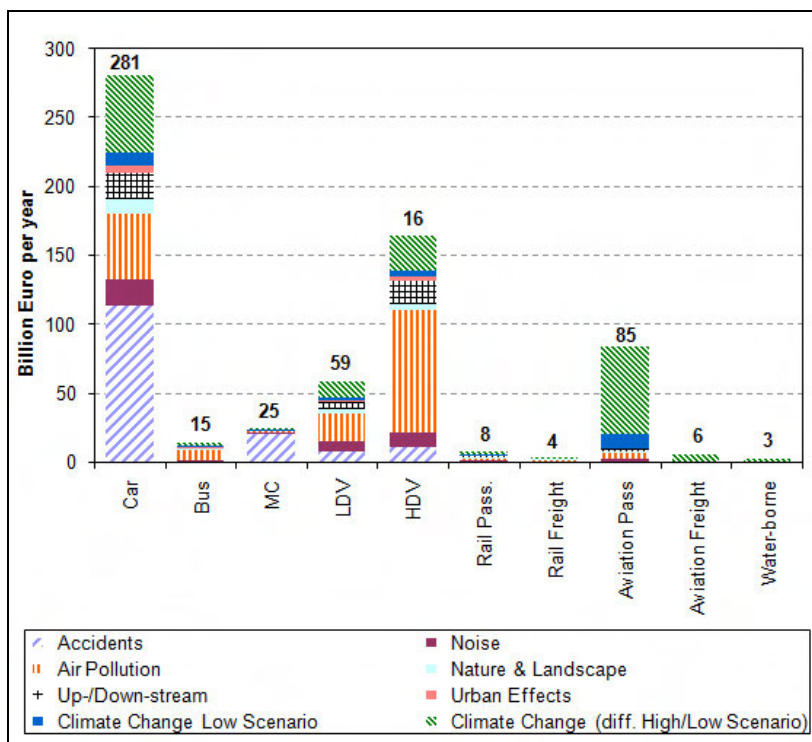
A partire dagli anni 70 sono state intraprese diverse ricerche e sono stati elaborati numerosi studi finalizzati ad una corretta valutazione in termini monetari dei costi esterni relativi a vari settori di attività, principalmente quelli della produzione di energia elettrica e dei trasporti. In particolare nell'ultimo decennio, le diverse metodologie di stima dei costi esterni della mobilità sono state messe a punto e standardizzate a livello europeo, raggiungendo così un grado di maturità (in termini di riproducibilità ed accuratezza) tale da consentire un loro valido impiego nei delicati processi di valutazione integrata dei costi e benefici complessivi di politiche, programmi ed interventi nel campo della mobilità sostenibile.

Dai più recenti studi sui costi esterni del trasporto condotti dal gruppo di ricerca svizzero-tedesco INFRAS/IWW, [29] risulta che si è avuta una crescita dal 1995 al 2000 del 12,1% del totale dei costi esterni (esclusa la congestione³¹) in Europa, imputabile all'aumento del traffico, soprattutto nei settori (trasporto stradale e aereo passeggeri) che producono alti valori di gas serra, e all'aumento delle emissioni di inquinanti del trasporto stradale delle merci.

A livello europeo si è stimato un costo totale (esclusa la congestione) di 650 miliardi euro per il 2000; l'apporto maggiore è dato dall'emissione di gas serra con il 30% del costo totale, l'inquinamento ambientale incide per il 27%, gli incidenti per il 24%.

La modalità di trasporto stradale contribuisce per l'83%, l'aereo per il 14%, la ferrovia per l'1,9 ed il mare per l'0,4%; i 2/3 dei costi sono causati dal trasporto passeggeri ed 1/3 dalle merci.

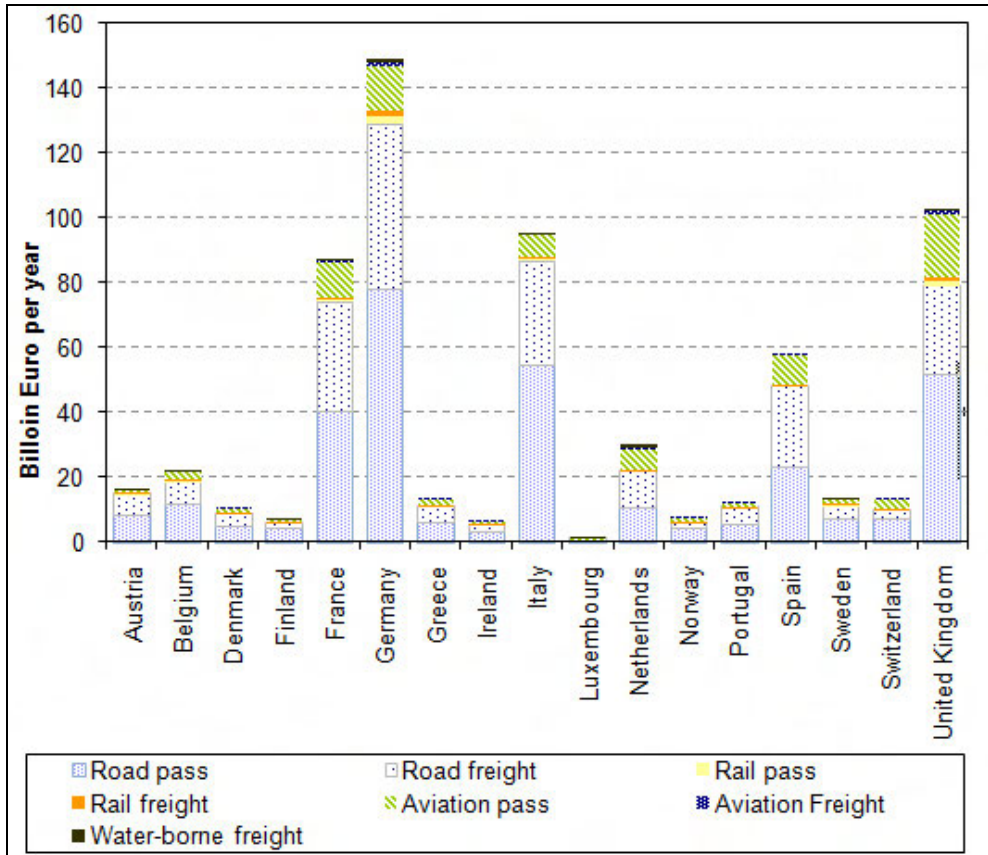
Figura 1.72: Totale costi esterni al 2000 (EU17) per modo di trasporto e categoria di costo



Fonte: INFRAS

³¹ Lo studio INFRAS tratta separatamente il costo della congestione in quanto è stato calcolato con una metodologia diversa dagli studi effettuati negli anni precedenti e quindi non è confrontabile con essi.

Figura 1.73: Totale dei costi esterni al 2000 (EU17) nei principali paesi europei



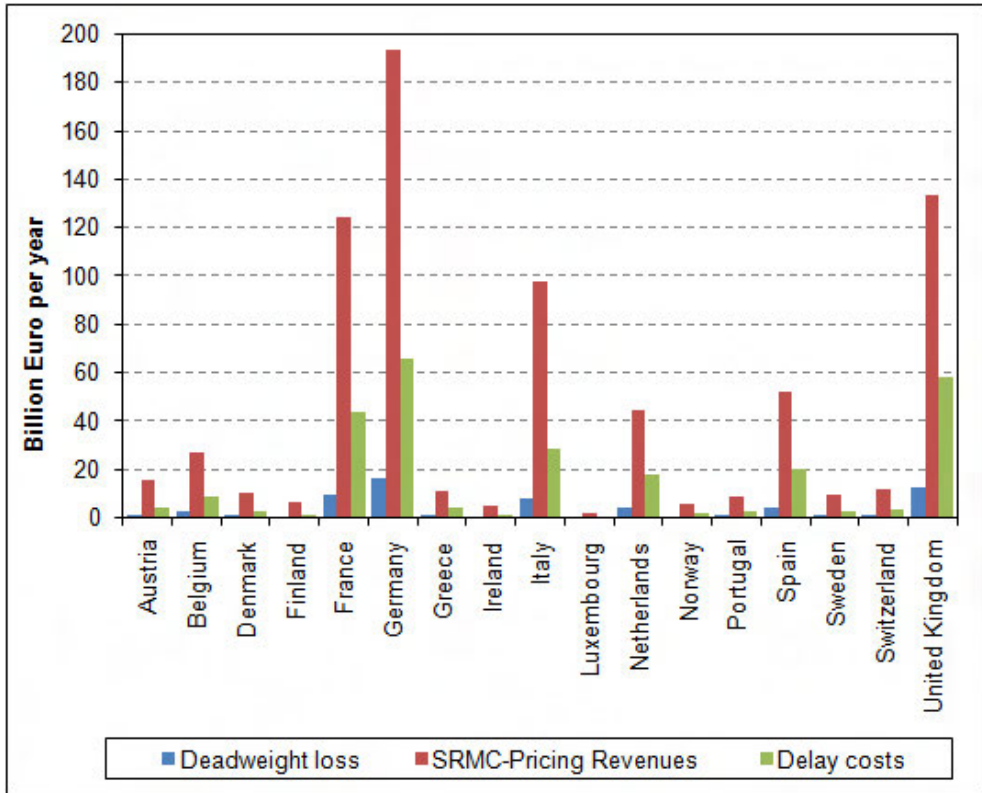
Fonte: INFRAS

In Figura 1.72 è riportata la ripartizione dei costi esterni per singola categoria di esternalità, mentre in Figura 1.73 è indicato il totale dei costi esterni del trasporto sia passeggeri che merci (esclusa la congestione ed il trasporto marittimo) per ciascuno dei paesi europei oggetto dello studio (EU17).

Il totale dei costi esterni dell'Italia nel 2000 superava, sempre secondo lo studio, i 95 miliardi di euro ed era inferiore solo a quello della Germania e del Regno Unito.

Nella Figura 1.74, tratta anch'essa dal rapporto INFRAS/IWW aggiornato nel 2004 con riferimento al 2000, vengono invece mostrati i costi esterni derivanti dalla congestione della rete stradale nei diversi paesi europei (EU17).

Figura 1.74: Il costo della congestione nei principali paesi europei al 2000 (EU17)



Fonte: INFRAS

La stima dei costi esterni di congestione stradale è stata effettuata con due diverse metodologie:

- la prima (deadweight loss) fa riferimento ad un livello ottimale di uso delle infrastrutture stradali calcolato in accordo con la teoria economica di massimizzazione del benessere (costi sociali marginali pari ai benefici marginali);
- la seconda (delay costs) fa riferimento al livello di servizio ottimale, che garantisce la massima funzionalità delle infrastrutture stesse (è un concetto puramente ingegneristico).

Entrambe le metodologie stimano poi il tempo perso, in conseguenza della differenza tra il livello di traffico effettivo e quello di riferimento, e lo trasformano in valore monetario, utilizzando un valore standard europeo del tempo (Value of Time) indicizzato per tener conto dell'effettivo potere d'acquisto nei diversi paesi europei oggetto dello studio.

Il terzo valore (Pricing Revenues) riportato nella stessa figura è invece una stima (basata sull'elasticità della domanda di trasporto stradale) delle possibili entrate derivanti da un ipotetico livello di tariffazione delle infrastrutture stradali, tale da internalizzare completamente i costi esterni di congestione (deadweight loss) calcolati con la prima metodologia.

Quest'ultima stima, che perviene a valori monetari molto più elevati rispetto al livello dei costi esterni, evidenzia anche le difficoltà pratiche connesse con una politica di internalizzazione dei costi esterni di congestione mediante tariffazione delle infrastrutture stradali.

Le emissioni in atmosfera del trasporto marittimo internazionale e nazionale (cabotaggio), le emissioni di particolato (PM) in porto e sottocosta e le emissioni di CO₂ a livello globale stanno assumendo dimensioni preoccupanti.

Un recente studio del Parlamento europeo [30] stima i costi esterni totali del trasporto marittimo in Europa in circa 57 miliardi di euro³² mentre quello mondiale viene stimato in 260 miliardi. Sono stati presi in considerazione i valori delle tre principali categorie di costi esterni: l'inquinamento marino, la qualità dell'aria e i cambiamenti climatici.

La Tabella 1.33 mostra i valori dei costi esterni sia totali sia unitari (specifici) delle varie categorie di navi prese in considerazione (consistenza flotta europea aggiornata al 2006) espressi in euro cent/t-km per le navi merci ed in euro cent/p-km nel caso di navi passeggeri.

Possiamo notare le differenze dei costi esterni tra le varie tipologie di navi, dai circa 0,3 cent euro/t-km delle le navi bulk (che trasportano solidi o liquidi) ai 0,5 cent/t-km delle navi container (+66% rispetto alle bulk).

Nel caso delle navi Ro-Ro il valore medio è di 2 cent/t-km, nel caso delle Ro-Ro cargo il range può variare tra 1,6 a 3,2 cent/t-km, mentre per le Ro-Pax tra 1,6 a 2,4 cent/t-km.

Il valore più alto, 24,13 cent euro/p-km, corrisponde alle navi passeggeri, una categoria che include le grandi navi da crociera ma che per la maggior parte (90%) è costituita da imbarcazioni di piccole dimensioni, quindi con un valore medio basso di numero di passeggeri per viaggio.

³² Il dato europeo non tiene conto dei costi esterni imputabili ad "attività illegali" quali scarico di sostanze nocive ecc. il cui contributo a livello mondiale è il 13% del totale.

Tabella 1.33: Costi esterni totali e specifici della flotta navale europea (>100 GT)

EU Fleet	External costs categories			Total external costs	Specific external costs
	Marine Pollution (sewage and permitted oil spills)	Air quality pollutants	GHGs (climate change)		
Unit measured	Million euro	Million euro	Million euro	Million euro	Cent euro/tkm Cent euro/pkm
Tanker (oil, chem., LG, others)	78	10.018	4.251	14.347	0,29
Bulk carrier	7	6.985	2.615	9.607	0,28
General and specialized cargo	12	6.181	2.549	8.743	1,08
Container & Reefer	5	12.309	4.714	17.029	0,48
Ro-pax and Ro-Ro cargo	22	2.958	2.044	5.024	2,84
Total cargo and cargo/pax ships*	124	38.452	16.173	54.750	0,43
Cruise and passenger ships	2	1.378	915	2.296	24,13
Grand Total	127	39.830	17.089	57.045	
% external cost categories	0,22	69.82	29,96	100,00	

Fonte: European Parliament, CAFE (2005)

1.7.2 In Italia

L'associazione Amici della Terra pubblica periodicamente studi sui costi esterni; l'ultimo Rapporto [31] sui costi esterni della mobilità in Italia, realizzato in collaborazione con le Ferrovie dello Stato, stima i costi esterni per le modalità di trasporto: strada, rotaia e aereo considerando sia il trasporto passeggeri che merci in Italia prendendo come anno di riferimento il 2003.

I costi esterni complessivi della mobilità in Italia per il 2003 vengono stimati in più di 40 miliardi di euro, dei quali 38.285 milioni (il 94,4%) imputabili alla modalità stradale. In questo ultimo studio sono stati rivisti alcuni criteri di valutazione monetaria dei fattori d'impatto e/o impatti finali il che ha portato ad un ridimensionamento dei costi esterni totali; se si fossero mantenuti i criteri adottati nel precedente rapporto si sarebbe ottenuto un valore di circa 100 miliardi, in aumento rispetto al 1999.

Tabella 1.34: Indicatori macroeconomici e di costo esterno a confronto

Indicatore	
PIL 2003 [M euro]	1.300.929
popolazione 2003 [n.]	57.888.245
PIL pro capite 2003 [euro]	22.473
Costi esterni [M euro]	40.566
Costi esterni trasporti /PIL [%]	3,12%
Costi esterni pro capite [Euro]	701

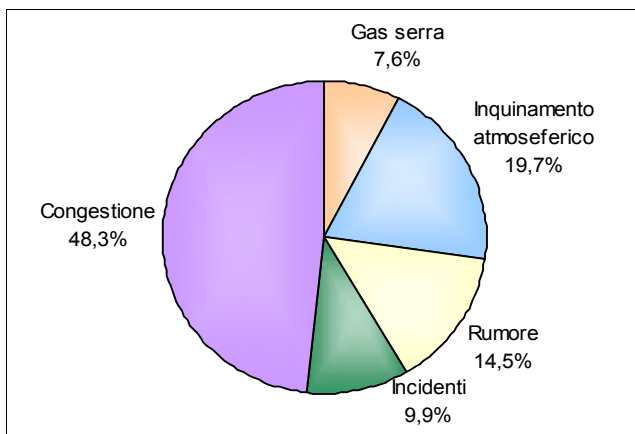
Fonte: Amici della Terra-FS

A livello macroeconomico il risultato principale dello studio è la stima del rapporto dei costi esterni della mobilità sul PIL che nel 2003 è stato di circa il 3,10% (Tabella 1.34).

In Figura 1.75 è riportato il contributo percentuale delle diverse esternalità sul totale, si evince che il contributo maggiore è imputabile alla congestione, con il 48,3% del totale.

Nella successiva Tabella 1.35 vengono riportati i valori dei costi per le diverse esternalità e per le diverse tipologie di trasporto, la quota preponderante, come detto, è imputabile alla congestione con un costo totale pari a 19.606 milioni di euro, segue l'inquinamento atmosferico con 7981 milioni di euro, e il rumore con 5.899 milioni di euro.

Figura 1.75: Costi esterni della mobilità nel 2003



Fonte: Amici della Terra-FS

Tabella 1.35: Costi esterni imputabili alla mobilità nel 2003 (milioni di euro)

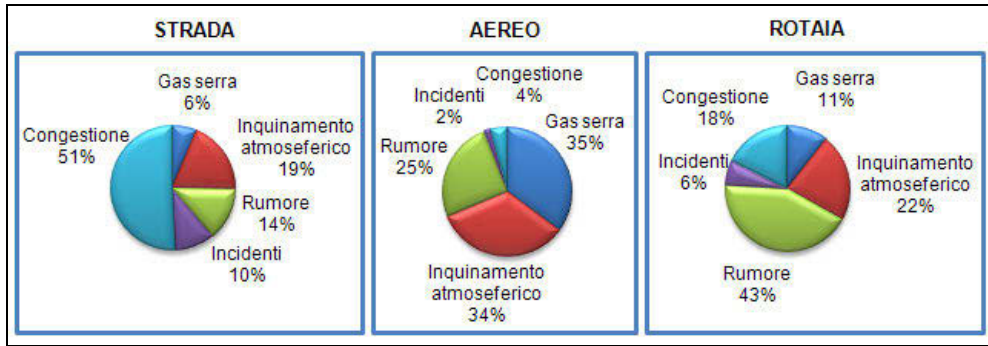
	Gas serra	Inquinamento	Rumore	Incidenti	Congestione	TOTALE	%
STRADA	2.408	7.277	5.224	3.941	19.435	38.285	94,4
Trasporto passeggeri	1.606	4.329	2.599	3.599	13.087	25.220	62,2
Uso privato	1.536	3.997	2.414	3.563	12.679	24.189	59,6
Autovetture	1.451	3.323	1.547	2.546	12.679	21.546	53,1
Motocicli	48	179	516	551	-	1.295	3,2
Ciclomotori	37	495	350	466	-	1.348	3,3
Uso collettivo: Bus e pullman	70	331	185	36	408	1.031	2,5
Trasporto merci	801	2.949	2.625	341	6.348	13.065	32,2
Veicoli leggeri	280	948	1.108	40	2.647	5.023	12,4
Veicoli pesanti	521	2.000	1.517	301	3.701	8.042	19,8
ROTAIA	58	123	235	35	97	547	1,3
Trasporto passeggeri	40	94	140	31	97	402	1,0
Trasporto merci	18	29	95	3	-	145	0,4
AEREO	609	581	440	29	74	1.734	4,3
Trasporto passeggeri	567	540	408	29	74	1.620	4,0
Trasporto merci	42	40	32	-	-	114	0,3
TOTALE GENERALE	3.075	7.981	5.899	4.005	19.606	40.566	100,0

Fonte: Amici della Terra-FS

Per quanto riguarda l'incidentalità il valore complessivo ammonta a 16.382 milioni di euro (esclusi i danni materiali ai veicoli) che però in termini di costi esterni incidono per circa 4.000 milioni di euro, di cui 3941 imputabili alla strada; il valore ridotto dei costi esterni è dovuto al fatto che gli utenti sostengono buona parte dei danni attraverso i premi assicurativi e la tassa a favore del sistema sanitario nazionale.

In Figura 1.76 viene riportata l'incidenza in percentuale delle singole categorie di esternalità sul totale per tutte e tre le modalità di trasporto analizzate. Per il trasporto stradale il contributo maggiore ai costi esterni è legato alla congestione con il 51% del totale, per il trasporto aereo all'emissione di gas serra con il 36% del totale e per il trasporto su rotaia al rumore con il 43% del totale.

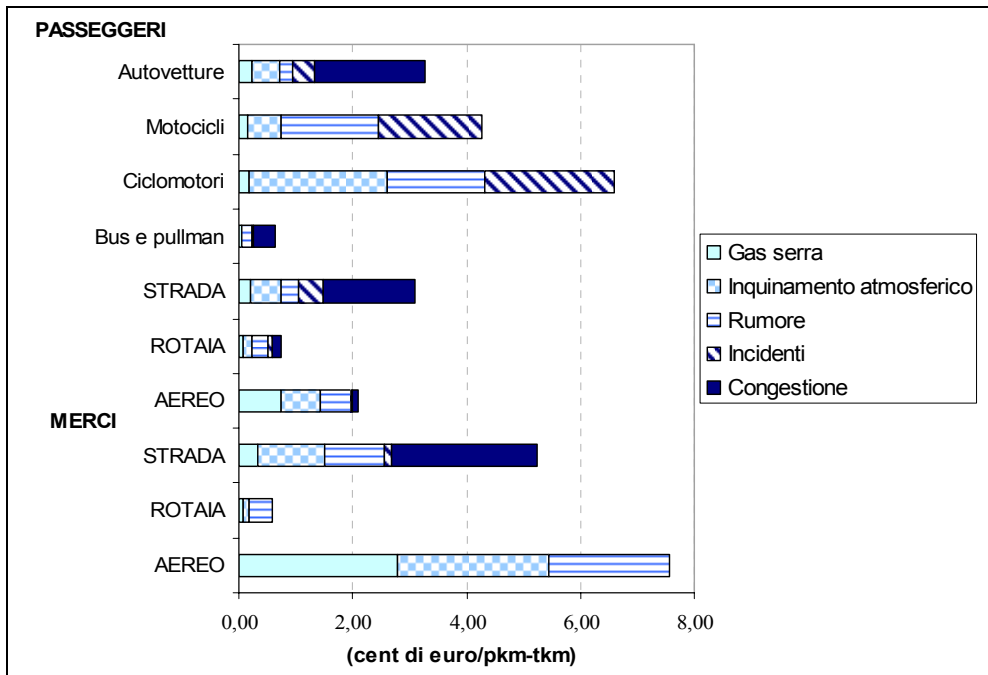
Figura 1.76: Costi esterni del trasporto su strada, aereo, su rotaia nel 2003



Fonte: Amici della Terra-FS

L'analisi dei costi esterni specifici riportata in Figura 1.77 evidenzia che, per quanto riguarda il trasporto passeggeri, la modalità che presenta i minori costi esterni specifici risulta essere la rotaia con 0,72 cent euro/pkm, seguita dall'aereo con 2,10 cent euro/pkm, e quindi dalla strada con 3,07 cent euro/pkm.

Figura 1.77: Costi esterni specifici della mobilità nel 2003



Fonte: Amici della Terra -FS

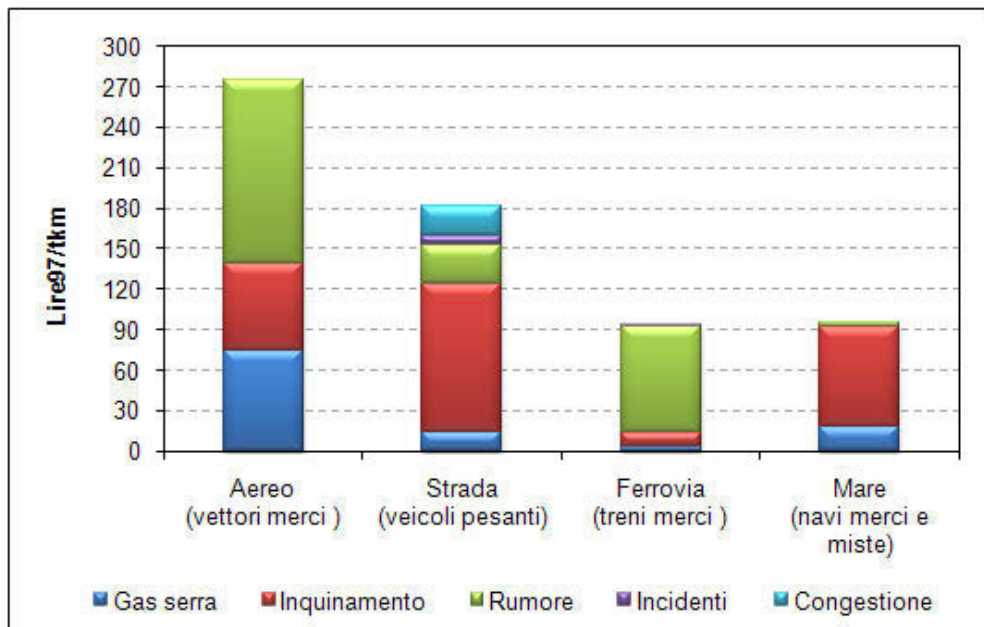
Gli autobus e i pullman risultano avere, invece, costi specifici pari a 0,93 cent/pkm, che risultano essere circa un terzo del costo specifico delle autovetture pari a 3,26 cent/pkm. Le categorie veicolari che presentano i costi specifici maggiori sono i ciclomotori e i moto cicli a causa degli incidenti, del rumore e dell'inquinamento.

La rotaia presenta il costo specifico minore anche relativamente al trasporto di merci con appena 0,62 cent/tkm.

Il V Rapporto non stima i costi esterni del trasporto via mare che, anche se risultano rispetto alla modalità di trasporto su strada relativamente più contenuti, stanno iniziando ad assumere e si prevede che nel futuro lo sarà sempre di più, con l'impiego di navi sempre più veloci un'importanza sempre maggiore.

Uno dei pochi studi esistenti che quantifica i costi esterni anche del trasporto marittimo è quello realizzato su dati del 1997 dagli Amici della Terra e Confitarma e pubblicato nel 2001 [32]. I risultati sono illustrati nella figura seguente (Figura 1.78) dove si riporta il confronto dei costi esterni specifici per le principali modalità di trasporto merci.

Figura 1.78: Costi esterni specifici della mobilità nel 1997³³



Fonte: Amici della Terra e Confitarma

³³ Costi esterni specifici espressi lire97/tkm; 1meuro=1,936 lire

Riferimenti bibliografici

- [1] Ministero dei trasporti e delle infrastrutture, Roma, 2008, "Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2006-2007", Istituto Poligrafico e Zecca dello stato
- [2] Istat, Marzo 2007, "Il trasporto in Italia. Anno 2005"
- [3] Istat, Maggio 2007 "Trasporto merci su strada, anni 2000-2005"
- [4] Centro Studi Confetra, Luglio 2007, "Commercio Estero e Trasporti", Quaderno N.3.
- [5] Centro studi Confetra, Ottobre 2007, "Nota congiunturale sul trasporto merci" http://www.confetra.com/it/centrostudi/doc_pdf/notacongiunturale_NC2-07.pdf
- [6] Eurostat: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- [7] European Union, Directorate-General for Energy and Transport, "Energy & Transport in Figures 2007-2008, Part 3: Transport"
- [8] Isfort, 2008 "La domanda di mobilità degli italiani", Rapporto Congiunturale di fine anno 2008
- [9] <http://www.ferroviedellostato.it/>
- [10] Uniontrasporti, Ottobre 2007, "Linee di sviluppo dell'intermodalità e dei centri logistici in Europa"
- [11] ACI-Eurispes, "Rapporto sulla qualità della mobilità nelle province italiane" Roma Settembre 2006
- [12] Istat, "Statistiche dei trasporti Anno 2004"
- [13] Isfort, Dicembre 2007, "Logistica italiana: i limiti e i vantaggi di un modello fragile"
- [14] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Albo autotrasportatori, "Indagine e monitoraggio sui costi e fiscalità: Aggiornamento al 01.01.2008 dei costi delle imprese italiane di autotrasporto di cose per conto di terzi raffrontati con quelli di analoghe imprese appartenenti a Germania, Francia, Spagna, Austria, Slovenia, Ungheria, Polonia e Romania" Parte A, B, Maggio 2008
- [15] Andrea Giuricin Istituto Bruno Leoni, Dicembre 2007, "Liberalizzare le ferrovie: Gli esempi europei e il ritardo italiano"
- [16] Ministero Trasporti, CNEL, Aprile 2007, "Libro bianco: stato della sicurezza stradale, attuazione del piano nazionale, prime valutazioni di efficacia"
- [17] Istat, ACI, Dicembre 2007, "Incidenti stradali- Anno 2006"
- [18] OMS, 2004, "World report on road traffic injury prevention"
- [19] World Health Organization, 2007, "Youth and road safety"
- [20] Eurosafe, April 2008 "Injuries in the European Union 2003-2005"

- [21] APAT, 2008, Marzo 2008, "Qualità dell'ambiente urbano. IV Rapporto. Edizione 2007". (www.areeurbane.APAT.gov.it/)
- [22] EEA, published April 2008 "Exceedance of air quality limit values in urban areas (CSI 004) – Assessment"
- [23] APAT, 2007, "Tematiche in primo piano. Annuario dati ambientali 2007", dicembre 2007 (<http://annuario.APAT.it/>)
- [24] IPCC, 2007, Geneva, Switzerland, 2008, "Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)].
- [25] EEA, "GHG emission trends and projections in Europe 2007"
- [26] EEA, March 2008, "Climate for a transport change - TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union"
- [27] Ministry for the Environment, Land and Sea, November 2007, "Fourth National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change - Italy"
- [28] Pigou, A.C. (1920) – Macmillan, "The Economics of Welfare", London
- [29] INFRAS, IWW, October 2004, "External costs of Transport" Update study
- [30] European Parliament, June 2007, "External costs of maritime transport"
- [31] Amici della Terra, 2006, "I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia – V Rapporto"
- [32] P.L. Lombard, A. Molocchi, 2001, "Navigazione e ambiente:un confronto con i costi esterni delle altre modalità di trasporto", Franco Angeli
- [33] COM(2001) 370,"La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte"

2 APPROFONDIMENTI TEMATICI

2.1 Mobilità passeggeri di corto raggio

La mobilità passeggeri di corto raggio, in continua crescita, è attualmente fortemente congestionata e ambientalmente poco sostenibile. Si è ritenuto quindi opportuno approfondire due delle principali cause di questa situazione: l'aumento del pendolarismo ed un servizio pubblico sia in ambito urbano che regionale non adeguato ed inefficiente rifacendosi anche ai più recenti studi sul tema prodotti dall'Isfort-ASSTRA, CENSIS ecc.

2.1.1 *Il pendolarismo*

Negli ultimi anni si è registrato un cambiamento della struttura della domanda di mobilità rispetto al perimetro urbano³⁴; infatti la mobilità pendolare (ovvero gli spostamenti giornalieri sistematici per motivi di studio o lavoro al di fuori del proprio Comune) è passata da 8,7 milioni di persone nel 1991, a 13,1 milioni del 2007.

L'aumento della domanda di trasporto pendolare è da attribuirsi alla recente evoluzione socioeconomica del Paese dovuta ad almeno tre aspetti: a) l'aumento degli occupati, passati dai 21,6 milioni del 2001 a quasi 23 milioni nel 2007; b) l'incremento degli studenti delle scuole secondarie di II grado e degli iscritti all'università, aumentati dai 4,2 milioni del 2001 ad oltre 4,5 milioni; c) il fenomeno di "diffusione abitativa" nei Comuni della prima cintura (+9,3% tra il 1991 e il 2006) e, ancor più, della seconda corona urbana (+13,8%) [1].

Infatti la forte crescita dei prezzi delle abitazioni ha provocato l'"emigrazione" di centinaia di migliaia di persone nei Comuni limitrofi alle grandi città, le periferie delle principali metropoli si sono estese inglobando i Comuni limitrofi ed inoltre molte attività, servizi e uffici si sono spostati in periferia. Queste trasformazioni hanno determinato e stanno determinando significative modifiche alla domanda di mobilità.

Il pendolarismo si manifesta soprattutto a livello locale, con spostamenti in gran parte su percorsi di limitata estensione territoriale. Per quasi l'80% la destinazione è fra Comuni della stessa provincia di residenza. La distanza percorsa in media è di 24,2 km, e solo il 28% dei viaggiatori pendolari copre giornalmente tratte che superano i 25 km, soltanto un terzo degli spostamenti dei pendolari richiede più di 45 minuti, e in media si impiegano 42,8 minuti per ciascun tragitto.

³⁴ Situazione confermata dai risultati di un'indagine effettuata dal Censis nel 2007 sul pendolarismo rivolta a 2000 pendolari sul territorio nazionale.

Il treno viene utilizzato dal 14,8% dei pendolari come unico mezzo o in combinazione con altri e acquista una quota rilevante con gli studenti raggiungendo il 37,2% del totale; gli autobus extraurbani registrano una quota pari al 10,7%.

Si conferma il ruolo predominante dell'auto privata, usata dal 70,2% dei pendolari, soprattutto lavoratori (l'80,7% contro il 35,7% degli studenti) contrariamente alle principali città europee dove, invece prevale il trasporto pubblico: ferrovia, metro, autobus.

I pendolari che utilizzano l'auto per spostarsi denunciano forti disagi dovuti alla congestione sulle direttrici di ingresso alle città oltre a difficoltà di trovare parcheggio [1]; coloro che utilizzano il trasporto pubblico lamentano invece sovraffollamento dei vagoni e ritardi, difatti il servizio non è adeguato alla domanda e lontanissimo dagli standard di qualità europei.

Il motivo principale di questa situazione è da attribuirsi ad investimenti infrastrutturali insufficienti e a scarse politiche sulla mobilità a sostegno e sviluppo del trasporto collettivo.

Il Governo, nel maggio 2007, aveva promesso un "piano per 1000 nuovi treni per i pendolari entro il 2011", ma la Finanziaria 2008 non solo non mantiene le promesse fatte ma addirittura diminuisce le risorse finanziarie per il servizio ferroviario regionale che sono persino inferiori a quelle del 2000; il principale gestore ferroviario Trenitalia ha già annunciato che, in assenza di interventi, taglierà un treno ogni quattro del servizio regionale proprio nel momento in cui si registra un aumento della domanda.

I passeggeri trasportati dalle ferrovie nel 2005 sono stati 687 milioni, 72 milioni quelli della lunga e media percorrenza con un rapporto quindi di 9 a 1 tra la domanda regionale e quella nazionale con una crescita della domanda (+7,7% tra il 2001 e il 2005 i passeggeri trasportati da Trenitalia, +8,1% i passeggeri-km) alla quale non ha corrisposto un proporzionale aumento dell'offerta (+6,3% i treni-km e +5,2% i posti-km offerti da Trenitalia nello stesso periodo di tempo).

Si è investito nell'acquisto di nuovi convogli per i collegamenti Eurostar e per l'Alta Velocità, poco o nulla si è fatto per il trasporto pendolare.

Anche le Regioni che avevano la completa competenza sulla programmazione del servizio e sugli investimenti aggiuntivi per migliorare qualità e quantità dell'offerta negli ultimi anni hanno destinato pochissime risorse.

Il rilancio del trasporto ferroviario potenziando e migliorando il servizio pendolare consentirebbe a centinaia di migliaia di persone che oggi sono obbligate a muoversi in macchina di utilizzare il treno, migliorando così la propria qualità della vita ma diminuendo anche congestione e inquinamento delle città.

2.1.2 *Il trasporto pubblico locale*

La ripresa del trasporto pubblico locale (TPL) sembra ormai essere una realtà, come dimostrano gli incrementi di domanda e offerta di servizio registrati negli ultimi anni. Nel 2008 si è registrata una crescita del 10% rispetto all'anno precedente del numero di spostamenti effettuati utilizzando il trasporto pubblico e dell'11,4% del numero dei passeggeri-km, sul quale ha senza dubbio influito anche il continuo aumento del prezzo dei carburanti. [2]

Il trasporto pubblico locale comprende: autolinee, tramvie, metropolitane, e ferrovie con servizi gestiti in prevalenza da Trenitalia e da concessionarie locali, per lo più di proprietà delle Regioni. Ogni giorno vengono trasportati circa 15 milioni di passeggeri il 78% viaggia in autolinee, il 12% in metropolitana e il 3% utilizza le ferrovie.

Nonostante gli sforzi sinora messi in campo però non si riesce a realizzare quel salto di qualità che potrebbe avvicinare le città italiane alla situazione di altre realtà europee che hanno fatto del trasporto pubblico un'alternativa al trasporto privato valida e apprezzata dall'utenza.

La quota modale rispetto alla popolazione motorizzata è bassa, soltanto il 12,9% (dato 2008) sceglie il trasporto pubblico come propria mobilità motorizzata, mentre l'81% preferisce l'auto e il 5,7% la moto o il ciclomotore.

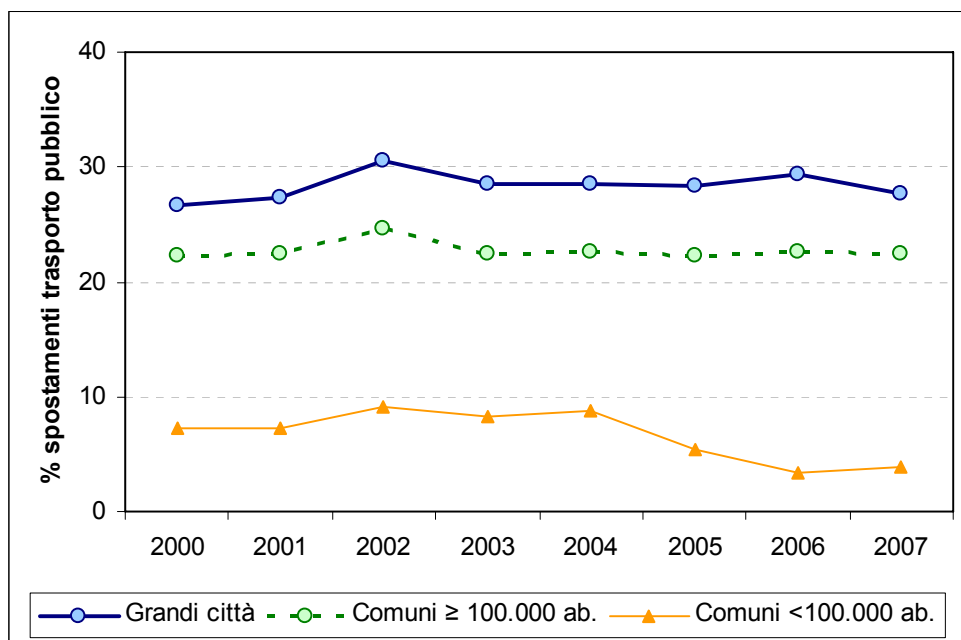
L'andamento degli ultimi anni della percentuale di spostamenti con il mezzo pubblico rispetto al totale di spostamenti motorizzati evidenzia una diminuzione dal 2002, per le grandi città, più marcata dal 2006 al 2007 (si è passati dal 29,3% al 27,7%) (Figura 2.1).

Mentre nelle città di medie dimensioni, al di sopra di 100.000 abitanti, la percentuale di coloro che utilizzano il mezzo pubblico è del 22,4% e nelle città metropolitane si arriva 27,7%, nei Comuni al disotto dei 100.000 abitanti gli autobus coprono solo il 3,9% della domanda di spostamento, anche a causa di un'offerta del servizio meno capillare e meno frequente. [3]

Passando ad esaminare la ripartizione della domanda, tra le sue componenti si evidenzia che la quota del trasporto su ferro sia di superficie che nel sottosuolo, continua a crescere raggiungendo nel 2007 il 35% del totale degli spostamenti del TPL, nell'insieme delle città con oltre 100.000 abitanti e il 38,9% nelle grandi città (grafico in Figura 2.2).

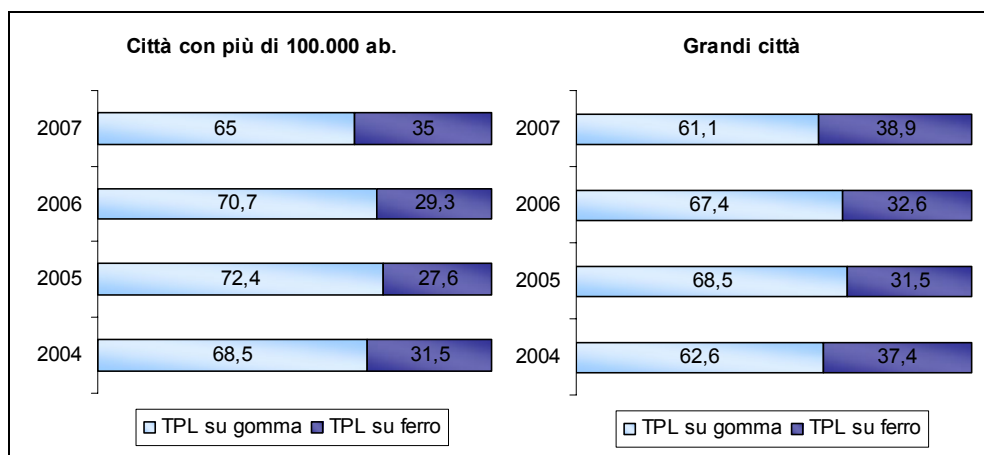
Il confronto internazionale evidenzia ancor meglio lo scarso utilizzo del TPL in Italia: in Europa i mezzi collettivi rappresentano il 64% della mobilità motorizzata nell'area metropolitana di Helsinki, il 63,6% a Parigi, il 63,5% a Madrid e il 59,1% a Barcellona; a Milano e a Roma tali valori sono rispettivamente del 47 e del 32,4%.

Figura 2.1: Andamento spostamenti con trasporto pubblico per dimensione città



Fonte: Isfort

Figura 2.2: La ripartizione del trasporto pubblico urbano tra "gomma e "ferro" (% spost.)



Fonte: Isfort

Tabella 2.1: Evoluzione trasporto pubblico su gomma passeggeri in Europa (Ml pass-km)

Paese	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	% '95/'06
Francia	41,6	43,0	41,3	42,2	42,7	44,0	43,9	44,9	7,9
Germania	68,5	69,0	68,7	67,5	67,5	67,8	67,1	66,2	-3,4
Regno Unito	44,3	47,0	47,0	47,0	47,0	48,0	49,0	50,0	12,9
Italia	87,1	93,6	95,6	97,1	98,3	99,8	101,2	102,7	17,9
Spagna	39,6	50,3	51,7	50,1	49,2	53,5	53,2	49,4	24,7
Polonia	34,0	31,7	31,0	29,3	30,0	30,1	29,3	28,1	-17,4
Olanda	12,0	11,3	11,4	10,8	11,3	11,6	11,8	12,0	0,0
Ungheria	16,6	18,7	18,6	18,9	18,7	18,2	17,8	17,9	7,8
Belgio	13,1	13,3	13,8	15,0	16,5	17,1	17,5	18,1	38,2
Svezia	9,7	9,5	9,2	9,3	9,1	8,9	8,8	8,7	-10,3
EU27	500,9	514,2	515,9	514,3	514,8	521,3	523,3	522,6	4,3
EU15	377,2	401,5	402,8	402,3	405,7	414,9	416,9	416,9	10,5
EU12	123,7	112,7	113,1	112,0	109,1	106,4	106,4	105,6	-14,6

Fonte: European Commission, Eurostat, 2007

In Tabella 2.1 e Tabella 2.2 si riporta l'andamento del traffico passeggeri che utilizza il trasporto pubblico in Europa, rispettivamente su gomma e su ferro; per quanto riguarda il trasporto pubblico su gomma l'Italia continua a confermare la sua supremazia con una crescita che negli ultimi 10 anni è stata di circa il 18%, molto maggiore della media europea, considerando che l'Europa a 12 ha fatto registrare addirittura una riduzione del traffico.

Relativamente al trasporto pubblico con tram e metro, invece, l'Italia si trova al 5° posto in termini milioni di passeggeri-km dopo Francia, Germania, Regno Unito e Spagna; la crescita dal 1995 è stata più bassa della media europea, sia dell'Europa allargata a 27 che dell'EU15.

Mettendo a confronto l'utilizzo del mezzo pubblico nelle principali città europee³⁵ e utilizzando come indicatore il numero di passeggeri/abitante, calcolato prendendo come riferimento il potenziale bacino di utenza più esteso dell'area comunale, risulta che l'area urbana di Praga registra il valore più elevato con 718 passeggeri per abitante [4].

³⁵ Dall'esame sono state escluse Parigi, Londra, Barcellona.

Tabella 2.2: Evoluzione trasporto passeggeri su tram e metro in Europa (Ml pass-km)

Paese	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	% '95/'06
Francia	8,9	10,9	11,0	11,1	11,4	12,4	12,4	12,7	42,5
Germania	14,4	14,6	14,7	14,7	14,8	15,0	15,5	15,6	7,9
Gran Bretagna	6,8	8,3	8,3	8,3	8,3	8,6	8,6	9,1	33,1
Italia	5,3	5,6	5,6	5,9	6,0	6,0	6,0	6,1	16,7
Spagna	4,3	5,2	5,3	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2	45,9
Polonia	5,0	4,7	4,7	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	-12,0
Olanda	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	8,7
Ungheria	2,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	-8,7
Belgio	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	18,8
Svezia	1,9	2,0	2,0	2,2	2,0	2,0	2,0	2,2	11,9
EU27	71,2	77,1	77,7	78,6	79,3	81,8	82,4	83,9	17,9
EU15	48,8	54,7	55,2	56,1	56,7	58,9	60,0	61,5	26,1
EU12	22,4	22,4	22,5	22,6	22,5	22,9	22,4	22,4	0,0

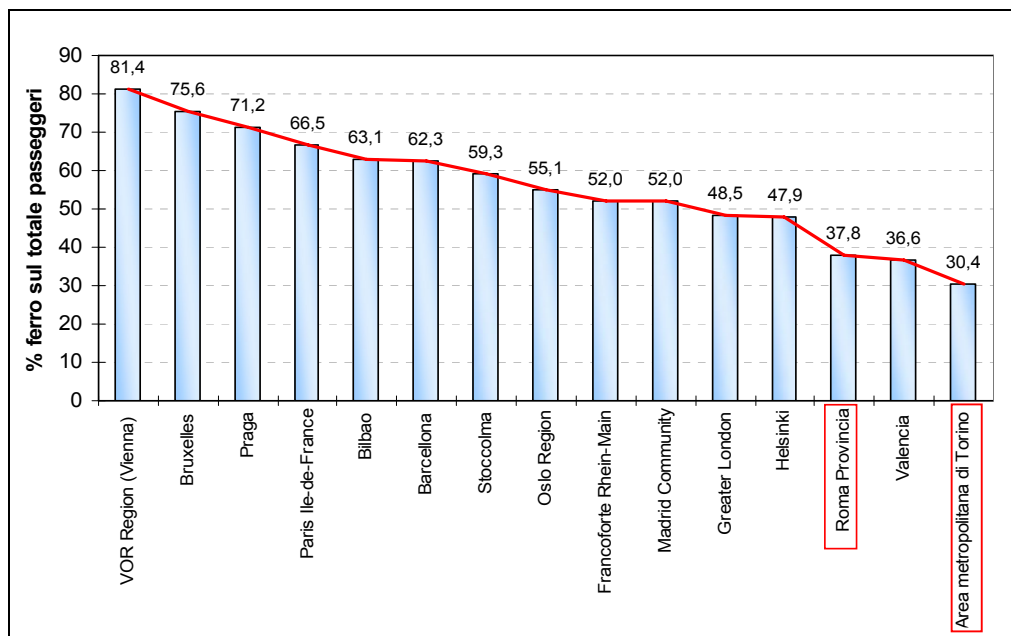
Fonte: European Commission, Eurostat, 2007

Tra le città italiane Roma e Milano presentano valori interessanti, intorno ai 500 passeggeri per abitante; da evidenziare che mentre a Roma il 74% viaggia in autobus, a Vienna la percentuale è solo del 15%, a favore della metropolitana che assorbe il 57% della domanda.

Il ferro risulta essere la modalità preferita anche a Berlino, con il 67% dei passeggeri contro il 33% che predilige l'autobus.

In Figura 2.3 viene riportata la percentuale dei passeggeri che utilizza il trasporto pubblico su ferro nelle principali città europee dal quale si evidenzia che le prime due aree italiane, Roma provincia e area metropolitana di Torino, hanno valori al di sotto del 40%.

Figura 2.3: La domanda passeggeri soddisfatta dal TPL su ferro in alcune città europee



Fonte: Isfort ed EMTA Barometer 2007

2.1.2.1 La rete e l'offerta

L'Italia è caratterizzata, rispetto alle principali città europee da una minore estensione delle reti tranviarie e metropolitane urbane. Infatti esistono divari notevoli nei principali indicatori quali: densità della rete ferroviaria, viaggiatori trasportati, quote modali, non solo con le grandi città come Londra, Parigi, Berlino ma anche con città più piccole come Vienna, Zurigo, e città dell'est come Praga.

Ad esempio la densità di rete su ferro espressa in km di rete/100 mila abitanti più elevata si ha a Berlino con 79 km di rete/100 mila abitanti, segue Vienna con 70 km di rete/100 mila abitanti mentre la prima città italiana è Milano con soli 16 km di rete/100 mila abitanti.

Il dato preoccupante è che tali divari sono tendenzialmente in aumento, anche per effetto di politiche a favore del trasporto in sede propria che vengono attuate nelle città estere, mentre in Italia gli investimenti sono ancora molto esigui, il che porta ad una situazione praticamente statica (negli ultimi 10 anni) dei principali indicatori di sviluppo dei servizi (vetture-km offerte, posti-km offerti, rinnovo del materiale rotabile, passeggeri trasportati).

Dall'indagine di Euromobility [5] sulle principali 50 città italiane risulta un quadro dell'attuale rete infrastrutturale del TPL: 44 città sono dotate di una rete di autobus, sette di rete tranviaria, nove di rete filoviaria; le linee di me-

metropolitana sono attualmente in esercizio in 6 città e una nuova linea è in costruzione a Brescia.

Queste due ultime infrastrutture sono localizzate per la maggior parte al Centro-Nord; al Sud solo Napoli e Cagliari possiedono la filovia, mentre solo nel capoluogo partenopeo è presente la tramvia.

L'estensione chilometrica complessiva della rete è abbastanza proporzionale al numero degli abitanti e alla grandezza del territorio comunale; la quantità di offerta di servizio pro capite, considerando tutte le modalità espressa in termini di vett-km/popolazione è alta a Torino, Cagliari e Prato, mentre è molto bassa per Monza, Siracusa e Livorno.

Nel panorama europeo l'estensione della rete di metropolitana delle città italiane supera i 70 km solo a Napoli e Milano, valori comunque particolarmente bassi se confrontati con i 408 di Londra, i 278 di Mosca, i 108 di Barcellona³⁶. Se si esamina la dotazione di metropolitane rispetto al numero di abitanti, nel panorama europeo siamo al tredicesimo posto molto lontani da Spagna, Inghilterra, Francia e Germania.

Per quel che riguarda la rete tranviaria, solo Torino e Milano con un'estensione rispettivamente di 100 km e 180 km e, con un'offerta di 18 linee ciascuna, dispongono di una rete confrontabile con le altre città europee ad eccezione di Berlino che si distingue per un'estensione particolarmente elevata di 303 km e un'offerta di 49 linee³⁷.

Riguardo alle corsie preferenziali, il rapporto tra km di corsie preferenziali e rete totale è generalmente molto basso intorno al 3%, tranne che per Monza e Milano, dove si supera il 14%; sette città non dispongono di alcun tratto con corsia preferenziale, mentre in altrettante città l'estensione è inferiore ai due chilometri.

Sebbene i dati disponibili siano pochi sembra che non ci sia un'influenza delle corsie riservate sulla velocità media dei mezzi di TPL, questo probabilmente è dovuto al fatto che l'incidenza della rete riservata sul totale è ancora troppo bassa.

Molte città stanno aumentando l'estensione della propria rete riservata ma nel contempo i dati dell'"Osservatorio Audimob", seppur indicativi e calcolati sulla base delle informazioni sulla lunghezza e sulla durata di ciascuno spostamento fornite dagli'intervistati, evidenziano una diminuzione nel corso del 2007 della velocità media da 15,3 km/h a 14,1 km/h, a fronte peraltro di un piccolo miglioramento registrato dai mezzi privati (da 24,5 km/h a 25,3 km/h).

³⁶ I dati europei sono riferiti al 2004 fonte Isfort su dati EMTA.

³⁷ I dati europei sono riferiti al 2002 quelli nazionali al 2004 fonte Isfort su dati EMTA.

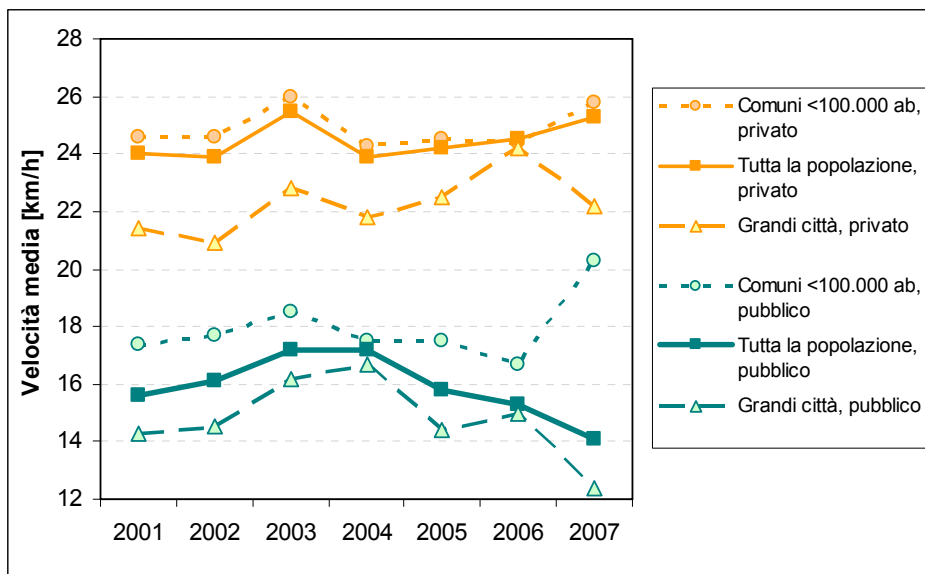
Si evidenzia un andamento differente tra le grandi città, dove la velocità sia del privato sia del pubblico è diminuita e i piccoli centri dove si è avuto un aumento consistente di entrambe.

Inoltre esistono differenze significative anche tra le varie città dai 13,3 km/h di Catania ai 18,5 km/h di Livorno, valori che comunque rimangono tra i più bassi d'Europa, dato particolarmente preoccupante in quanto incide in modo significativo sui costi e sull'efficienza del servizio.

L'offerta del servizio relativamente agli autobus nel 2007 è stata di circa 60.000 milioni di posti-km (fonte ISTAT) in aumento dello 0,5% rispetto al 2006. La densità di offerta, indicatore dell'efficacia del TPL, espressa in termini di posti-km ogni mille abitanti o di vetture-km per km² di area servita è molto diversificata, risulta maggiore in alcune città (Milano, Trieste, Genova, Roma).

Da sottolineare che tale indicatore di efficacia del servizio è molto importante in quanto strettamente correlato ad elevate frequenze e maggiore confort e pertanto in grado di influenzare le scelte degli utenti e fare aumentare la quota modale del trasporto pubblico (Figura 2.4).

Figura 2.4: La velocità media degli spostamenti urbani per mezzo di trasporto



Fonte Isfort

Il rapporto tra posti-km offerti e passeggeri trasportati, indice della capacità di intercettare passeggeri, evidenzia che il servizio erogato non riesce a soddisfare adeguatamente la domanda con conseguente affollamento dei mezzi soprattutto nelle ore di punta per molte città italiane (Milano, Bologna, Firenze), la situazione è ancora più critica in molte città del Sud³⁸.

2.1.2.2 Valori di produzione e costi

La tendenza nazionale dei principali dati economici e di produzione delle aziende di TPL urbano, per urbano ed extraurbano con origine e destinazione nel territorio capoluogo viene fornito dai risultati di un monitoraggio su un campione di 46 imprese appartenenti ad ASSTRA effettuato dal 2002 al 2006 [6]; in Figura 2.5 viene riportato l'andamento dei principali dati di produzione dai quali risulta che nel periodo di riferimento si sono registrati lievi incrementi della produzione chilometrica (+2%), raggiungendo nel 2006 circa 1.530.000.000 vetture-km; accompagnati da un contestuale e di pari misura aumento dei passeggeri trasportati, circa 5 miliardi. Si notano anche gli effetti delle politiche di svecchiamento del parco che in pochi anni hanno portato l'età media degli autobus da 10 a 8 anni.

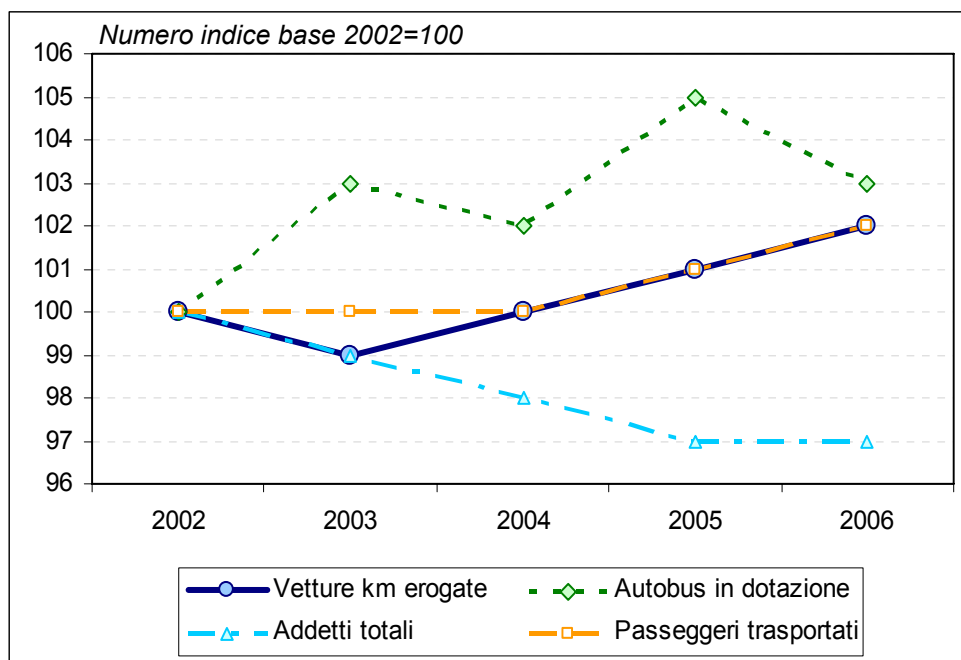
La consistenza del parco veicolare, invece, dopo un trend positivo di crescita registra un arresto dovuto sostanzialmente all'esaurimento degli effetti positivi generati dai contributi statali per l'acquisto e la sostituzione dei mezzi di trasporto disposti dalla legge 194/98 e successivi rifinanziamenti.

Nell'ultimo decennio, il settore del trasporto pubblico locale è stato interessato da una riforma orientata a migliorare l'efficacia e l'efficienza del servizio mediante specializzazione dei ruoli e introduzione di stimoli competitivi. I vari interventi normativi hanno ridefinito l'attribuzione delle funzioni ai soggetti pubblici e privati coinvolti nell'offerta del servizio, assegnando la competenza legislativa alle Regioni, nonché riservando alle Amministrazioni locali le funzioni di programmazione e regolazione, e contemporaneamente demandando la gestione del servizio ad aziende dedicate e specializzate.

Però al decentramento delle competenze non sono seguiti adeguati trasferimenti di risorse agli Enti locali per il finanziamento dei servizi; infatti le risorse sono rimaste sostanzialmente invariate per molti anni, per poi aumentare solo limitatamente (9%) e in modo eterogeneo tra le varie Regioni.

³⁸ Valutazione puramente indicativa, per la non omogeneità delle tecniche di rilevamento dei dati nelle varie città.

Figura 2.5: La produzione delle aziende di trasporto pubblico locale



Fonte: ASSTRA

Le aziende di TPL sono generalmente in perdita ed indebitate fino al 51% (fonte: Sole 24 Ore). Le principali criticità economiche del settore risaltano nel raffronto con gli altri paesi europei: il trasporto pubblico italiano presenta costi più elevati e tariffe più basse.

Per una stima quantitativa delle differenze si possono confrontare i costi unitari di produzione nel TPL italiano rispetto a realtà equivalenti dell'Unione Europea, purtroppo per carenza di dati occorre rifarsi alla relazione di accompagnamento alla proposta di regolamento del settore del 26 luglio 2000 (ultimo dato disponibile) che riporta i valori di costo per vettura-km nell'insieme dei quindici paesi allora facenti parte dell'UE (Tabella 2.3).

Dalla Tabella 2.3 si evince anche che la concorrenza sembra effettivamente in grado di abbattere i costi di produzione se si considera che il costo per vettura-km dei mercati senza concorrenza risultava più che doppio rispetto ai mercati liberalizzati e più elevato del 35% rispetto ai mercati a concorrenza controllata.

I costi sono aumentati in quattro anni dal 2002 al 2006 del 12,7% e dal 2005 al 2006 del 3,2%, i ricavi da traffico del 9,6% dal 2002 al 2005 solo dello 0,8% dal 2005 al 2006.

Tabella 2.3: Costo per vettura km nell'UE sulla base della forma di mercato (2000)

Forma di mercato	Costo per vettura km
Mercati chiusi: Austria, Belgio, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi	3,02 euro
Mercati a concorrenza controllata: Danimarca, Finlandia, Francia, Portogallo, Spagna, Svezia	2,26 euro
Mercati liberalizzati: Regno Unito con esclusione dell'area metropolitana di Londra e dell'Irlanda del Nord	1,44 euro

Fonte: Unione Europea

La tariffa media calcolata come rapporto tra i ricavi da traffico e passeggeri trasportati è rimasta invariata rispetto al 2005. In cinque anni il prezzo del biglietto è aumentato in media del 21% non superando comunque il costo di 1 euro e rimanendo tra i più bassi di Europa dove si ha una oscillazione tra 1 e 2,2 euro.

Il rapporto ricavi da traffico e costi operativi per il trasporto pubblico su gomma italiano è tra i più bassi nel contesto europeo (Figura 2.6), in ulteriore diminuzione nel 2006 raggiungendo appena il 30,2% a causa di una crescita superiore dei costi operativi del 3,2% rispetto ai ricavi.

Da quanto appena riportato risulta che le aziende di trasporto pubblico si trovano in enormi difficoltà, hanno costi sempre crescenti e spesso non controllabili (carburanti, assicurazioni) e ricavi provenienti dalla bigliettazione esigui così come i contributi pubblici; stanno operando gradualmente aumenti dell'offerta in termini di vetture-km e miglioramenti sulle flotte (rinnovo parco, aria condizionata ecc.) e sui servizi (maggiore informazione, innovazione tecnologiche nella bigliettazione ecc.) ma non hanno la possibilità di fare grossi investimenti e inoltre non riescono a sopperire alle carenze strutturali (scarsità di rete preferenziale e congestione stradale) che inducono mancanza di puntualità e scarsa velocità di percorrenza rendendo poco attraente il trasporto pubblico, con un grado di soddisfazione di chi usa i mezzi pubblici (autobus e tram) che nel 2007 è diminuito soprattutto nelle grandi città.

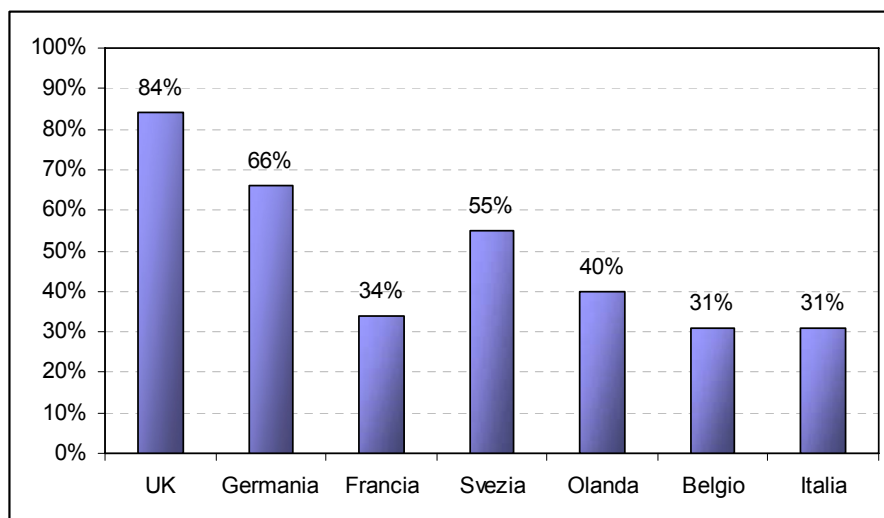
Ennio Cascetta, assessore ai Trasporti della Regione Campania afferma che "... per rilanciare il settore servirebbero 12 miliardi di euro per il potenziamento ed il rinnovamento complessivo del materiale rotabile (bus, tram, treni) e 21 miliardi per le infrastrutture di trasporto rapido di massa a cominciare dalle metropolitane."

Tabella 2.4: Costi e ricavi unitari aziende trasporto pubblico urbano (campione ASSTRA)

	2002	2005	2006	Diff. % 2006-2005
Costi operativi per vettura km (euro)	3,71	4,05	4,18	3,2
Costi operativi per passeggero (euro)	0,96	1,05	1,07	1,9
Ricavi da traffico per vettura (euro)	1,15	1,25	1,26	0,8
Ricavi da traffico per passeggero (euro)	0,30	0,32	0,32	0,0
Ricavi totali per addetto (euro)	64.928	70.000	74.005	5,7

Fonte: ASSTRA

Figura 2.6: Rapporto ricavi da traffico e costi operativi trasporto su gomma in Europa



Fonte: ASSTRA-2005

2.2 Trasporto merci intermodale

Il trasporto intermodale viene definito dalla Commissione Europea nel 1997 [7] come: "... a characteristic of a transport system, that allows at least two different modes to be used in an integrated manner in a door to door transport chain ... Intermodality clearly is not about forcing a specific modal split. However, by improving the connections between all modes of transport and integrating them into a single system, intermodality allows a better use to be made of rail, inland waterborne transport and short sea shipping which, by themselves, in many cases do not allow door to door delivery."

Le istituzioni sia su scala nazionale che europea puntano sullo sviluppo dell'intermodalità per contenere la continua crescita del trasporto su gomma e per rendere più efficiente, razionale e meno inquinante il trasporto merci.

Nell'UE a 27, nel 2006 la modalità stradale superava il 72% [8] del totale delle modalità utilizzate per il trasporto di carichi. In Tabella 2.5 viene riportata l'evoluzione del traffico merci in Europa per modo di trasporto e la crescita negli ultimi 11 anni; tralasciando il trasporto aereo che occupa una quota irrilevante la strada è la modalità che ha avuto l'incremento maggiore.

Le previsioni della Commissione Europea (2006) confermano per il 2010 e il 2030 lo squilibrio modale verso la strada e stimano che la percentuale stradale resti praticamente invariata intorno al 74%.

Mentre prima per l'Unione Europea l'obiettivo principale era quello di trasferire quote consistenti di merci dalla modalità stradale ad altre modalità soprattutto ferroviaria, ora si riconosce che il trasporto su strada gioca un ruolo insostituibile, avendo la capacità di trasportare merci ovunque e al costo più basso, e che la ferrovia non è ancora in grado di fornire un'alternativa valida e si parla di co-modalità.

L'Italia, che dispone di un sistema portuale di respiro internazionale e di una rete di interporti unica in Europa, ha sulla carta ottime possibilità per lo sviluppo del trasporto intermodale; tuttavia è necessario mettere "a rete" tale sistema, differenziando le funzioni di ciascuno scalo in relazione alle proprie effettive potenzialità, evitando di disperdere inutilmente le risorse necessarie all'inevitabile adeguamento infrastrutturale.

Tabella 2.5: Evoluzione del traffico merci in Europa 27 per modo di trasporto

Merci (Miliardi t- km)	Strada	Ferro	Vie Navi- gabili	Mare	Oleodotti	Aereo	Totale
2006	1.888	435	138	135	1.545	3,0	4.143
2005	1.800	413	138	136	1.530	2,9	4.020
2000	1.519	401	133	126	1.348	2,7	3.529
1995	1.289	386	121	115	1.150	2,0	3.062
% crescita 95/06	+ 46,5	+ 12,6	+ 14,5	+ 17,2	+ 34,3	+ 50,0	+ 35,3
% crescita annuale	+ 3,5	+ 1,1	+ 1,2	+ 1,5	+ 2,7	+ 3,8	+ 2,8
% crescita 05/06	+ 4,9	+ 5,2	+ 0,0	- 0,7	+ 1,0	+ 3,4	+ 3,1

Fonte: Eurostat

2.2.1 Trasporto intermodale terrestre

L'avvento dell'unitizzazione dei carichi ha reso possibile effettuare un ciclo di trasporto continuo nel quale la merce non subisce manipolazioni durante il trasferimento da una modalità ad un'altra; il trasporto intermodale ha conseguentemente prodotto un adeguamento delle infrastrutture e dei mezzi di trasporto e di movimentazione nonché una nuova organizzazione logistica.

Il trasporto intermodale può essere suddiviso in diverse tipologie secondo la modalità di trasporto principale utilizzata (Tabella 2.6).

Il successo del trasporto combinato strada-rotaia e mare-rotaia all'interno dell'Unione Europea dipende dal rilancio della ferrovia che rappresenta un mezzo di trasporto dotato di un notevole potenziale di crescita sulle lunghe distanze.

Purtroppo l'attuale rete ferroviaria europea risente di una mancanza d'ammmodernamento: inoltre i treni merci viaggiano generalmente sulle stesse linee dei treni passeggeri che hanno la precedenza, occorre quindi realizzare linee internazionali efficienti, le cui infrastrutture siano riservate al trasporto merci in esclusiva o almeno per certe fasce orarie della giornata. Questo è uno degli obiettivi che si intende raggiungere con la realizzazione della Rete Transeuropea dedicata esclusivamente al trasporto merci. In Italia è prevista la realizzazione della rete ad Alta Velocità/Alta Capacità lungo la direttrice tirrenica che consentirà di migliorare i collegamenti con i mercati centrali europei.

Tabella 2.6: Tipologie di trasporto e unità di carico intermodali

Tipologia di trasporto intermodale	Specializzazioni del trasporto intermodale	Unità di carico intermodale
Trasporto intermodale ferroviario	Trasporto combinato strada/rotaia	Casse mobili, semirimorchi
	Trasporto combinato mare/rotaia	Container marittimi
	Autostrada viaggiante	Veicoli completi
Trasporto intermodale marittimo	Roll on / Roll off (Ro-Ro)	Semirimorchi Veicoli completi
	Load on/ Load off (Lo-Lo)	Container marittimi
Trasporto intermodale per vie navigabili	Load on/ Load off (Lo-Lo)	Container marittimi

Fonte: Oliviero Bacelli

2.2.1.1 La domanda di trasporto

Nel 2006 in Italia, le merci trasportate dalle grandi imprese ferroviarie per via intermodale ammontavano ad un totale di circa 34 milioni di tonnellate (più del 40% del totale del trasporto ferroviario), ancora in calo -1,2% rispetto all'anno precedente, ma in modo più attenuato.

Le tonnellate-km, che ammontano a circa 9,5 miliardi, sono invece in aumento del 2% rispetto al 2005 [9].

Più precisamente il trasporto intermodale nazionale, espresso in termini di tonnellate, ha registrato una crescita del 4,6% mentre il trasporto internazionale ha registrato una flessione di circa il 4,0% in uscita e di circa il 7,6% in entrata; variazioni positive si sono registrate solo per i veicoli stradali accompagnati (circa 10% in uscita e in entrata).

Stessa tendenza si è avuta per le tonnellate-km con un incremento di circa l'4,6% nel traffico nazionale e riduzione dell' 7% in entrata ed un leggero aumento in uscita dello 0,4% in quello internazionale.

Tabella 2.7: Il trasporto ferroviario intermodale per unità di trasporto dal 2004 al 2006

Unità di trasporto intermodale	2004		2005		2006	
	Migliaia t	Milioni t-km	Migliaia t	Milioni t-km	Migliaia t	Milioni t-km
NAZIONALE						
Container e casse mobili	14.589	6.006	15.620	6.485	16.326	6.765
Semirimorchi non accompagnati	48	61	41	50	61	69
Veicoli stradali accompagnati	0,7	0,3	1,7	1.2	-	-
Totale	14.637	6.068	15.663	6.535	16.387	6.834
INTERNAZIONALE IN USCITA						
Container e casse mobili	6.929	943	5.034	752	4.470	703
Semirimorchi non accompagnati	1.334	207	1.169	199	1.185	222
Veicoli stradali accompagnati	1.660	216	2.155	260	2.366	291
Totale	9.923	1.366	8.358	1.211	8.022	1.216

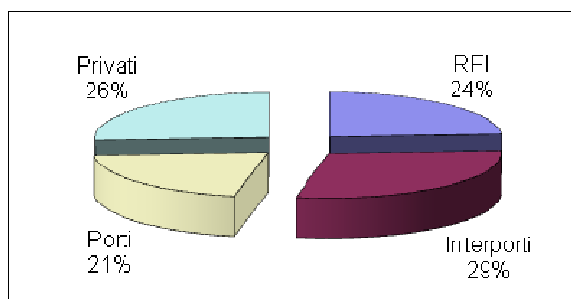
Unità di trasporto intermodale	2004		2005		2006	
	Migliaia t	Milioni t-km	Migliaia t	Milioni t-km	Migliaia t	Milioni t-km
INTERNAZIONALE IN ENTRATA						
Container e casse mobili	10.429	1.552	6.850	1.117	6.120	979
Semirimorchi non accompagnati	1.511	222	1.305	218	1.223	235
Veicoli stradali accompagnati	1.783	226	2.310	275	2.329	282
Totale	13.723	2.001	10.466	1.610	9.673	1.496
TOTALE						
Container e casse mobili	31.947	8.502	27.504	8.354	26.917	8.447
Semirimorchi non accompagnati	2.893	490	2.515	466	2.470	526
Veicoli stradali accompagnati	3.444	442	4.467	537	4.696	573
Totale	38.283	9.435	34.487	9.356	34.082	9.546

Fonte: ISTAT

La Figura 2.7 riporta la suddivisione del traffico intermodale per tipo di terminal ed è interessante sottolineare che solo il 21% del totale del traffico ferroviario viene instradato dai porti mentre il 26% viene gestito da terminal privati [10].

La suddivisione a livello di singola area geografica evidenzia inoltre che la zona Nord-Est movimentata in infrastrutture interportuali il 62% del traffico intermodale ed il 32% del traffico nazionale; Trenitalia nel 2005 ha trasportato il 90% del traffico intermodale ferroviario italiano registrando una diminuzione rispetto all'anno precedente.

Figura 2.7: Traffico ferroviario intermodale per tipo di terminal (2005)



Fonte: Infocargo

2.2.1.2 Le criticità

Attualmente il trasporto ferroviario risulta perdente nel confronto con il trasporto su gomma in quanto, anche se permette un costo del trasporto combinato leggermente inferiore a quello del trasporto su gomma (-10-15%), i suoi tempi di resa sono nettamente superiori, si passa dai 1-2 giorni della gomma a 10-15 giorni dell'intermodale. Inoltre nel trasporto intermodale è maggiore il numero di interlocutori con cui il cliente deve interfacciarsi, a meno che non ricorra ad un operatore multimodale, il che comporta senza dubbio tempi maggiori nella fase preparatoria del viaggio.

Le criticità maggiori e le più grandi perdite di tempo si hanno nei nodi e non sulle linee e più aumenta la velocità sulle linee, più si aggravano le criticità nei nodi; infatti il 75% dei ritardi dei treni merci intermodali si accumulano in prossimità o dentro i nodi e in particolare nel cosiddetto ultimo miglio ferroviario. I tempi necessari per effettuare i servizi nei tratti terminali hanno un'elevatissima incidenza su quelli complessivi di percorrenza dei treni (dal 20% al 200%).

Per rilanciare la ferrovia occorrerebbero interventi infrastrutturali nei nodi in modo di avere strutture adatte a ricevere e far partire i treni blocco (600-650 metri di binari), si devono sostituire i vecchi impianti ancora presenti nella maggior parte dei porti che non consentono di comporre o scomporre il treno velocemente ma richiedono un certo numero di manovre tutte necessarie e costose.

È necessaria inoltre un'innovazione di processo nei centri intermodali per ridurre i tempi morti come i tempi di carico e scarico dei vettori ed infine la realizzazione di reti telematiche per velocizzare lo scambio di informazioni e documenti tra i diversi operatori.

Occorre trasferire il più velocemente possibile la merce prima dello sdoganamento e dei controlli dai porti presso gli interporti che godono di strutture più ricettive e dove è quindi possibile effettuare con maggiore efficienza ed a costi più contenuti tutte le attività di sdoganamento e di consegna a destinazione finale. Vanno pertanto aumentati i treni di collegamento tra i porti e gli interporti; caso esemplare è l'interporto di Nola che ha registrato nel 2007 una movimentazione di 5 milioni di tonnellate con un incremento del 16% ma, dato più importante, è l'aumento del 60% (rispetto al 2006) dell'attività ferroviaria sia con il porto di Salerno che con il porto di Napoli.

Attualmente sono in corso progetti in diversi porti italiani per la realizzazione di collegamenti su ferro tra il porto e gli interporti vicini ad esempio tra il porto di Genova e l'interporto di Alessandria, il porto della Spezia e l'interporto di Parma.

Nel contempo sarebbe opportuno adottare politiche parallele che scoraggino il trasporto su gomma, ad esempio: aumentare le tariffe dei pedaggi autostradali, le accise sul carburante, ed altri tipi di tasse di circolazione. L'impresa ferroviaria però dovrebbe diventare efficiente e ben organizzata ed avere un sistema di tariffe almeno confrontabile con quelle dell'autotrasporto.

Se si confrontano i costi di trasporto medi su ferro e su gomma per merci e per persone nell'Europa a 25 con quelli degli USA riportati in Tabella 2.8, si osserva che mentre la differenza di costo tra treno e gomma del trasporto passeggeri tra i due continenti è paragonabile, il costo del trasporto della merce via ferrovia è molto minore negli USA rispetto al costo del trasporto su strada (19 euro) il che spiega il fatto che la quantità di merce trasportata in USA su ferro è circa il 50% maggiore di quella europea; gli operatori del trasporto europei di fatto non sono incentivati a scegliere la modalità ferroviaria perché meno costosa.

Per rilanciare la ferrovia è quindi necessario intervenire anche sulla trasparenza dei costi e sul miglioramento della qualità del servizio, il che verrebbe garantito dalla apertura alla concorrenza del mercato dei trasporti ferroviario.

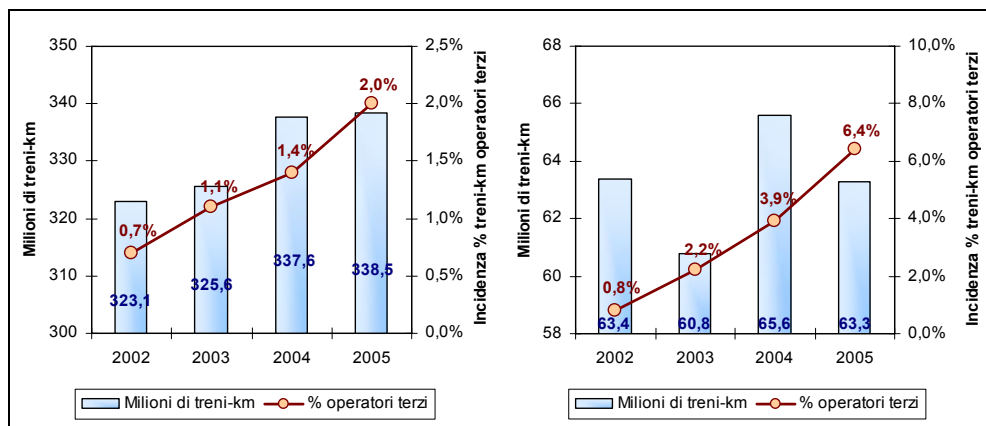
La Svezia ed il Regno Unito sono i due paesi europei in cui ormai da diversi anni il mercato ferroviario è liberalizzato. In entrambi i paesi si è riscontrata una crescita del trasporto ferroviario sia merci che passeggeri di molto superiore alla media europea; il mercato inglese ha registrato una crescita del trasporto passeggeri del 50% rispetto al 1995.

Il mercato italiano, al contrario di quello inglese, praticamente non è liberalizzato in quanto, sebbene il decreto ministeriale 138 del 2000 imponga la separazione tra la rete e l'operatore, attualmente questa separazione di fatto non esiste essendo Rfi e Trenitalia appartenenti al gruppo FS.

Tabella 2.8: Costi di trasporto su ferro nell'Europa a 25 e in USA

	<i>EU25</i>	<i>USA</i>
Rail person (€/pkm)	17	11
Road person (€/pkm)	27	23
Rail freight (€/tkm)	11	1
Road freight (€/tkm)	14	20

Figura 2.8: Evoluzione della liberalizzazione del trasporto ferroviario sulla rete FS



Fonte: Ferrovie dello Stato, 2006

Nei grafici di Figura 2.8 viene riportato l'andamento dal 2002 al 2005 dei treni-km totali e di quelli solo merci sulla rete FS e l'incidenza in percentuale dei treni-km operati da terzi; si evidenzia il ruolo marginale degli operatori terzi che comunque stanno entrando lentamente nel mercato del trasporto e si prevede aumenteranno la loro quota nel prossimo futuro; una opportunità viene data dalla realizzazione della rete ad Alta Velocità che renderà disponibili tracce orarie che potranno essere acquistate dalla concorrenza.

2.2.2 *Trasporto marittimo container*

La crescita della domanda di trasporto delle merci in Europa in rapporto al PIL si inserisce in un contesto caratterizzato dall'aumento del traffico marittimo di container a livello mondiale, passato da circa 50 milioni di teu nel 1980 a 400 milioni attuali e con una previsione di crescita del 9% annuo fino al 2010.

Nei porti italiani nel 2006 sono stati movimentati oltre 9,8 milioni di teu in contenitori con una crescita del 2% rispetto all'anno precedente.

In Italia sono presenti 3 porti principali di transhipment (trasbordo di contenitori da nave "madre" a nave "feeder"): Gioia Tauro, Taranto e Cagliari che nel 2006 hanno movimentato 4,5 milioni di teu.

Il porto di Gioia Tauro negli anni 2005 e 2006 ha registrato un notevole calo dei traffici, ma sembra essere in ripresa: infatti nel 2007 ha movimentato 3 milioni e 445 mila teu con un incremento del 17,3% rispetto al 2006.

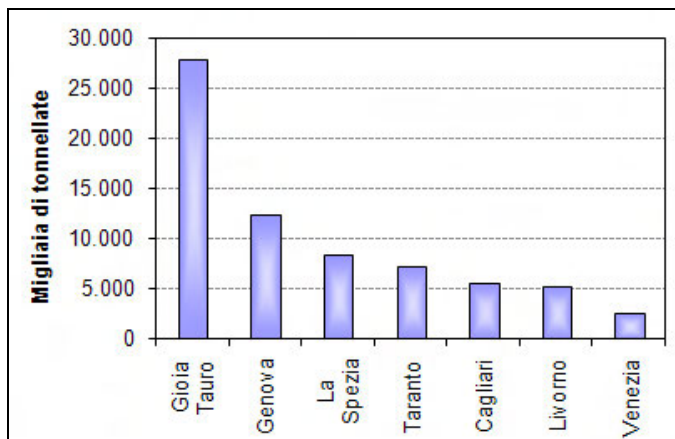
Per quanto riguarda i porti “direct call” che svolgono la funzione di porto di origine/destinazione finale della merce, partendo dal Tirreno settentrionale vi sono i porti di Genova e La Spezia con un traffico di circa 2,8 ml di teu, vi è quindi Savona con un traffico molto più esiguo di circa 231 mila teu ma che si prevede avrà un ruolo molto più importante tra breve con l’apertura del terminal container di Vado.

Scendendo lungo il Tirreno si incontra il porto di Livorno con 658 mila teu e quindi il sistema portuale campano formato da Napoli e Salerno con 804 mila teu. I porti dell’Adriatico che movimentano contenitori sono Venezia, Ravenna e Trieste con traffici più modesti che ammontano in totale a 685 mila teu. Oltre ai porti precedentemente menzionati (sia di transhipment che di direct call) che movimentano il 98% del flusso di contenitori movimentati in Italia, il restante 2% viene movimentato dai porti di Ancona, Civitavecchia, Brindisi, Palermo con un flusso totale di 186mila teu.

In Figura 2.9 vengono riportati i dati di traffico container nei principali porti italiani nel 2006.

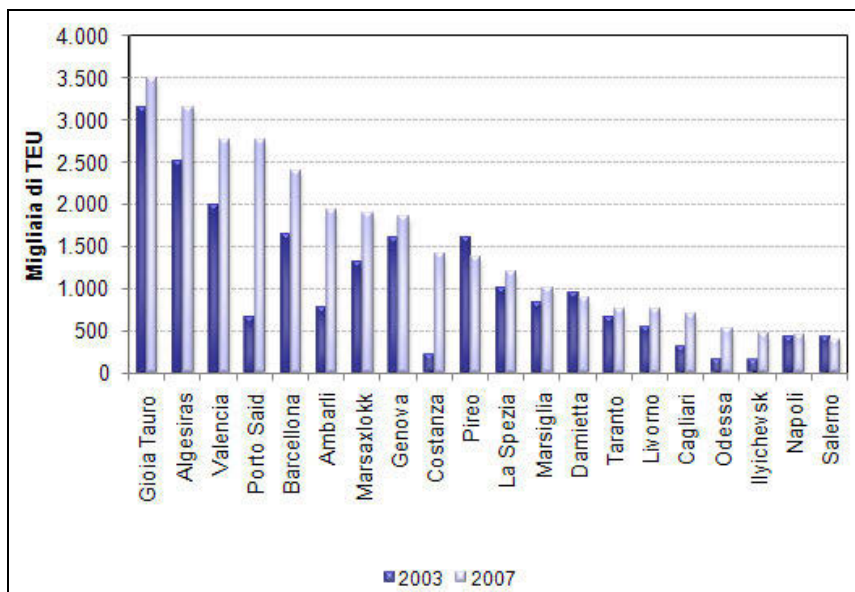
Nel confronto con gli altri paesi del Mediterraneo e del Mar Nero (Figura 2.10) l’Italia è presente, nella graduatoria del traffico marittimo container, tra i primi 20 scali con 8 porti; Gioia Tauro occupa il 5° posto tra tutti i porti europei.

Figura 2.9: Porti in cui vengono sbarcati ed imbarcati più di 2.000 migliaia di tonnellate di contenitori nel complesso della navigazione. Anno 2006



Fonte: elaborazione dati ISTAT

Figura 2.10: Movimento container nei primi 20 porti del Mediterraneo e Mar Nero



Fonte: Confetra

2.2.3 Le Autostrade del Mare

Con il termine *Autostrade del Mare (AdM)* generalmente ci si riferisce a quello specifico segmento della navigazione marittima mercantile a medio e corto raggio effettuata prevalentemente mediante l'utilizzo di navi a caricamento orizzontale (Ro-Ro) per il trasporto di rotabili accompagnati e/o non accompagnati.

L'idea di Autostrada del Mare compare per la prima volta nel libro bianco 2001 della Commissione Europea come segmento della rete TEN-T, ossia come direttrici marittime dotate di adeguati raccordi con le reti terrestri e delle necessarie interconnessioni telematiche interoperabili sia sul lato terra che sul lato mare.

Le *Autostrade del Mare* sono considerate strategiche dall'Unione Europea per il decongestionamento delle strade, la tutela dell'ambiente e la riduzione dell'incidentalità in un'ottica di sviluppo eco-sostenibile pertanto inserite all'interno dei progetti prioritari della rete TEN-T e oggetto del programma comunitario delle AdM.

Anche da parte del governo italiano ci sono state azioni a favore delle AdM a partire dal 2004 con la costituzione della società RAM (Rete Autostrade Mediterranee) a cui partecipava il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Sviluppo Italia finalizzata a promuovere i nuovi servizi marittimi mediante

un'attività di pianificazione e coordinamento delle azioni intraprese a livello locale e regionale.

Attualmente la società RAM SpA è diventata una struttura operativa del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti a partecipazione diretta (100%) del Ministero della economia e delle finanze.

I principali motivi che ostacolano il decollo delle *Autostrade del Mare*, al di là delle criticità strutturali quali l'estrema frammentazione e disomogeneità dell'autotrasporto per cui soltanto le imprese di grande-media dimensione, possono praticare il trasporto marittimo non accompagnato, dove i vantaggi economici sono più evidenti, sono imputabili al settore marittimo e portuale:

- scarsa efficacia del servizio: il numero di viaggio offerti su alcune tratte importanti è settimanale, il che complica agli autotrasportatori l'organizzazione del viaggio ed esclude il trasporto di merci che hanno frequenza tipicamente giornaliera;
- scarsa affidabilità del servizio, specialmente in inverno;
- infrastrutture inadeguate (insufficienti spazi di banchina, insufficienti spazi di piazzale, assenza di aree di parcheggio, ristrettezza dei varchi di accesso alla cinta portuale, assenza di un collegamento diretto con la viabilità primaria, impatto diretto col traffico cittadino ecc.);
- scarsa accessibilità alla rete stradale, molti porti si trovano nel centro storico delle relative città e mancano collegamenti diretti con la rete della viabilità nazionale e regionale;
- grosse perdite di tempo per l'ingresso e l'uscita dai porti;
- insufficiente coordinamento delle operazioni e del dialogo tra operatori e lungaggini burocratiche (soprattutto per l'import ed export delle merci);
- rete telematica per lo scambio di documenti poco diffusa.

Se si vuole che le AdM siano veramente competitive ed alternative rispetto alle tratte stradali occorre eliminare le strozzature, e velocizzare tutte le fasi del trasporto dalla prenotazione del passaggio nave alle operazioni di sbarco e di imbarco, alla percorrenza dell'ultimo miglio da parte del tir, al viaggio della nave e attuare misure concrete di incentivazione con sussidi finanziari quali l'ecobonus che riescono a coprire fino al 30% del costo del biglietto.

2.2.3.1 I servizi offerti

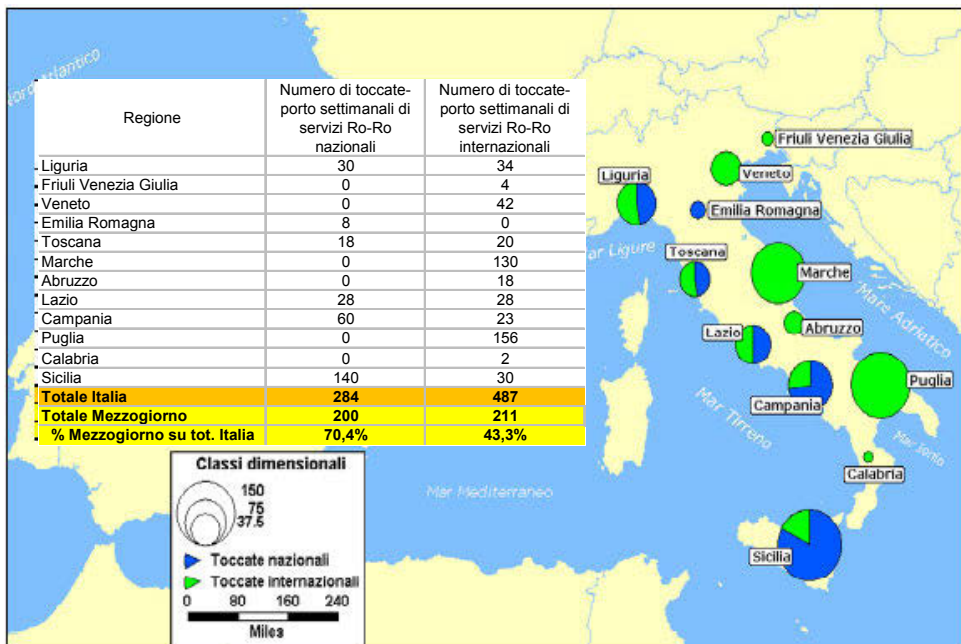
Le *Autostrade del Mare* stanno occupando un ruolo sempre maggiore nel settore del trasporto marittimo a medio e corto raggio delle merci, nel 2006 occupavano una quota pari al 10% molto vicino a quella del 14% dei container.

L'attuale sistema dei servizi Ro-Ro rende disponibili oltre 200 viaggi andata/ritorno settimanali, con una offerta pari a circa 25 milioni di metri lineari di capacità. I km lineari annui offerti dagli operatori sulle linee nazionali sono aumentati del 38% dal 2002 al 2007 raggiungendo circa 15.000 km lineari (fonte: Short Sea Shipping).

Tra il 2000 ed il 2005 l'offerta di stiva delle *Autostrade del Mare* per la Sicilia è aumentata del 113% passando da 117.000 metri lineari a 252.000 per settimana [11], quella per la Sardegna del 125%, quella dei servizi mediterranei del 350%; l'attività di investimento in nuove navi finalizzate ai servizi di *Autostrade del Mare* è stata sino ad oggi ingente, stimabile intorno ai due miliardi di euro.

Dai dati forniti dalla RAM ed elaborati dall'Università di Napoli (Figura 2.11) risulta che nel 2006 si avevano in Italia 284 toccate-porto a settimana, per quanto riguarda i servizi Ro-Ro nazionali e 487 per i servizi Ro-Ro internazionali. Dall'analisi risulta inoltre che il 70,4% del totale italiano era detenuto dai porti del Sud Italia per quanto riguarda i servizi nazionali.

Figura 2.11: Numero di toccate-porto settimanali di servizi nazionali ed internazionali riguardanti le regioni italiane



Fonte: elaborazione ENEA, Università di Napoli; dati RAM 2006

La Figura 2.11 evidenzia inoltre la diversa tipologia di traffico tra i due versanti dell'Italia: sul Tirreno si svolge un traffico che interessa prevalentemente le regioni italiane, sull'Adriatico invece un traffico di transito che per la maggior parte riguarda gli scambi internazionali, essendo diretto prevalentemente all'estero come destinazione finale; questo comporta che sul Tirreno gli operatori marittimi sono per il 90% italiani, sull'Adriatico sono per il 90% esteri (con forte presenza degli operatori greci e turchi).

Nel maggio 2007 la RAM ha pubblicato i risultati di un'analisi dalla quale risulta che le linee di AdM in partenza e arrivo dai porti italiani sono così suddivise (Figura 2.12):

- 23 linee nazionali
- 26 linee di cabotaggio obbligato
- 40 linee comunitarie
- 55 linee extracomunitarie.

Figura 2.12: Linee di AdM attive nel 2007



Fonte: Osservatorio Short Sea Shipping

2.2.3.2 La domanda di trasporto

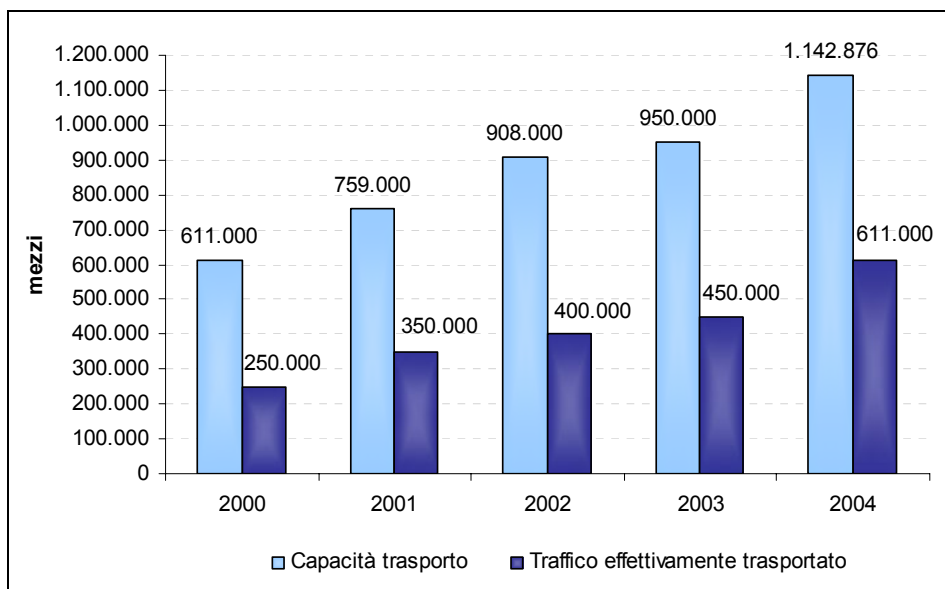
Negli ultimi anni, per effetto dell'attenzione rivolta alle *Autostrade del Mare*, si è verificato un aumento costante (circa il 20% annuo) del traffico pesante trasferito sulle rotte marittime. La quota di traffico sottratta alle altre modalità è passata dal 2% del 2000 ad oltre il 4% nel 2005.

Più in generale nel quinquennio 2000-2005 il traffico Ro-Ro in Italia è quasi raddoppiato, raggiungendo quota 54.841 migliaia di tonnellate sbarcate.

Attualmente i mezzi pesanti che utilizzano abitualmente le così dette *Autostrade del Mare* sono circa 1.500.000 l'anno, in crescita costante. Il solo porto di Napoli negli ultimi anni ha decuplicato il movimento Ro-Ro e Ro-Pax passando da 700.000 a 7 milioni di tonnellate di merci rotabili movimentate; contemporaneamente lungo la dorsale adriatica prendono annualmente la via del mare circa 750.000 veicoli; si tratta in gran parte traffico di passaggio (il 75% circa) che provenendo dal sud-est si inoltra verso l'Europa centrale e settentrionale.

L'andamento crescente degli ultimi anni del traffico nazionale ed il rapporto tra domanda ed offerta è riportato in Figura 2.13 dal quale risulta evidente che il servizio marittimo è in sovrapproduzione rispetto alla domanda di trasporto con una capacità di riempimento di stiva che si attesta intorno al 50%; un ulteriore aumento pari al 50% è pertanto ottenibile senza costi economici, sociali ed ambientali aggiuntivi.

Figura 2.13: Domanda ed offerta *Autostrade del Mare*



Fonte: RAM 2006

2.2.3.3 Il confronto con la strada

Non è possibile determinare univocamente la convenienza economica ed in termini di tempo tra il viaggio via mare e via terra in quanto ogni singola direttrice deve essere considerata singolarmente essendo molti i parametri in gioco sia per quel che riguarda la tratta terrestre che quella marittima.

La RAM nel proprio sito web [12] fornisce agli autotrasportatori, oltre alle informazioni sui servizi esistenti (linee, orari, operatori, tempi di percorrenza, tariffe) un confronto per singola tratta fra il trasporto tutto-strada con quello relativo al trasporto strada-mare in termini di tempi e di costi aggiornato a maggio 2007. Si ritiene interessante riportare sinteticamente la metodologia utilizzata per la determinazione del costo generalizzato del trasporto via terra che grava su autoarticolato di 16 metri lineari e fornire alcune confronti significativi con le tariffe via mare.

La stima della RAM si basa, sia per le tratte nazionali e interregionali sulle seguenti assunzioni:

- costi delle imprese italiane di autotrasporto, aggiornata al mese di gennaio 2006;
- consumo medio pari a circa 2,5 km/litro per veicolo pesante;
- prezzo del gasolio è quello risultante al pari a 0,9 euro/litro al netto di Iva (fissato al 21 marzo 2007);
- non viene considerato il costo dell'autista;
- percorrenza annua di 120.000 km/anno e velocità commerciale di 50 km/h;
- assicurazioni: si fa riferimento al valore medio nazionale pari a 5.710 €/anno.

In base alle precedenti assunzioni ed ipotesi sono stati determinati i valori per km delle singole voci di costo e la relativa incidenza sul totale (Tabella 2.9) per un costo complessivo di 0,79 euro a km che moltiplicato per i chilometri effettuati su strada fornisce il costo complessivo medio che sopporta l'autotrasporto per singolo viaggio.

Tabella 2.9: Costi fissi e costi variabili di un mezzo pesante

		€/km	Incidenza %
Costi fissi	assicurazioni	0,04	5
	ammortamento	0,17	22
Costi variabili	pedaggi	0,09	11
	gasolio	0,37	47
	pneumatici	0,01	1
	manutenzione	0,11	14
Costi totali		0,79	100

Fonte: elaborazione Rete Autostrade Mediterranee SpA, maggio 2007

Per quanto riguarda il parametro tempo, il tempo medio di percorrenza della strada viene calcolato in base al numero effettivo di km percorsi e alla velocità media commerciale, assunta pari a 50 km/h aggiungendovi i tempi di sosta imposti dalla legge in ambito comunitario (Regolamento CE n. 561 del 2006) di 9 ore dopo 10 ore di guida mentre il tempo della tratta marittima è stimato in base al tempo impiegato per la navigazione e ai tempi d'imbarco e sbarco del mezzo pesante dalla nave assunto pari ad 1ora.

In Tabella 2.10 si riportano alcuni confronti ritenuti significativi per dimostrare la possibile competitività dei servizi di AdM con il tutto-strada purché vengano rispettate le norme del codice della strada.

Occorre sottolineare però che il trasporto marittimo di tipo Ro-Ro presenta fattori di costo unitari (per unità di produzione - t-km) più elevati del trasporto stradale di lunga percorrenza, a causa di una ridotta utilizzazione della capacità di carico delle navi traghetto per effetto sia dell'ingombro della "tara" dei veicoli stradali caricati sia di un coefficiente di utilizzazione medio non molto elevato (50-60% circa).

Tabella 2.10: Confronto prestazioni servizi AdM con il tutto strada (2008)

Tratta	Via terra/via mare	km totali	Durata	Costo viaggio [€]		Frequenza
				Camion	Semirimorchio	
Genova Palermo	Strada	1419	28 h	1121,01	1121,01	tutti giorni
	Grandi Navi Veloci	790,93	20 h	594	594	6 giorni a settimana
Napoli Catania	Strada	588	12 h	464,52	464,52	tutti giorni
	TTLines	413,06	10h 30'	496,8	453,96	tutti giorni
Ravenna Catania	Strada	1208	24 h	954,32	954,32	tutti giorni
	Tirrenia	1308,65	36 h	619,46	438,72	4 giorni a settimana
Messina Salerno	Strada	448	9 h	353,92	353,92	tutti giorni
	Caronte&Turist	288,96	7h 15'	353,56	346,56	tutti giorni

2.2.3.4 Le prestazioni ambientali

L'ENEA ha recentemente svolto un'analisi delle prestazioni energetiche ad ambientali dei servizi di *Autostrade del Mare* a confronto con quelle del trasporto stradale.

Per svolgere l'analisi sono state prese in esame le tre tipologie di nave più diffuse per il trasporto Ro-Ro di corto raggio e per ciascuna di esse sono state fissate le seguenti caratteristiche di riferimento:

- Nave Ro-cargo, del tipo Eurocargo (a titolo esemplificativo Figura 2.14): stazza lorda di 16.000 tonnellate, offerta di stiva di 170 trailer e 650 container, velocità media di crociera di 19 nodi, potenza effettiva dei motori principali pari a 8,1 MW e di quelli ausiliari è di 1 MW. Il consumo orario totale risultante è pari a 6,8 MWh; nelle nostre analisi esso è stato considerato solo per una quota percentuale del 33%, considerando che la superficie utile di carico sia utilizzata per una metà per il trasporto di semirimorchi stradali e per la restante metà per il trasporto di container, impilati su due livelli.

Figura 2.14: Eurocargo Napoli (Grimaldi Group)



- Traghetto Ro-pax del tipo Eurostar (a titolo esemplificativo Figura 2.15), con stazza lorda di 26.000 tonnellate ed un'offerta di stiva di 2.200 metri lineari di corsie (con un piano di carico che privilegia i veicoli commerciali piuttosto che le auto al seguito la capacità è di 160 autovetture e 159 trailer); velocità massima di 28 nodi con una media di crociera di 23,5 nodi. Il motore principale ha una potenza di 22 MW contro i 3,8 MW dei quattro motori ausiliari; il consumo orario totale considerando il funzionamento di tutti i motori è pari a 18,7 MWh; nelle nostre analisi esso è stato parzializzato al 60% per tenere conto del contemporaneo trasporto di passeggeri.

Figura 2.15: Traghetto Eurostar Roma (Grimaldi Group)



- Nave Ro-pax di grandi dimensioni ed elevate prestazioni (a titolo esemplificativo Figura 2.16): stazza di 55.000 tonnellate, una velocità di crociera di 28 nodi, potenza dei motori principali pari a 48 MW e quella dei secondari pari a 8,9 MW, capacità di trasporto pari a 2.300 passeggeri, 3.000 metri lineari di trailer e oltre 215 automobili. Il consumo orario totale di questa tipologia di navi è di 41 MWh, considerato al 50% per tenere conto del contemporaneo trasporto di passeggeri.

Figura 2.16: Cruise Barcellona (Grimaldi Group)



Il motore delle navi Ro-pax è di tipo HSD (High Speed Diesel engine) mentre quello delle navi Ro-cargo è di tipo MSD (Medium Speed Diesel engine); il combustibile utilizzato da entrambe le navi è olio combustibile (RO - Residual Oil).

Per il calcolo dei coefficienti di consumo e di emissione si è fatto riferimento ai dati del rapporto stilato dalla Commissione Europea nel 2005 sulle emissioni navali³⁹ che a loro volta fanno riferimento ai dati dell'IVL e del Lloyds Register Engineering Services⁴⁰. Gli inquinanti analizzati sono quelli principalmente presenti nei gas di scarico delle imbarcazioni e dei veicoli stradali: NO_x, SO₂, composti organici volatili (COV) e particolato (PM).

Nelle figure seguenti sono riportati i coefficienti di consumo ed emissione per unità di trasporto merce Ro-Ro per le tre tipologie di navi analizzate e per il trasporto su strada di lunga distanza, stimati considerando diversi coefficienti di riempimento delle navi (40%, 65% e 85%) ed un carico medio dei trailer pari a 12 tonnellate.

Il valore di emissione specifica dello zolfo è stato stimato ad oggi ed al 2010, dopo l'entrata in vigore della normativa di contenimento, assumendo un tenore pari al 2,7% nel 2005 e allo 0,5% nel 2010.

In Figura 2.17 si osservi che, con le assunzioni di calcolo esposte, solo le navi di tipo cargo, a determinate condizioni di riempimento, assicurano un vantaggio energetico rispetto al trasporto stradale; con le altre tipologie di nave, anche per elevati coefficienti di utilizzazione, il consumo per unità di trasporto è sempre superiore a quello su strada, anche di alcune volte; man mano che migliorano le prestazioni cinematiche delle navi peggiora l'efficienza energetica del trasporto.

In termini di emissioni inquinanti (in Figura 2.18 e Figura 2.19), se si esclude il caso dei composti organici volatili non metanici (NMCOV), il trasporto marittimo Ro-Ro risulta peggiorativo rispetto al trasporto stradale, per tutte le tipologie di nave e le condizioni di carico analizzate.

In particolare le emissioni specifiche di ossidi di azoto (NO_x) e di ossidi di zolfo (SO_x) sono diverse volte superiori agli omologhi valori su strada, anche considerando la riduzione del tenore di zolfo nei combustibili marittimi a partire dal 2010. Il particolato, invece, almeno per le navi cargo ben utilizzate si mantiene su valori simili a quelli su strada.

³⁹ European Commission, Directorate General Environment Service Contract on Ship Emissions, August 2005, "Assignment, Abatement and Market-based Instruments - Final Report".

⁴⁰ IVL, SCB, February 2004, "Methodology for calculating emissions from ships:1. Update of emission factors".

Figura 2.17: Coefficienti di consumo per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione

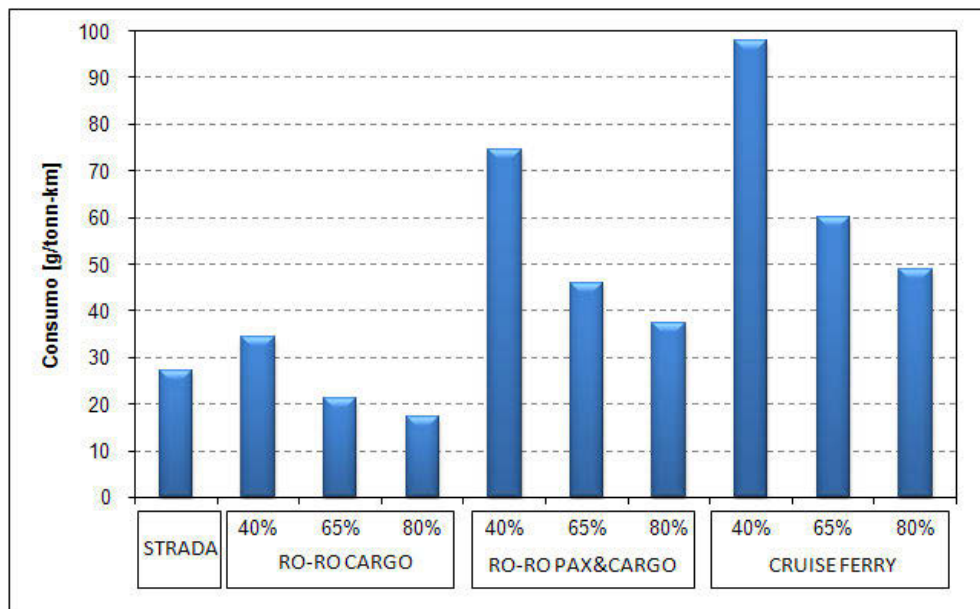


Figura 2.18: Coefficienti di emissione NO_x ed SO_x per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione

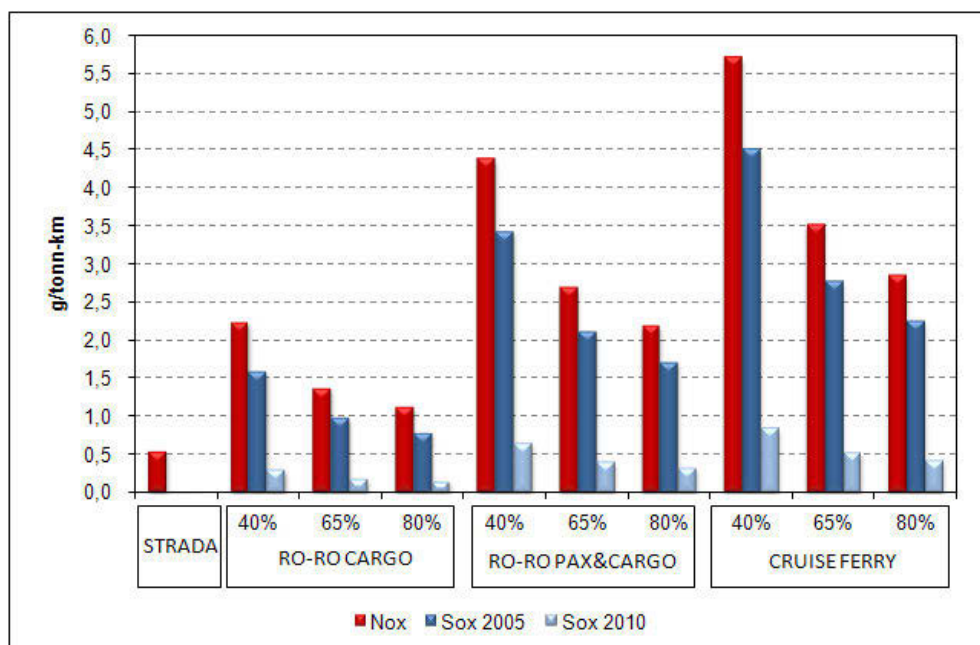
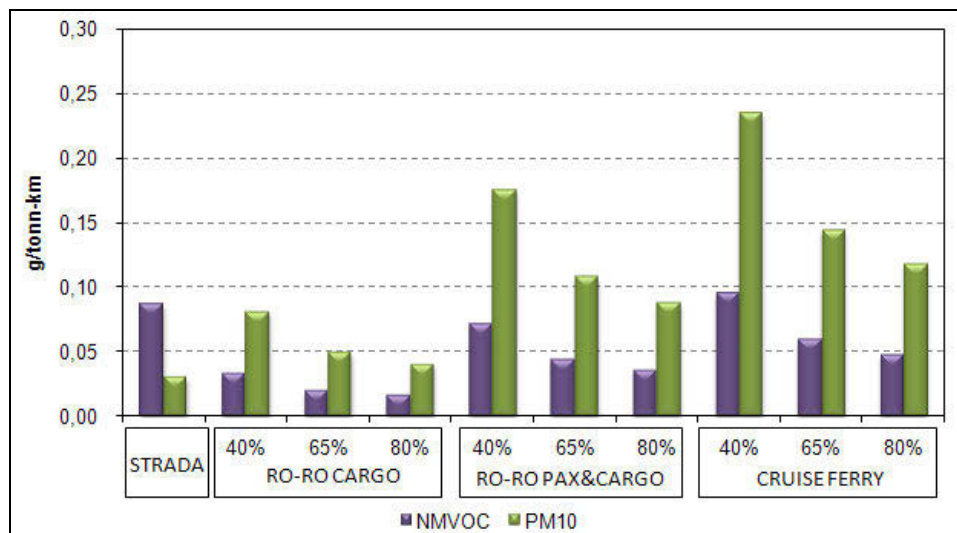


Figura 2.19: Coefficienti di emissione VOC ed PM₁₀ per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione media

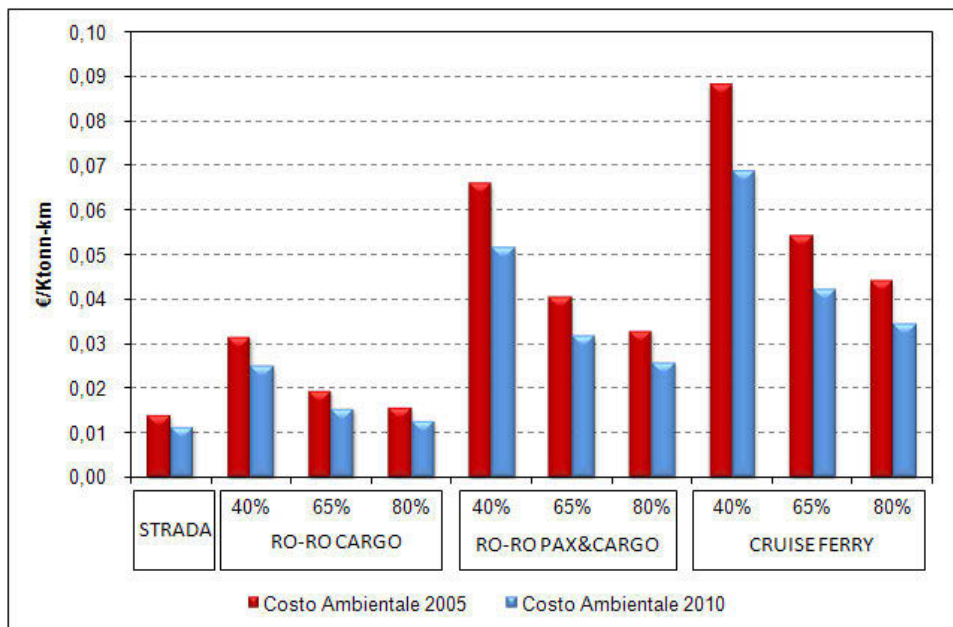


È da notare che nel confronto con la strada i consumi e le emissioni delle navi andrebbero ridotti di una percentuale non trascurabile per tener conto della riduzione chilometrica che si verifica spostando la merce da strada a mare su molte relazioni di traffico nazionali ed infra-mediterranee. Considerando questa riduzione, le navi cargo risulterebbero energeticamente competitive con la strada anche per coefficienti di riempimento sui livelli attuali (50%) fermo restando un gap negativo delle emissioni inquinanti.

Prima di trarre delle conclusioni circa la convenienza energetica ed ambientale del trasporto marittimo Ro-Ro sono stati analizzati i costi economici dell'inquinamento atmosferico e dell'effetto serra (Figura 2.20); infatti, in virtù della minore sensibilità dell'ambiente circostante, il danno delle emissioni inquinanti in navigazione è generalmente inferiore che su strada.

Utilizzando i costi unitari del database comunitario Beta per i diversi contesti, in effetti si verifica una riduzione del divario già riscontrato in termini di emissioni specifiche, al punto che il costo complessivo delle emissioni atmosferiche delle navi Ro-cargo, per elevati coefficienti di riempimento, risulta dello stesso livello di quello su strada; per tutte le altre tipologie di nave e condizioni di carico, tuttavia, il costo esterno unitario risulta notevolmente superiore.

Figura 2.20: Costi ambientali per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione



In conclusione il vantaggio energetico delle *Autostrade del Mare* sembrerebbe sussistere solo per determinate tipologie di nave (Ro-cargo Medium Speed) e a determinate condizioni di riempimento (superiori al 50%) mentre non si verificano benefici in termini di inquinamento atmosferico, anzi.

Uno dei motivi per cui il trasporto merci su strada risulta favorevole dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico è che nell'ultimo decennio si è verificata una forte spinta della legislazione comunitaria per ottenere una graduale riduzione delle emissioni nocive dei veicoli stradali; nel settore marittimo non sono state poste in atto analoghe restrizioni, con il risultato che le prestazioni ambientali dei natanti sono state surclassate.

In previsione, con l'entrata in vigore dei nuovi standard di emissione su strada, questo divario tenderà ad aumentare e sarà sempre meno vantaggioso trasportare le merci con le *Autostrade del Mare*, se non si interviene decisamente per migliorare le prestazioni energetico ambientali delle navi.

Naturalmente si rende necessaria una valutazione più approfondita per tener conto anche degli altri impatti del trasporto; infatti non possono essere trascurati, da una parte i costi di congestione e sicurezza del trasporto stradale e dell'altra i costi di inquinamento del mare e di inquinamento atmosferico in ambito portuale.

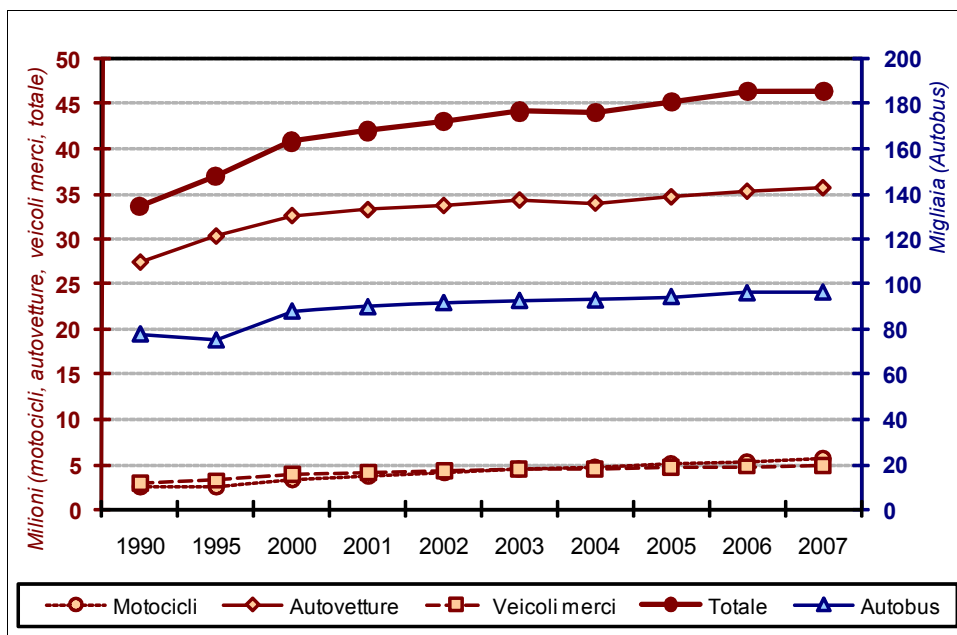
2.3 Il parco veicolare stradale

Il parco veicolare italiano è costituito complessivamente da circa 50 milioni di veicoli (anno 2007) [13]. In Figura 2.21 è riportato dall'andamento dal 1990 al 2007 delle diverse categorie veicolari, in questo periodo di tempo si è registrato un aumento di oltre il 40% del totale con differenti trend di crescita: 123% per i motocicli, 30% per gli autoveicoli, 70% per i veicoli merci⁴¹ e 24% per gli autobus.

Le prime stime per il 2008 evidenziano un calo delle vendite dei nuovi veicoli (tutte le tipologie) di circa l'11% e del 13% delle sole autovetture (stime ACI provvisorie).

La crescita annuale dei motocicli a partire dal 1995 è stata di molto superiore a quella delle auto, (Figura 2.22) con un incremento annuale di circa il 10%, a fronte del 1,5% stimato per le auto. Il veicolo a due ruote infatti rappresenta sempre di più l'alternativa all'auto per gli spostamenti di tutti i giorni, in particolare quelli sistematici.

Figura 2.21⁴²: Consistenza del parco veicolare nel periodo 1990–2007

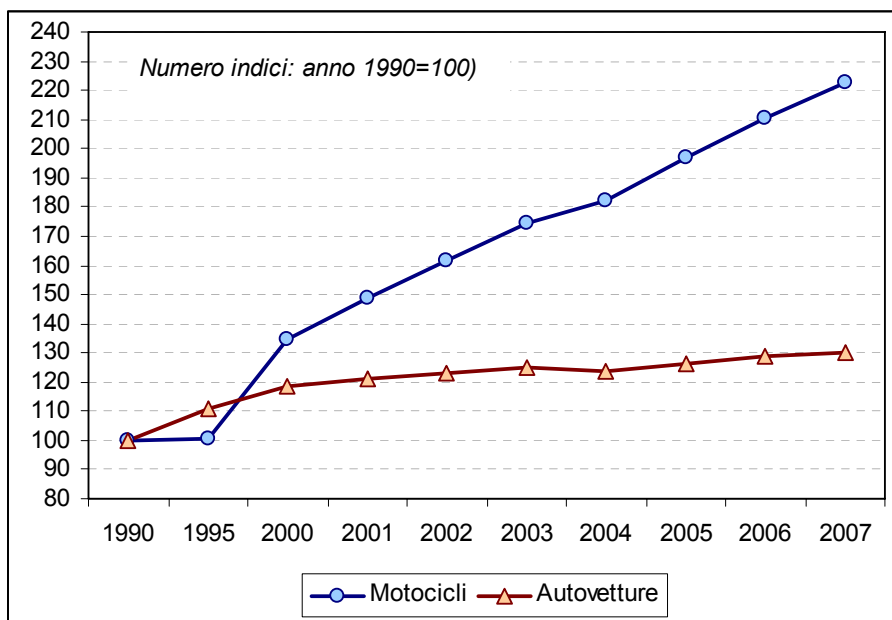


Fonte: Annuario statistico ACI, 2008

⁴¹ Il gruppo dei veicoli merci secondo la classificazione ACI comprende gli autocarri per i trasporti merci, gli autoveicoli per i trasporti speciali, i trattori stradali o motrici per semirimorchi, i motocarri per il trasporto merci e i motocarri per i trasporti speciali.

⁴² Nella figura non è stato riportato l'andamento dei veicoli che ACI classifica come altri.

Figura 2.22: Variazione della consistenza parco di autovetture e moto



Fonte: elaborazione ENEA dati Aci, Statistiche automobilistiche

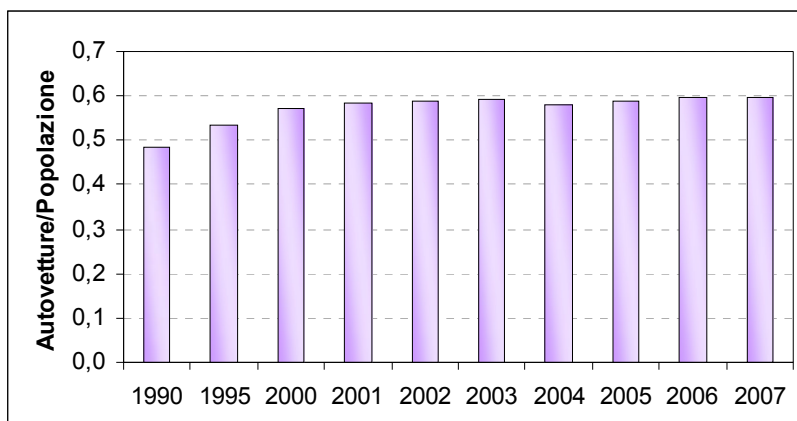
Non v'è dubbio che il ricorso al veicolo a due ruote sia motivato dalla necessità di ridurre i tempi di percorrenza in quanto più avvantaggiato nel superare zone congestionate dal traffico, nel trovare posteggio e, in alcuni Comuni, esente da qualsiasi vincolo di accesso ai centri urbani anche durante provvedimenti di limitazione del traffico.

Il rapporto tra autovetture e popolazione, dopo un periodo di crescita dal 1990 al 2001 si è mantenuto quasi costante fino al 2007 con un rapporto pari a 0,6 (Figura 2.23).

I valori del rapporto delle autovetture su popolazione (Tabella 2.11) sono estremamente elevati per tutte le città italiane, con un picco in corrispondenza dell'area comunale di Roma (0,70), che risulta avere tra l'altro anche il primato come città con il numero di autovetture su popolazione più alto che in tutto il territorio UE; il Comune con il rapporto più basso è Genova con 0,47.

Il confronto con gli altri paesi europei (Figura 2.24) mostra che l'Italia ha un rapporto autovetture/popolazione inferiore solo a quello del Lussemburgo, tutti gli altri paesi, tranne la Germania, si trovano al di sotto della media dell'Europa a 15. Il paese con il rapporto più basso è l'Irlanda con 0,43 [14].

Figura 2.23: Andamento del rapporto autovetture su popolazione



Fonte: Annuario statistico ACI, 2008

Tabella 2.11: Popolazione e autovetture in alcuni Comuni

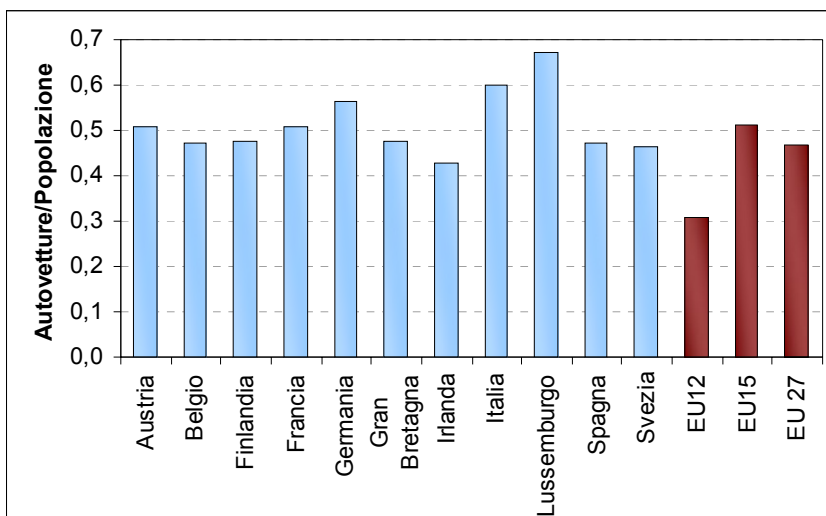
Comuni	Popolazione	Autovetture	Autovetture/popolazione
Torino	900.569	563.729	0,63
Milano	1.303.437	726.897	0,56
Genova	615.686	286.581	0,47
Bologna	373.026	199.254	0,53
Firenze	365.966	197.971	0,54
Roma	2.705.603	1.897.732	0,70
Napoli	975.139	553.402	0,57
Palermo	666.552	395.196	0,59

Fonte: Annuario statistico ACI, 2008

Se si passa ad esaminare la ripartizione per tecnologia di alimentazione risulta che circa 22 milioni di auto (anno 2007) sono alimentate a benzina, 12 milioni a gasolio (30% di tutto il parco auto).

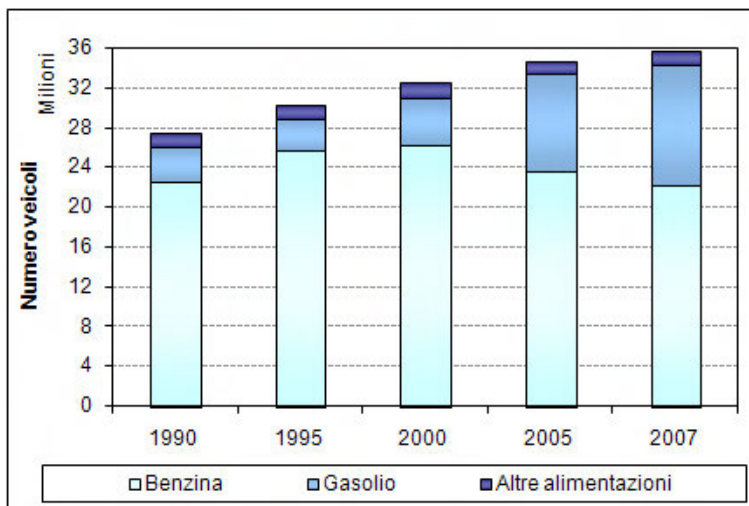
C'è da evidenziare (Figura 2.25) che nell'ultimo decennio si è avuto un notevole incremento dei veicoli alimentati a gasolio che hanno acquisito quote dal mercato dei veicoli a benzina che nel 1990 coprivano l'82% del totale. Un fattore importante che ha influenzato la scelta degli acquirenti è stato il costo del gasolio che per molti anni è stato più economico di quello della benzina.

Figura 2.24: Rapporto autovetture su popolazione per alcuni paesi europei (2006)



Fonte: elaborazioni ENEA su dati European Union, Directorate-General for Energy and Transport, "Energy & Transport in Figures 2006, Part 3: Transport"

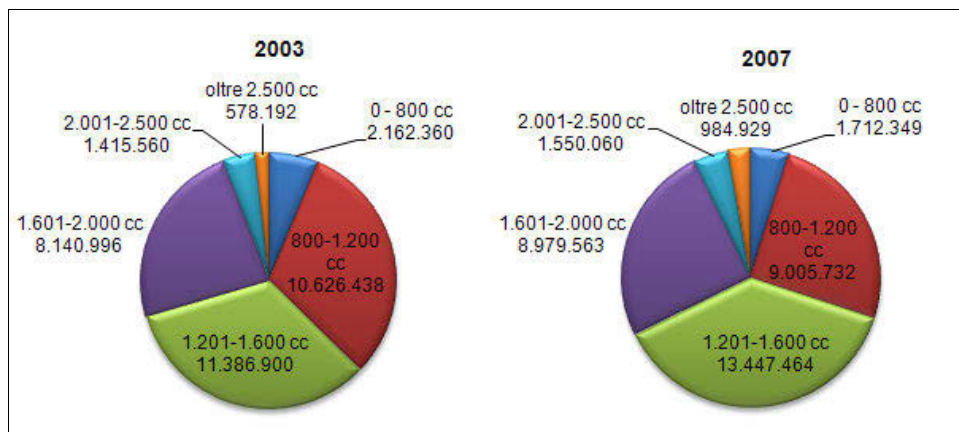
Figura 2.25: Andamento parco autovetture per tipi di combustibile



Fonte: Annuario statistico ACI, 2008

Grande considerazione merita comunque anche il GPL, carburante in fase di penetrazione nel mercato dell'automobile, caratterizzato da basso impatto ambientale e grande economicità. Tutto ciò lo rende estremamente appetibile di fronte al costante aumento del costo dei derivati petroliferi.

Figura 2.26: Parco autovetture per classi di cilindrata nel 2003 e nel 2007

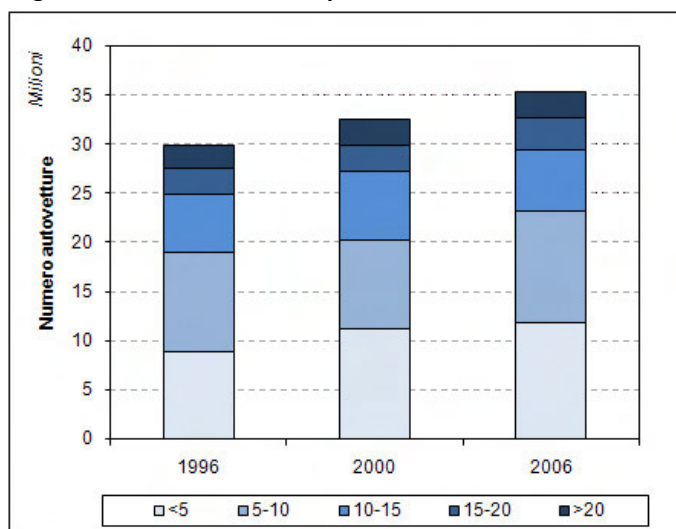


Fonte: Annuario statistico ACI, 2007

Dal 2003 al 2007 è aumentata anche la cilindrata delle auto in circolazione, la classe compresa da 1.201-2000 cc nel 2003 era il 57% sul totale delle auto, mentre nel 2007 è stata di circa il 63%; invece la percentuale delle auto da 0 a 1200 cc si è ridotta del 16% (Figura 2.26).

Riguardo all'anzianità del parco, c'è da rilevare come, ancora nel 2007 siano molte le autovetture circolanti con più di 20 anni di vita, e rappresentano circa l'8% del totale del parco. I veicoli con età superiore ai 15 anni nel 2007 rappresentano circa il 17% dell'intero parco circolante, circa il 2% in più rispetto al 2000.

Figura 2.27: Consistenza del parco autovetture secondo l'età

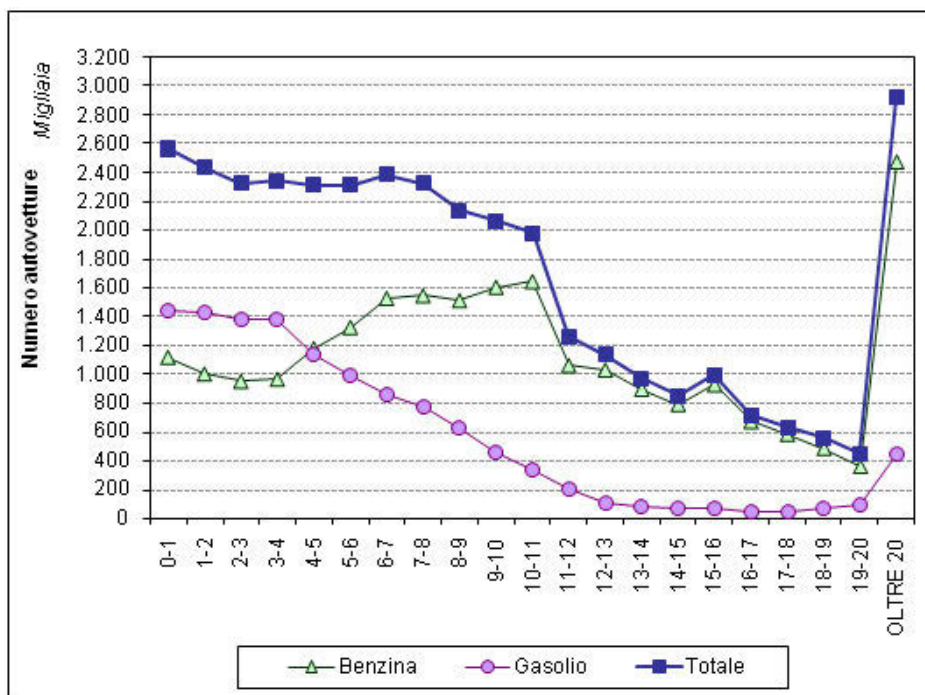


Fonte: Annuario statistico ACI, 2008

Anche i veicoli con età compresa tra 5 e 10 sono aumentati rispetto al 2000 di circa il 27%. Con queste cifre, il parco italiano risulta fra i più vecchi dei paesi europei più avanzati.

Nel grafico di Figura 2.28 viene mostrata la composizione del parco autovetture in funzione dell'età dei mezzi e del tipo di alimentazione: appare subito evidente come l'età media dei veicoli a benzina, pari a circa 10,1 anni, sia molto superiore rispetto a quella dei veicoli Diesel che invece è pari a circa 5,4 anni di età, essendo l'applicazione tecnologica Diesel alle autovetture un successo degli ultimi anni. L'età media di tutto il parco veicoli è di 8,6 anni (anno 2007) leggermente al valore di 8,8 anni del 2000.

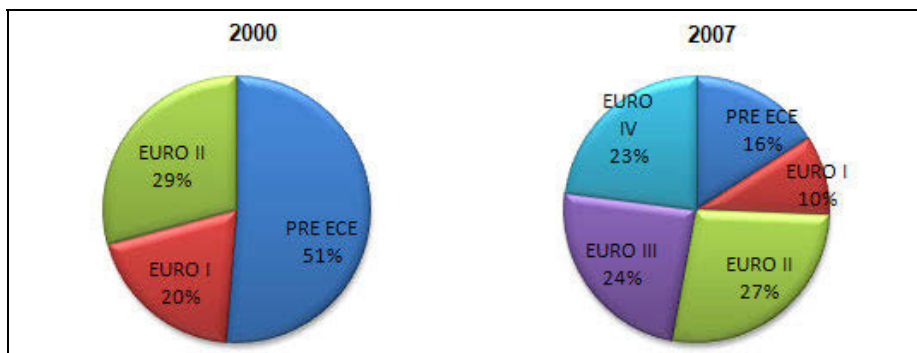
Figura 2.28: Consistenza del parco autovetture secondo l'età per alimentazione. 2006



Fonte: elaborazione ENEA su dati annuario statistico ACI, 2008

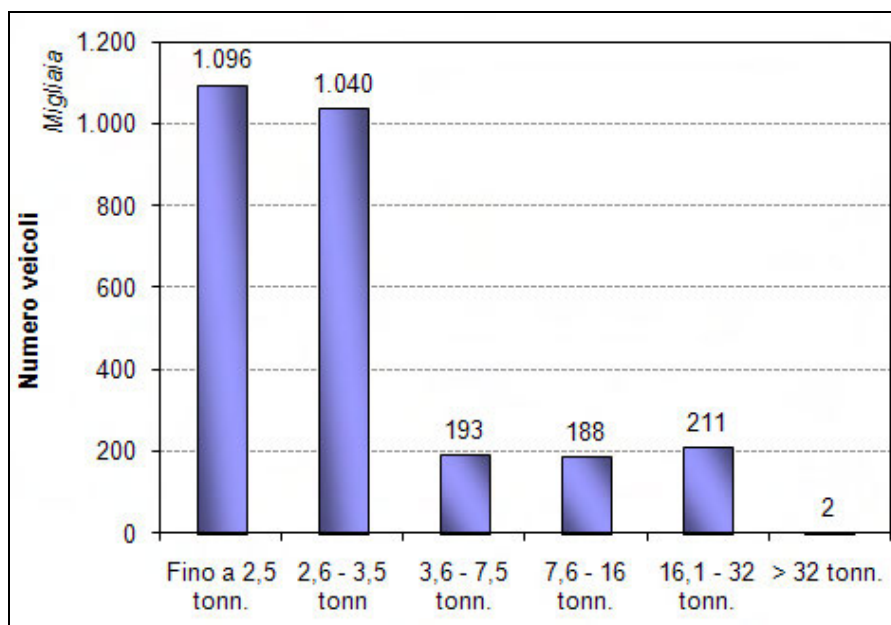
I due grafici (Figura 2.29 e Figura 2.30) mostrano invece l'evoluzione della composizione del parco autovetture in funzione dello standard emissivo, evidenziando un netto progresso nelle prestazioni ambientali dei veicoli grazie alle imposizioni comunitarie; tale progresso è rilevato nella contabilizzazione annuale delle emissioni nocive dei trasporti effettuata dall'APAT, anche se il costante spostamento verso cilindrata e pesi maggiori del parco e l'aumento del traffico veicolare in parte vanifica gli sforzi tecnologici dell'industria automobilistica.

Figura 2.29: Parco auto suddiviso per standard emissivo



Fonte: elaborazione dati ENEA su dati ACI e APAT

Figura 2.30: Consistenza parco merci secondo il peso (2007)



Fonte: Annuario statistico ACI, 2008

Con riferimento al parco veicoli merci (Figura 2.30), i veicoli di peso inferiore ai 35 q.li con 2.135 migliaia di veicoli al 2007 costituiscono circa il 78% del parco merci. Tra i veicoli di peso superiore a 3,5 t la classe più numerosa è quella compresa tra 16,1 e 32 t.

2.4 Tecnologie e strumenti di supporto alla pianificazione e alla gestione

2.4.1 Definizione e ruolo della telematica per i trasporti

A partire dalla seconda metà degli anni 80 si è assistito ad una graduale e crescente diffusione delle tecnologie delle informazioni e delle telecomunicazioni nel settore del traffico e dei trasporti che ha determinato, e che determina tuttora, lo sviluppo di un'ampia gamma di prodotti e servizi di grande rilievo ed interesse per i gestori delle infrastrutture, gli operatori dei servizi di trasporto, le Autorità Pubbliche e gli utenti del trasporto.

Sono i cosiddetti Sistemi di Trasporto Intelligenti, comunemente denominati con l'acronimo ITS (Intelligent Transport Systems), che rendono possibili approcci nuovi per affrontare i complessi problemi della mobilità e che rappresentano oggi una valida opportunità per aumentare le prestazioni dei sistemi di trasporto a livello operativo, economico, sociale, ambientale oltre che per contribuire alla riduzione delle congestioni di traffico e all'aumento della sicurezza nella circolazione.

Per Sistemi di Trasporto Intelligenti, detti anche Sistemi Telematici per i Trasporti, si intende "un insieme di procedure, di sistemi e di dispositivi che consentono, attraverso la raccolta, elaborazione, distribuzione di informazioni, di migliorare la mobilità, di ottimizzare tutte le modalità di trasporto di persone e merci nonché di verificare e quantificare i risultati raggiunti".

Le esperienze condotte finora dimostrano che il campo di azione degli ITS è ampio e vario; include infatti tutti gli aspetti relativi alla gestione del traffico e della mobilità, all'informazione all'utenza, alla gestione del trasporto pubblico, alla gestione di flotte e merci, all'ottimizzazione delle risorse logistiche, al pagamento automatico, al controllo avanzato del veicolo per la sicurezza fino alla gestione delle emergenze e degli incidenti.

Alle applicazioni ITS per il trasporto stradale vanno aggiunte le applicazioni per il trasporto ferroviario relative all'esercizio della rete e dei mezzi (segnalamento, supervisione e controllo) e le applicazioni per il trasporto marittimo, relative al controllo della navigazione e allo scambio delle informazioni tra i vari soggetti del trasporto marittimo.

Diversi sono oggi i supporti tecnologici che concorrono alla realizzazione degli ITS; si va dalla telefonia cellulare (GSM, GPRS, UMTS) alla localizzazione satellitare (GPS e in futuro Galileo), dalla radiodiffusione e comunicazione a corto raggio a Internet, dai sensori per il rilevamento del traffico e processori di immagini ai dispositivi di pagamento elettronico, dai dispositivi di regolazione (semafori, blocco accessi ecc.), fino alle tecnologie di visualizzazione (LED, LCD, Laser, Plasma) ed alla cartografia digitale GIS.

Lo sviluppo degli ITS si innesta su una situazione di evidente criticità del trasporto, contraddistinta da sempre più frequenti e diffusi fenomeni di congestione da traffico, determinati dalla costante e forte crescita delle esigenze di mobilità di passeggeri e merci, cui non è corrisposto un adeguato incremento della capacità di trasporto delle infrastrutture.

Al ritardo nella dotazione di adeguati servizi ed infrastrutture di trasporto hanno contribuito in modo determinante gli elevati costi di investimento necessari, la durata delle procedure di progettazione e realizzazione, e in alcuni casi l'incompatibilità ambientale e la mancanza di spazio.

Le più significative ed evidenti criticità si manifestano oggi nell'ambito o in prossimità dei centri urbani in cui la mancanza di spazio e i vincoli ambientali non permettono di espandere illimitatamente l'infrastruttura necessaria per far fronte ai flussi crescenti di merci e passeggeri.

In sintesi, le previsioni di ulteriore crescita della domanda di trasporto nei prossimi anni e l'impossibilità di soddisfare le esigenze di mobilità solamente attraverso investimenti infrastrutturali fa supporre che lo sviluppo dei Sistemi di Trasporto Intelligenti rappresenti una concreta opportunità per affrontare efficacemente gli onerosi problemi della mobilità.

Le numerose esperienze realizzate finora dimostrano che gli ITS consentono di ottimizzare ed incrementare la produttività e l'efficienza dei sistemi di trasporto limitando gli investimenti necessari per la diffusione e l'ampliamento delle infrastrutture tradizionali di trasporto.

Gli ITS sono quindi da considerarsi uno strumento fondamentale a sostegno della politica europea dei trasporti tesa a predisporre sistemi di trasporto che rispondano alle esigenze economiche, sociali ed ambientali della società.

L'innovazione fondamentale consiste nel fatto che gli ITS aprono alla possibilità di affrontare i problemi della mobilità nella loro globalità conferendo caratteristiche di sistema al trasporto. Oltre ad apportare ovvi vantaggi per lo sviluppo del potenziale specifico di ogni singolo modo di trasporto, gli ITS consentono di migliorare le prestazioni attraverso la corretta combinazione delle diverse modalità di trasporto con l'informazione, la gestione ed il controllo in tempo reale dei movimenti del traffico e dell'uso della capacità.

Gli ITS sono essenziali, ad esempio, per l'attuazione di tutte quelle misure che contribuiscono a migliorare il trasporto e la logistica delle merci: aumentare il fattore di carico, consentire il trasbordo verso modi di trasporto più eco-compatibili, più sicuri e più efficienti dal punto di vista energetico, ottimizzare gli itinerari e la tempistica.

Anche la mobilità urbana passeggeri può essere razionalizzata in un'ottica complessiva con l'ausilio degli ITS sia attraverso la diffusione di informazioni sul traffico e sul viaggio a passeggeri, conducenti, gestori di flotte di veicoli ed

esercenti delle reti, sia attraverso il controllo dinamico del traffico atto a migliorare lo stato di utilizzo delle infrastrutture ed a ridurre i tempi di viaggio.

I Sistemi Intelligenti sono anche utili per la pianificazione dei sistemi di trasporto, in quanto mettono a disposizione del pianificatore i dati di traffico reali su cui applicare i modelli più adatti al contesto in esame.

Le applicazioni ITS sono anche dirette allo sviluppo dei sistemi cooperativi basati sulla comunicazione fra veicoli e fra veicoli e infrastrutture stradali. I sistemi cooperativi possono incrementare in modo rilevante la qualità e l'affidabilità dell'informazione sui veicoli, sulla loro posizione e sulla situazione delle strade. Questi sistemi rendono possibili dei nuovi servizi o il miglioramento di servizi esistenti per gli utilizzatori stradali. Tali sistemi possono aiutare il conducente a prevenire o ad evitare gli incidenti, possono fornire ai conducenti informazioni in tempo reale sulle condizioni della rete stradale per permettere loro di evitare gli ingorghi e possono ottimizzare un tragitto o le condizioni di marcia migliorando l'efficienza energetica complessiva.

I sistemi intelligenti intervengono nell'interazione tra il conducente, il veicolo e l'ambiente stradale secondo un approccio integrato nel quale i sistemi autonomi di bordo sono supportati da tecnologie cooperative basate sulle comunicazioni veicolo-veicolo e veicolo-infrastruttura e su una gestione avanzata della rete di trasporto.

Le esperienze degli ITS finora condotte nei paesi dell'UE, negli USA ed in Giappone hanno apportato benefici concreti alla collettività in termini di riduzione dei tempi di viaggio, miglioramento delle condizioni ambientali e di sicurezza, efficienza e produttività.

La Commissione Europea, nel Libro Bianco del 2001 [15], riporta che in diverse applicazioni realizzate in paesi dell'Unione Europea sono state ottenute riduzioni dei tempi di spostamento nell'ordine del 20% ed aumenti della capacità della rete del 5-10%. Si è riscontrato inoltre un miglioramento in termini di sicurezza del 10-15% grazie alle strategie coordinate di informazione e controllo, e un aumento anche delle percentuali di sopravvivenza, dovuto ai sistemi automatici di segnalazione degli incidenti e di gestione delle situazioni di emergenza.

Negli Stati Uniti attraverso l'applicazione di sistemi di controllo del traffico e di informazione all'utenza sono state misurate riduzioni dell'ordine del 15% dei tempi di viaggio e del consumo di combustibile, mentre in Giappone l'applicazione dei sistemi di navigazione ha consentito una riduzione del 15% dei ritardi causati dalle congestioni.

2.4.2 Il mercato delle applicazioni ITS

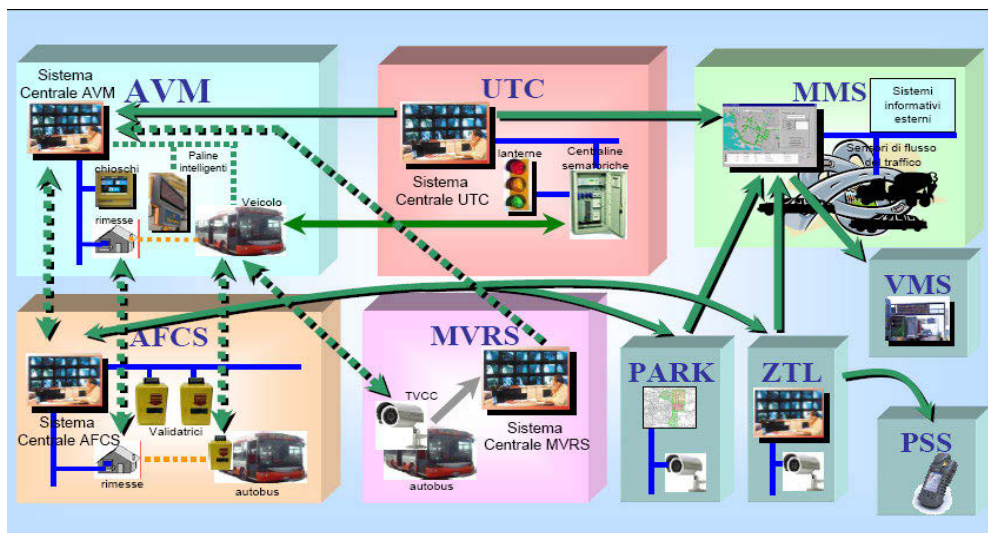
Gli ITS costituiscono anche una promettente opportunità di mercato per le imprese che investono in questo settore e che sfruttano con un certo anticipo i nuovi sviluppi nelle aree della standardizzazione ed interoperabilità. Analisi condotte su scala internazionale riportano che gli ITS nel 2002 hanno generato su scala mondiale un mercato di circa 5,7 miliardi di dollari di cui 1,44 miliardi di dollari nella sola Europa.

Nel 2010 il mercato mondiale è ipotizzato in circa 18,5 miliardi di dollari, con un trend di crescita medio annuo del 15,11% nel decennio 2000-2010. La crescita riguarderà sia i paesi occidentali sia gli emergenti, in particolare gli asiatici.

Secondo uno studio [16] svolto da "TTS Italia" in collaborazione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, il fatturato 2003 delle applicazioni ITS realizzate sul mercato italiano ammontava a circa 275 milioni di euro. Lo stesso studio prevedeva inoltre una crescita del fatturato del 123% nel periodo 2003-2009, sostenuta soprattutto dalle applicazioni relative alla gestione del traffico e della mobilità, all'informazione all'utenza, al controllo avanzato del veicolo e alla navigazione.

Un fattore fondamentale per facilitare ed accelerare lo sviluppo del mercato ITS è lo sviluppo di architetture comuni nelle quali le applicazioni, i sistemi e i servizi ITS siano integrati e interoperabili.

Figura 2.31: Esempio di integrazione di sistemi ITS per la gestione della mobilità urbana



Fonte: Elsag

La prima architettura nazionale per gli ITS fu creata nel 1996 negli Stati Uniti. Tra le altre realtà internazionali vanno menzionate le architetture di Canada, Australia e Giappone. L'UE nel 1998 ha promosso il progetto KAREN (Keystone Architecture Required for European Networks, 1998-2000) per la definizione dell'Architettura Telematica Europea ovvero dei requisiti e della struttura minima necessaria per lo sviluppo di un Sistema ITS in ambito europeo. L'Architettura KAREN ha rappresentato un modello di riferimento per tutte le architetture nazionali promosse successivamente dai singoli Stati europei.

In Italia, in particolare, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha promosso il progetto ARTIST [17] che ha definito la cornice entro cui sviluppare progetti di ITS integrabili, compatibili ed interoperabili. ARTIST ha quindi posto le basi per passare dalla fase di sperimentazione e di progetto pilota ad un vero e proprio mercato degli ITS nel nostro paese.

Attualmente in Italia sono presenti applicazioni ITS in molte città, quali ad esempio Torino, Roma, Milano, Napoli, Firenze, Siena, Bologna, Venezia, Padova, Genova, Salerno, Perugia. Le applicazioni ITS nelle città italiane riguardano diverse funzionalità: supervisione del traffico, controllo degli accessi e del traffico, gestione parcheggi, monitoraggio ambientale, informazione al viaggiatore, bigliettazione elettronica integrata, logistica e distribuzione merci, gestione flotte.

In Italia esiste un forte potenziale di mercato, ma manca un piano strategico nazionale che fissi gli obiettivi e le priorità degli ITS nel breve-medio periodo e le misure necessarie per realizzarlo. Questa mancanza potrà certamente ritardare la diffusione delle tecnologie telematiche con gli ovvi effetti negativi sull'efficienza del nostro sistema dei trasporti e sulle possibilità di sviluppo in Italia di un settore industriale delle tecnologie ITS competitivo e di successo sul piano internazionale.

2.4.2.1 Classificazione dei Sistemi ITS

La Commissione Europea classifica come ITS i sistemi per:

A. La gestione del traffico e della mobilità

I Sistemi per la Gestione del Traffico e della Mobilità sono sistemi mirati ad ottimizzare l'uso della rete di trasporto. Possono classificarsi in:

- sistemi di controllo del traffico urbano (sistemi di regolazione semaforica, centrali di controllo del traffico);
- sistemi per il controllo degli accessi alle Zone a Traffico Limitato;
- sistemi per la gestione dei parcheggi (sistemi di istradamento al parcheggio);
- sistemi di gestione dei posti, delle entrate e delle uscite, sistemi di gestione delle prenotazioni;

- sistemi per il monitoraggio ambientale (sistemi per la rilevazione dello stato degli inquinanti);
- sistemi per la gestione del traffico extraurbano;
- sistemi per la riscossione del pedaggio automatico (sistema Telepass).

B. L'informazione all'utenza

I Sistemi di informazione all'utenza sono sistemi finalizzati ad informare l'utente in tutte le fasi del viaggio. L'informazione fornita può riguardare lo stato della rete di trasporto in tempo reale (condizioni di traffico), o anche l'offerta di trasporto (informazioni sul trasporto pubblico, disponibilità di soluzioni intermodali), sia anche l'offerta turistica e la possibilità di usufruire di servizi per le prenotazioni. Tali sistemi possono classificarsi in:

- sistemi di informazione sul traffico e sul viaggio;
- sistemi pre-trip (FM, Internet);
- sistemi on trip (RDS-TMC, VMS, GSM, WAP, PA);
- sistemi di informazione sul trasporto pubblico (paline, chioschi informativi, sistemi on-board);
- sistemi di navigazione autonoma ed assistita;
- sistemi integrati di informazione a supporto della multimodalità.

C. La gestione del trasporto pubblico

I Sistemi per la gestione del Trasporto Pubblico hanno l'obiettivo di ottimizzare l'efficienza del trasporto pubblico al fine di renderlo più attrattivo per l'utente. Possono classificarsi in:

- sistemi per la localizzazione dei mezzi;
- sistemi per la gestione dei depositi;
- sistemi di pagamento integrato;
- sistemi di gestione del servizio a chiamata.

D. La gestione delle flotte e del trasporto merci

I Sistemi di Gestione delle Flotte sono mirati ad ottimizzare la gestione delle flotte e il processo logistico delle merci. Possono classificarsi in:

- sistemi per la gestione della logistica;
- sistemi per la gestione delle flotte e delle risorse;
- sistemi per la gestione del veicolo e del carico;
- sistemi per la gestione delle merci pericolose.

E. Il controllo avanzato del veicolo per la sicurezza del trasporto

I Sistemi di Controllo avanzato del veicolo sono sistemi mirati a migliorare le condizioni di sicurezza dei veicoli. Possono classificarsi in:

- sistemi di supporto alla visione;
- sistemi anticollisione;
- sistemi di controllo intelligente della crociera;
- sistemi di monitoraggio del guidatore;
- sistemi di monitoraggio del veicolo.

F. La gestione delle emergenze e degli incidenti

I Sistemi di Gestione delle Emergenze sono i sistemi finalizzati ad ottimizzare i tempi di risposta in caso di emergenza. Possono suddividersi in:

- sistemi di gestione delle chiamate di emergenza;
- sistemi di gestione delle flotte di soccorso.

A questo elenco, che attiene soprattutto alle applicazioni per il trasporto stradale, va aggiunto l'insieme delle applicazioni relative al trasporto aereo, marittimo, ferroviario ed intermodale.

In particolare i sistemi ITS per il trasporto merci sono [18]:

- sistemi per l'ottimizzazione della pianificazione del trasporto, per il monitoraggio delle prestazioni e per il controllo di gestione;
- sistemi per automatizzare le attività di gestione e interscambio di tutti i documenti legati al processo di distribuzione merci;
- sistemi basati su tecnologie Mobile&Wireless (reti cellulari, Wi-Fi, RFID) per la comunicazione con gli operatori che lavorano sul campo;
- sistemi basati su tecnologie Machine-to-Machine in movimento che consentono il monitoraggio della posizione (e a volte di altri parametri funzionali) dei mezzi e/o del carico.

2.4.3 Decision Support Tools

Gestire in modo ottimale le scelte strategiche sul sistema dei trasporti significa tentare di governare un sistema intrinsecamente complesso dove le opzioni tecnologiche competono con opzioni di tipo regolatorio e socioeconomico in un contesto in cui l'entità di risorse impegnate ha un effetto assolutamente non lineare sui risultati ottenibili.

Le valutazioni devono essere effettuate confrontando l'entità degli investimenti economici diretti con i risultati ottenibili in termini di miglioramento dell'efficienza del sistema di trasporto, di riduzione dei consumi energetici e di riduzione degli impatti su ambiente e salute (costi esterni evitati). Questa valutazione va fatta in termini quantitativi e, vista la complessità e l'interdisciplinarietà degli aspetti coinvolti, non può prescindere da una conoscenza accurata del sistema (banche dati georeferenziate) e da adeguati strumenti di simulazione e previsione.

La complessità del fenomeno mobilità, già elevata nel passato, è andata aumentando negli ultimi anni, non solo perché la mobilità cresce d'intensità ma anche perché, in parte per effetto dello sviluppo tecnologico dei vettori, in parte per la variazione dell'organizzazione sociale e produttiva, aumenta il raggio medio degli spostamenti e, quindi, l'integrazione funzionale fra diverse porzioni della rete di trasporto; inoltre, con il passare del tempo, l'offerta tende ad adeguarsi alle accresciute esigenze della domanda, ampliando la gamma delle possibili opzioni di trasporto e rendendo il sistema fortemente interconnesso e variegato.

In questa situazione, la gestione del sistema non può più essere lasciata all'intuito degli Amministratori ma deve essere supportata da strumenti analitici idonei a verificare ex-ante le ricadute delle scelte programmatiche, spesso economicamente onerose e di lunga durata.

Si pone, dunque, l'esigenza di riprodurre "in laboratorio" il comportamento del sistema così da poter verificare virtualmente, prima che sul campo, l'efficacia e l'efficienza di provvedimenti e misure di varia natura, non solo infrastrutturali ma anche di innovazione tecnologica, normative, organizzative.

Le necessità di verifica possono andare dal dimensionamento di singoli elementi della rete (un incrocio stradale, un nodo ferroviario, un terminal portuale ecc.), all'efficacia di provvedimenti temporanei di regolazione del traffico, agli effetti redistributivi di interventi diffusi di adeguamento infrastrutturale e/o organizzativo e/o tecnologico.

A ciascuna di tali esigenze, l'ingegneria dei sistemi di trasporto risponde con una diversa tipologia di strumento modellistico, impiegando approcci differenziati: microsimulatori, simulatori dinamici, macrosimulatori ecc.

Per la valutazione d'impatto dei piani di trasporto, invece, sono utilizzati i modelli informatizzati per la stima dei livelli emissivi in atmosfera e dei danni da essi prodotti sulla salute, sul clima, sul patrimonio monumentale ed artistico; inoltre l'uso di cartografie tematiche su GIS sulle sensibilità del territorio consente di valutare il potenziale d'impatto della realizzazione di eventuali nuove infrastrutture.

In sostanza la ricerca sui trasporti ha già dato le sue risposte alla necessità di supportare le scelte di pianificazione con adeguati strumenti; ora, al pari di quanto avviene per le altre tecnologie per la mobilità sostenibile, è necessario promuovere con adeguate risorse finanziarie le attività di Ricerca e Sviluppo e la diffusione di questi strumenti.

La pianificazione non è solo un'esigenza gestionale ma anche un obbligo di legge. A partire dall'amministrazione centrale sino ad arrivare alle amministrazioni comunali, in Italia è richiesta la redazione di piani di trasporto per i diversi ambiti di competenza.

Oltre ai piani di trasporto sono richiesti piani specifici per la salvaguardia della qualità ambientale, che richiedono valutazioni accurate anche relativamente al sistema della mobilità.

Nell'ambito del 6th EAP (Environmental Action Programme) si segnala la recente pubblicazione (settembre e dicembre 2005) della Thematic Strategy on Air Pollution e della Thematic Strategy on Urban Environment. Entrambe le iniziative condurranno all'emanazione di Direttive e Raccomandazioni da parte della Commissione Europea affinché le 500 città europee con più di 100.000 abitanti si dotino di sistemi appropriati per:

- la realizzazione di Environmental Management Systems
- la produzione di Piani per il Sustainable Transport (con cadenza decennale)
- l'implementazione di procedure e strumenti per rispettare i futuri limiti di qualità dell'aria che saranno definiti in una nuova direttiva unificante lasciando al passato le numerose e confuse direttive 'madri' e 'figlie'.

Tale contesto appare particolarmente promettente per il futuro mercato dei sistemi di supporto alle decisioni ad elevato contenuto di 'sustainability assessment', focalizzata sulle tre direttrici ufficiali della UE (sostenibilità economica, sociale ed ambientale).

Vantaggi dall'uso dei Decision Support Systems (DSS) sono possibili non solo per gli amministratori centrali e locali (ai diversi livelli territoriali) ma anche per i gestori delle infrastrutture, per tutti i fornitori di servizi di trasporto, per le imprese di gestione delle flotte veicolari, per gli operatori del trasporto in genere; tutte queste categorie di utenti finali, *mutatis mutandis*, condividono infatti le necessità di pianificare nel medio-lungo periodo, di programmare nel medio-breve periodo, di monitorare e gestire in tempo reale.

La Tabella 2.12 evidenzia le possibili applicazioni dei DSS nei trasporti.

Tabella 2.12: Applicazioni dei DSS nei trasporti

Applicazione	Utenti finali	Potenziali vantaggi
Gestione del Traffico Piani regionali di trasporto Piani energetico-ambientali Piani regionali qualità dell'aria Piani Regolatori Generali, Piani Urbani della Mobilità, Piani di riqualificazione urbana, Piani urbani di tutela della qualità dell'aria Piani di zonizzazione e risanamento acustico	Amministrazioni pubbliche (es. Ministeri, Regioni, Province, Comuni)	Sviluppo della sostenibilità dei trasporti e della mobilità Integrazione e coordinamento dei centri decisionali pubblici Ottimizzazione degli interventi e loro maggiore efficacia
Pianificazione e controllo delle operazioni Fornitura di servizi a chiamata	Gestori trasporto Pubblico e trasporto merci	Sviluppo e miglioramento del servizio Riduzione costi esercizio e investimenti
Progettazione interventi di miglioramento Elaborazione strategie di controllo	Gestori infrastrutture (es. Autostrade, Anas)	Aumento dell'efficienza operativa Ottimizzazione degli investimenti

2.4.3.1 Realizzazioni ENEA

L'ENEA svolge attività di sviluppo, integrazione e convalida di sistemi avanzati di gestione e controllo del traffico, della mobilità e dei servizi per un uso più efficiente ed ecologicamente compatibile delle reti di trasporto, in particolare ha sviluppato:

Strumenti per la valutazione di politiche ed interventi sul trasporto urbano passeggeri

intesi a migliorare il processo di analisi e pianificazione integrata trasporti, ambiente e territorio nelle aree urbane. Si tratta, in particolare, di strumenti sviluppati in ambiente GIS che incorporano modelli di analisi della domanda di mobilità e di simulazione del traffico, di stima dei consumi energetici e delle emissioni di inquinanti, di previsione della qualità dell'aria e di valutazione dei costi esterni.

Le principali realizzazioni ENEA sono: il sistema Mobility e la Suite ISHTAR (Appendice I par. I.1)

Sistemi di supervisione del traffico urbano

di ausilio ai gestori delle infrastrutture stradali e della mobilità urbana per una più efficace gestione in tempo reale dell'uso della capacità. Si tratta di strumenti software dotati di funzioni di analisi in linea e previsione del traffico, che integrano le informazioni sui principali parametri di traffico (flussi, densità, velocità) e quelle sulla mobilità di passeggeri e merci (origine e destinazione degli spostamenti, percorsi, modi di trasporto) provenienti da numerose fonti fisse e mobili quali i tradizionali sensori di traffico, la rete di telefonia mobile ed i sempre più diffusi sistemi a bordo dei veicoli. L'attività di ricerca è inoltre finalizzata allo sviluppo di funzioni di ausilio alla scelta delle strategie più efficaci di controllo del traffico in situazioni di crisi ed emergenza.

La principale realizzazione ENEA è il sistema MERLINO (Appendice I par. I.2)

Sistemi di supporto alla pianificazione del trasporto merci multimodale

in grado di simulare la rete logistica nazionale e stimare gli impatti energetico-ambientali e costi-benefici di nuovi servizi, interventi infrastrutturali e tecnologici sul sistema nazionale del trasporto merci (rete, porti, interporti), con possibilità di aggiornare anche scenari di sviluppo della domanda di trasporto.

I principali sistemi realizzati dall'ENEA nell'ambito di progetti di ricerca finanziati dal Ministero della Ricerca e svolti in collaborazione con il Consorzio TRAIN sono: il sistema SYLOG, SYLOG-Agro, SITRAC, SIMOD (Appendice I par. I.3).

Sistemi di supporto alla gestione di servizi di trasporto e distribuzione delle merci

mediante l'ottimizzazione on-line del livello di utilizzazione delle flotte destinate alla distribuzione delle merci e supportando le fasi decisionali di allocazione delle merci, di definizione del programma di consegne e di scelta ottimale dei percorsi in ambito urbano e più precisamente in contesti che adottano schemi innovativi di distribuzione basati su una o più basi logistiche (CDU - Centri di Distribuzione Urbana) ed eventuali punti di consegna regionali (Transit-point/Drop-point).

I principali prodotti realizzati dall'ENEA sono: DILOG, CITYLOG© (Appendice I par. I.4).

Infine è da segnalare il sistema SETRAM, sviluppato in collaborazione con il Consorzio TRAIN, di supporto agli operatori del trasporto multimodale e della logistica distributiva delle merci, in ambito nazionale, nelle varie fasi del processo decisionale: strategico, programmatico, operativo (Appendice I par. I.4).

2.5 Progetti ENEA sulla telematica applicata ai trasporti

Negli ultimi anni l'ENEA ha partecipato a diversi progetti di ricerca in cui veniva dedicato ampio spazio allo sviluppo e all'applicazione dimostrativa di sistemi ITS, come ad esempio:

- **Progetto TADIRAM** (Sviluppo di Tecnologie e sistemi Avanzati per la Distribuzione e Raccolta Merci nella città sostenibile)

Il progetto, realizzato con il Consorzio TRAIN e cofinanziato dal Ministero Istruzione, Università e Ricerca (MIUR) prevedeva lo sviluppo e la validazione di sistemi tecnologici e processi innovativi volti a migliorare l'efficienza della distribuzione delle merci nelle aree urbane sotto il profilo economico, energetico ed ambientale. Nell'ambito del progetto sono stati realizzati prototipi industriali per la movimentazione e la distribuzione delle merci basati su moderne tecnologie telematiche. L'ENEA ha sviluppato il sistema telematico TELELOGISTIC per lo scambio di informazioni/dati tra utenti e base logistica urbana e per il monitoraggio delle consegne in ambito urbano.

- **Progetto AGROLOGIS** (Potenziamento della catena logistica intermodale dedicata alla filiera agro-industriale del Mezzogiorno)

Il progetto di ricerca, cofinanziato dal MIUR, e svolto in collaborazione con il Consorzio TRAIN, era finalizzato allo sviluppo di una catena logistica intermodale dedicata alla filiera agroalimentare e prevedeva la definizione e la sperimentazione di uno scenario tecnologico innovativo finalizzato al miglioramento del trasporto e della distribuzione di prodotti ortofrutticoli dalle aree di produzione del Mezzogiorno ai mercati nazionali e internazionali. Elementi fondamentali ed innovativi sono quelli relativi all'implementazione di sistemi intelligenti per la gestione dell'informazione e dei servizi, e di sistemi di tracciabilità dei prodotti e di monitoraggio della qualità dei prodotti trasportati.

- **Progetto SITI** (Sicurezza In Tunnel Intelligente)

Il progetto ha ripreso ed ampliato le attività ENEA per il miglioramento della sicurezza nei tunnel che avevano avuto inizio già nei primi anni 2000 con il progetto interno FIT (Fire In Tunnels), promosso dal Prof. Rubbia per valorizzare il bagaglio di 50 anni di esperienza ENEA nel settore della sicurezza e dell'innovazione tecnologica. Il progetto SITI, cofinanziato dal MIUR, svolto in collaborazione con il Consorzio TRAIN (coordinatore del progetto) e con altri soggetti consorziati (D'Appolonia, Bertolotti, Università di Salerno, Uniontrasporti ecc.) è iniziato verso la fine del 2004 ed ora è in fase di conclusione (prevista per la fine del 2009); nei suoi cinque anni di vita si è avvalso di un budget complessivo di oltre 14 milioni di euro.

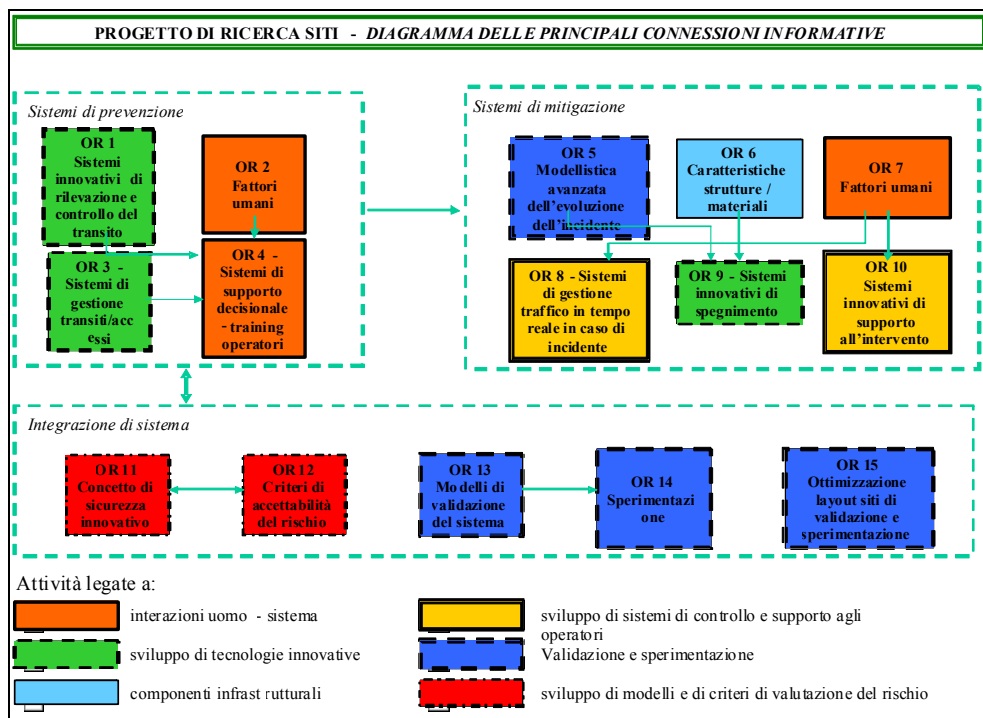
Il Progetto SITI ha preso in esame il problema della sicurezza nei tunnel sotto i più svariati aspetti: particolare attenzione è stata data ai tunnel stradali, autostradali e metropolitani, ma i risultati potrebbero essere in buona parte estesi al caso delle linee ferroviarie. Nel corso del progetto sono stati studiati, sviluppati e sperimentati una serie di sistemi altamente innovativi, finalizzati a migliorare in modo decisivo il processo di monitoraggio del traffico e il livello stesso di sicurezza nelle gallerie stradali di nuova costruzione o già esistenti.

Le attività ENEA condotte nell'ambito di questo progetto, che, oltre allo sviluppo di alcuni specifici ITS, hanno abbracciato anche altri settori di ricerca (quali i nuovi materiali, la robotica ecc.) si sono mosse lungo tre grandi linee programmatiche volte rispettivamente ad aumentare gli standard qualitativi di prevenzione, ottimizzare le operazioni di soccorso e garantire un adeguato e veloce ripristino post-incidentale. Nella Figura 2.32 è riportato uno schema d'insieme delle relazioni intercorrenti tra i 15 Obiettivi Realizzativi (OR) nei quali si articolava il progetto SITI.

Il progetto ha avuto come obiettivi principali sia un consistente abbassamento della probabilità di accadimento di un incidente, sia la minimizzazione della probabilità d'accadimento di successivi incidenti correlati al primo. Un altro suo punto d'interesse è stato l'incremento dell'efficienza della risposta del sistema all'emergenza, con particolare riguardo alla tutela degli operatori.

Nel campo degli ITS, l'ENEA ha curato in particolare lo sviluppo e la realizzazione dei prototipi di due strumenti di lavoro innovativi: il DSS TRIM (TRaffic Incident Management) e il Sistema di Gestione Merci Pericolose (Appendice I).

Figura 2.32: Schema degli obiettivi realizzativi del progetto SITI



Entrambi questi sistemi sono di ausilio e supporto alle decisioni dei supervisori delle Centrali Operative di competenza, sia nelle normali operazioni di gestione e controllo del traffico in tempo reale, sia in tutte le fasi connesse con un evento incidentale (individuazione precoce e conferma, intervento diretto, gestione della crisi e ripristino post-incidentale), ma anche per lo studio e la definizione dei piani di emergenza.

In quest'ultimo anno di progetto (2009) sono in corso il collaudo e la validazione finale dei principali sistemi realizzati, sia sotto il profilo tecnico che economico.

Riferimenti bibliografici

- [1] Ministero dei trasporti, Censis, Novembre 2007, "Indagine sul fenomeno del pendolarismo: gli scenari e le strategie"
- [2] Isfort, "La domanda di mobilità degli italiani, Rapporto congiunturale fine anno 2008"
- [3] Isfort, ASSTRA, Maggio 2008 "Così è, se vi pare"V Rapporto sulla mobilità urbana in Italia"
- [4] Ambiente Italia, Novembre 2007, "Rapporto 2007 di Ecosistema urbano Europa"
- [5] Euromobility, Kyoto Club, 2008, "La mobilità sostenibile in Italia: indagine sulle principali 50 città"
- [6] Isfort, ASSTRA, Firenze, Aprile 2007 "Aggiungi un posto in autobus - Quarto Rapporto sulla mobilità urbana in Italia"
- [7] Oliviero Bacelli, "La mobilità delle merci in Europa"
- [8] Eurostat: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- [9] Istat, Gennaio 2008, "Statistiche del trasporto ferroviario 2004-2005"
- [10] Uniontrasporti, Ottobre 2007, "Linee di sviluppo dell'intermodalità e dei centri logistici in Europa"
- [11] Intervista a Nicola Coccia presidente di Confitarma, Marzo 2006, tratto dal sito:
www.messaggeromarittimo.it/cgi-in/articolo_archivio.pl?id=419&lingua=en
- [12] RAM: www.ram.blutech.info/
- [13] ACI, "Annuario statistico 2008" sito: www.aci.it/
- [14] European Union, Directorate-General for Energy and Transport, "Energy & Transport in Figures 2007, Part 3: Transport"
- [15] Commissione Europea, Settembre 2001, "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte"
- [16] TTS Italia, Maggio 2005, "Il Mercato italiano dei sistemi ITS - Quadro produttivo attuale e previsioni future"
- [17] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001, "ARTIST - Architettura Telematica Italiana per il sistema dei trasporti"
www.its-artist.rupa.it/home.htm/
- [18] Osservatorio Intelligent Transportation Systems, Giugno 2007, "Intelligent Transportation Systems per le merci: la prospettiva degli utenti. Rapporto 2007"

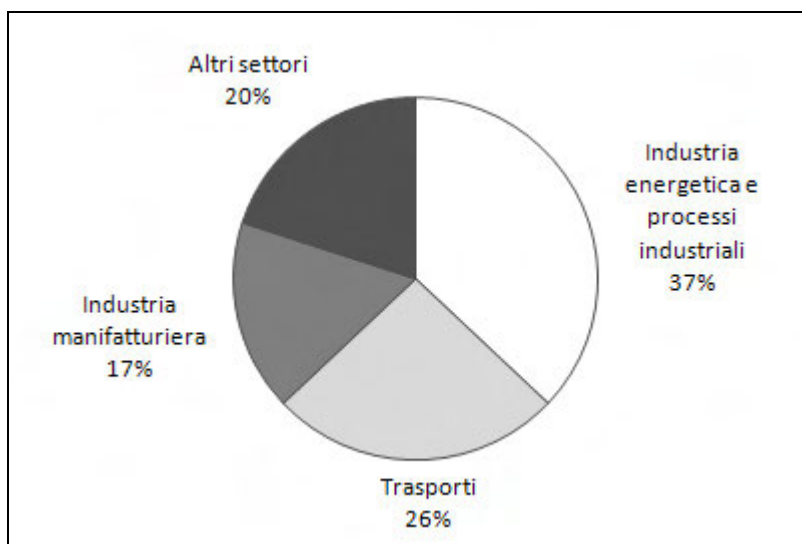
3 VEICOLI E COMBUSTIBILI

3.1 Emissione e consumi come fattori guida per lo sviluppo della tecnologia automobilistica

Il settore dei trasporti contribuisce ai consumi finali di energia in Italia per il 33% circa ed il dato è da tempo in crescita, superato solo negli ultimi anni dal consumo nel settore civile (climatizzazione estiva). Correlato al consumo di energia è il rilascio delle sostanze inquinanti generate nel processo di combustione, principalmente ossidi di azoto e di carbonio ed idrocarburi incombusti, che ha effetti locali e globali. Ad esempio, la percentuale delle emissioni in atmosfera dovute al trasporto sul totale delle emissioni climalteranti (490 Mt di CO₂ eq.), è del 26%, (Figura 3.1), più del 90% dovute al trasporto su gomma.

Il rilascio di inquinanti tossici e nocivi è diffuso lungo tutta la rete stradale ma nelle grandi città, per effetto della concentrazione dei mezzi e dei rallentamenti causati dal traffico, le concentrazioni in atmosfera di questi inquinanti hanno assunto ben presto livelli superiori ai limiti di accettabilità, condizionando fortemente gli sviluppi della tecnologia automobilistica. In effetti, il quadro legislativo e normativo di riferimento ha nel tempo imposto condizioni sempre più stringenti della qualità dell'aria e quindi di controllo delle emissioni dei veicoli e della qualità dei combustibili.

Figura 3.1: Distribuzione emissioni CO₂ in Italia



Fonte: elaborazione ENEA su dati APAT (2005)

Per quel che riguarda i consumi energetici, un problema inizialmente meno sentito, a partire dalla comunicazione della Commissione Europea del dicembre 1995 si è operato sulla base di accordi volontari con le associazioni dei costruttori, con risultati finora non conformi alle aspettative. Si è imposta quindi, anche in questo caso, la necessità di emanare direttive a carattere mandatario⁴³.

A questi due fattori guida, ne vanno aggiunti poi altri, due presenti da sempre, la sicurezza per l'utente (che però non è trattata esplicitamente nel seguito del capitolo) e l'economicità di acquisto e di gestione, più un terzo, quello della congestione da traffico nei grandi agglomerati urbani, che diventa sempre più importante e richiede sì risposte prevalentemente sistemiche, ma spinge anche nella direzione di un ripensamento globale del veicolo, verso la riduzione dei pesi e degli ingombri. Di tutto questo si parlerà nel seguito, approfondendo in particolare il tema emissioni e consumi.

3.1.1 Emissioni

L'attenzione per le emissioni inquinanti delle vetture si è sviluppata dagli anni novanta in poi in concomitanza con l'introduzione delle norme comunitarie Euro fino all'ultima, Euro V (Tabella 3.1, valida per le autovetture), che fissano i limiti massimi da rispettare per poter ottenere l'omologazione del veicolo. Si osservi come la diversa severità prevista per alcuni inquinanti (e.g. i limiti per gli NO_x sono più severi per i Diesel che per la benzina, il contrario per il limite per la CO) rifletta chiaramente il peso che hanno i costruttori nella definizione delle norme. Ciò nonostante, sono evidenti i progressi ottenuti nel tempo, che hanno consentito un miglioramento della qualità dell'aria in ambiente urbano pur a fronte di un continuo aumento del traffico.

L'inquinamento tipico degli ultimi anni è quello dovuto al particolato, in particolare quello al di sotto di una certa granulometria, il così detto PM₁₀. Non esiste ancora la certezza scientifica della provenienza e natura delle particelle, per esempio quanto sia il particolato naturale (polline, pulviscolo, ecc.), quanto derivi dal risollevarsi delle polveri da attività antropiche, quanto provenga da aree desertiche, quanto da salsedine marina, quanto da usure di materiali, quanto da ricombinazioni di composti volatili e aerosol.

Sicuramente una causa importante di questa forma di inquinamento è dovuta alla diffusione delle motorizzazioni Diesel che, a differenza di quelle a benzina o a gas, emettono una notevole parte di residui carboniosi incombusti.

⁴³ Non potendosi limitare i consumi del singolo modello automobilistico, intrinsecamente dipendenti dalle dimensioni del mezzo, i limiti faranno riferimento, per ogni casa automobilistica, al valor medio del consumo specifico per l'intera gamma del venduto.

Tabella 3.1: Standard emissivi norme Euro veicoli passeggeri (g/km)

Diesel						
Normativa	Data	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Euro I	luglio 1992	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	0,14 (0,18)
Euro II, IDI	gennaio 1996	1,0	-	0,7	-	0,08
Euro II, DI	gennaio 1996 ^a	1,0	-	0,9	-	0,10
Euro III	gennaio 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro IV	gennaio 2005	0,50	-	0,30	0,25	0,025
Euro V	settembre 2009 ^b	0,50	-	0,23	0,18	0,005 ^e
Euro VI	settembre 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,005 ^e
Benzina						
Normativa	Data	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Euro I	luglio 1992	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-
Euro II	gennaio 1996	2,2	-	0,5	-	-
Euro III	gennaio 2000	2,30	0,20	-	0,15	-
Euro IV	gennaio 2005	1,0	0,10	-	0,08	-
Euro V	settembre 2009 ^b	1,0	0,10 ^c	-	0,06	0,005 ^{d,e}
Euro VI	settembre 2014	1,0	0,10 ^c	-	0,06	0,005 ^{d,e}

a – fino al 30.09.1999; dopo quella data i DI (Diesel ad iniezione diretta) hanno avuto gli stessi limiti dei Diesel ad iniezione in precamera (IDI)
b - 2011.01 per tutti i modelli
c – di cui per gli idrocarburi non metanici (NMHC) = 0.068 g/km
d - applicabile solo ai veicoli con motori DI
e – c'è la proposta di riduzione a 0.003 g/km usando una diversa procedura per la misura del particolato

Fonte: www.Dieselnat.com

D'altra parte, il miglior rendimento globale (termodinamico e meccanico) del motore Diesel ne riduce i consumi specifici, per cui le esigenze di ridurre consumi ed emissioni possono confliggere. Un problema analogo si ha nei motori a benzina smagrendo la miscela (rispetto allo stechiometrico) perché l'aumento delle temperature riducendo gli incombusti migliora il rendimento del motore, ma fa aumentare gli ossidi di azoto. L'attenzione ai consumi è però storicamente successiva a quella alle emissioni tossiche e nocive, e solo recentemente è stata oggetto di proposte che, insieme agli standard, prevedono la possibilità di sanzioni per le case automobilistiche che non rispettino tali standard (espressi in valor medio dei consumi del venduto).

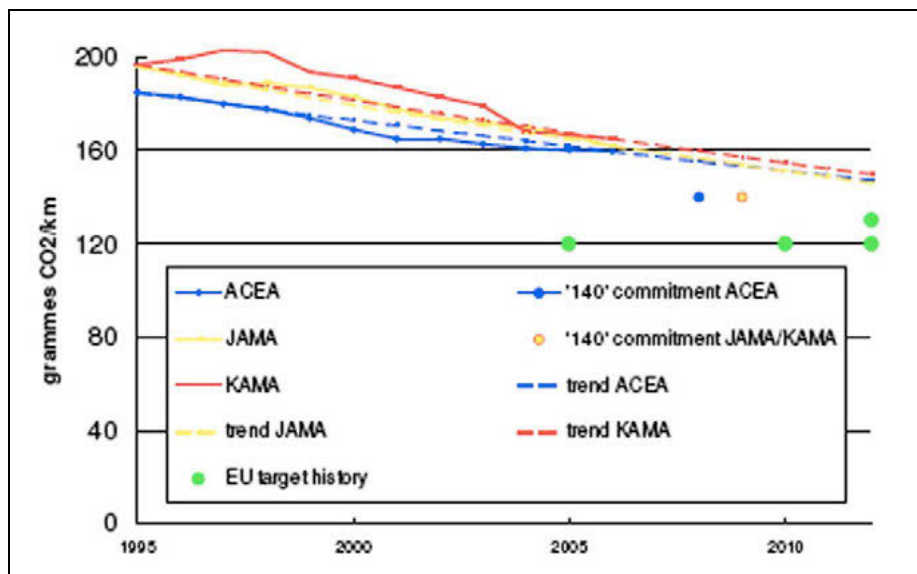
3.1.2 Consumi

Il 7 febbraio 2007 è stata pubblicata la nuova comunicazione della Commissione Europea, "Risultati della revisione della strategia comunitaria per la riduzione delle emissioni delle auto passeggeri e dei veicoli leggeri commerciali" COM (2007) 19, che esprime l'intento della Commissione di superare la politica degli accordi volontari, ratificando quindi, entro la metà del 2008 provvedimenti vincolanti nel campo dell'efficienza energetica dei veicoli leggeri, finalizzati alla riduzione della CO₂. Il 17 dicembre 2008 il Parlamento Europeo ha votato una risoluzione a favore della proposta della Commissione.

L'obiettivo che si intende perseguire, per il 2012, è di scendere con le emissioni di CO₂, ad un valor medio (sul venduto) di 130 gCO₂/km per le auto passeggeri (M1). La Comunicazione estende inoltre l'ambito di applicazione della strategia ai veicoli leggeri commerciali, fissando anche per questi obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂.

Di fatto, la politica degli accordi volontari non sta dando i risultati sperati, perchè la riduzione dei consumi, (da 185 gCO₂ per km nel 1995 a 161 gCO₂ per km nel 2004, -13%), ottenuta dalle industrie europee e grazie anche allo spostamento della domanda dalla benzina al gasolio, è stata controbilanciata da un contemporaneo aumento della massa delle autovetture e delle potenze installate a bordo (Figura 3.2) che portano la curva delle emissioni di CO₂ quasi ad un asintoto orizzontale.

Figura 3.2: Andamento, per le vetture europee di nuova produzione, dei consumi



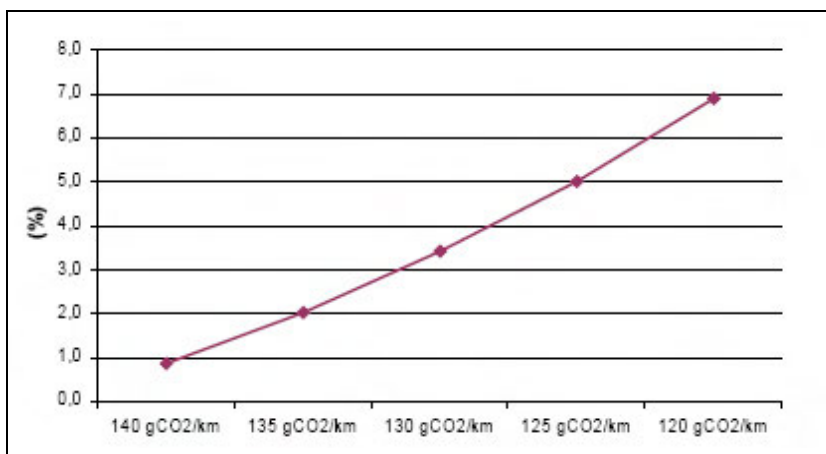
Fonte: ACEA

L'incremento dei pesi e delle potenze ha in effetti pregiudicato gravemente il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi indicati dall'Unione e la Commissione Europea ha perciò confermato con la suddetta Comunicazione l'obiettivo di riduzione delle emissioni a 120 g CO₂ per km entro il 2012, e questa volta con misure mandatorie:

- la riduzione della media delle vetture nuove immatricolate a 130 g/km;
- un ulteriore abbattimento di 10 g/km grazie all'adozione di misure specifiche relative ai sistemi di condizionamento di bordo, il monitoraggio della pressione degli pneumatici, l'adozione di pneumatici a bassa resistenza al rotolamento e di indicatori cambio marcia, l'incremento dell'uso di biocombustibili. Anche per i veicoli commerciali leggeri ci sarà l'indicazione di raggiungere 175 g/km nel 2012 e 160 g/km nel 2015 ed infine misure orientate alla domanda e al comportamento dei consumatori, con l'adozione di misure fiscali, come la tassazione delle automobili in relazione alle emissioni di CO₂ e di possibili incentivi per veicoli LEEV – Light-duty Environmentally Enhanced Vehicle.

Nel dicembre 2008 il lungo esame della direttiva si è concluso, confermando il limite di 130 g/km che dovrà però riguardare nel 2012 solo il 65% del venduto, l'80% dal 2014, per essere esteso a tutto il venduto nel 2015. Il limite al 2020 è stato fissato a 95 g CO₂ /km, soggetto però a revisione nel 2013. Sono state definite anche le penalizzazioni, che partono da 5 €/g fino ad arrivare a 95 €/g. Peraltro, l'adozione di queste misure comporterà maggiori costi per l'utente finale, che sono stati stimati come rappresentato in Figura 3.3.

Figura 3.3: Incidenza dei maggiori costi unitari di produzione sul prezzo finale auto in funzione di diversi livelli di riduzione dei consumi



Fonte: Amici della Terra su dati TNO-IEEP-LAT (2006)

A questo riguardo, si esamineranno dapprima le tecnologie più promettenti di carattere orizzontale comuni a tutte le tipologie di veicoli (ottimizzazione della piattaforma del veicolo e della trasmissione), rimandando ai paragrafi successivi per un'analisi di dettaglio delle diverse tipologie di veicoli (benzina, Diesel, metano, elettrici, ibridi) e per la trattazione dei combustibili.

3.2 Bilancio energetico di un veicolo

Partiamo dal bilancio energetico di un veicolo perché, come in qualsiasi utilizzatore di energia, il problema dei consumi deve essere visto da due punti di vista, quello della richiesta e quello della produzione (trasformazione) di energia.

Occorre quindi ridurre al minimo la richiesta di energia (a parità di prestazioni) e soddisfare poi questa richiesta riducendo al minimo le perdite di conversione dall'energia primaria (carburante) in energia meccanica (propulsione).

In particolare, per un veicolo la richiesta di energia durante le fasi di marcia a velocità costante (predominanti nell'uso extraurbano) dipende dalle resistenze aerodinamiche e da quella di rotolamento degli pneumatici, mentre durante le fasi di accelerazione (predominanti nell'uso urbano) dipende anche dall'inerzia del veicolo.

Il problema si rappresenta in termini generali con l'equazione che esprime l'equilibrio dinamico del veicolo, nella quale compaiono al secondo termine la somma delle forze resistenti (carichi stradali) ed al primo la forza propulsiva necessaria in quel momento per quel particolare veicolo:

$$F_{\text{motr}} = F_{\text{aer}} + F_{\text{rot}} + F_{\text{grav}} + F_{\text{iner}}$$

dove:

F_{motr} = forza motrice, assicurata dal sistema di propulsione (diventa negativa in frenatura)

F_{aer} = resistenza aerodinamica, pari a $\frac{1}{2} C_d A r V^2$

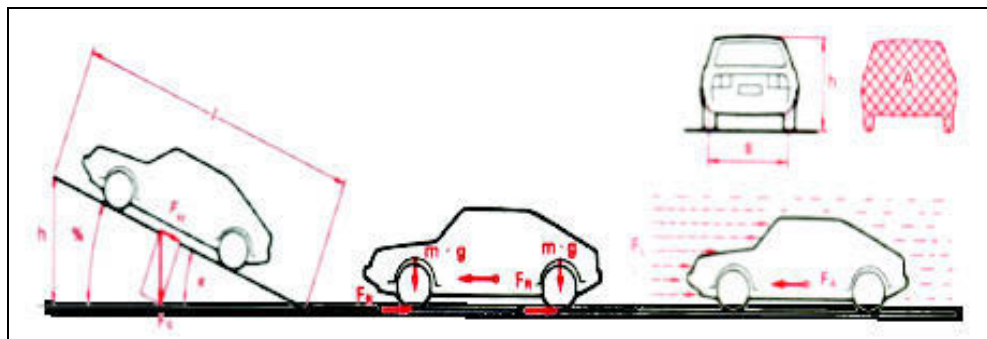
F_{rot} = resistenza di rotolamento, uguale a $C_r M g$

F_{grav} = resistenza gravitazionale, se il veicolo non è in piano (diventa negativa, cioè motrice, in discesa)

F_{iner} = forza inerziale, uguale ad $M a$ (diventa negativa, cioè motrice, in rallentamento).

C_d e C_r sono i coefficienti di resistenza aerodinamica e di rotolamento, A è la sezione frontale del veicolo, r è la densità dell'aria, M , V ed a sono massa, velocità ed accelerazione del veicolo, g l'accelerazione di gravità.

Figura 3.4: Le tre forze F_{grav} , F_{rot} , F_{aer} , che si oppongono al moto, in condizioni stazionarie ($F_{iner}=0$)



Passando dall'equilibrio delle forze a quello delle potenze e considerando che la potenza alle ruote deriva dal combustibile ed è gravata dalle perdite nel motore e nella trasmissione (frizione, cambio ecc.), otteniamo la:

$$P_{combustibile} \eta_{motore} \eta_{trasm} = (F_{aer} + F_{rot} + F_{grav} + F_{iner}) V + P_{ausiliari}$$

dove η_{motore} ed η_{trasm} sono i rendimenti del motore e della trasmissione e $P_{ausiliari}$ esprime la potenza necessaria al funzionamento dei sistemi ausiliari (condizionamento, servosterzo, altri carichi elettrici). Il consumo istantaneo è direttamente proporzionale alla $P_{combustibile}$, ed è tanto più grande quanto maggiore è la somma delle resistenze e quanto minori sono i rendimenti coinvolti.

Finalmente, integrando nel tempo per una particolare missione (ciclo urbano, misto, autostrada) e passando quindi all'energia utilizzata, dopo le necessarie conversioni (Joule \rightarrow kg \rightarrow litri di combustibile di riferimento) il consumo può essere espresso in termini unitari (litri/100 km), con riferimento ad un particolare ciclo.

L'insieme delle resistenze al moto costituisce il carico stradale e lo sforzo del progettista è quello di ridurre il valore del carico stradale, p.e. con la riduzione del peso del veicolo grazie a nuovi materiali, di nuovi pneumatici per una minore resistenza al rotolamento e di nuove aerodinamiche con minore resistenza all'aria, il tutto possibilmente a parità di prestazioni.

Ogni riduzione delle resistenze al moto e quindi della richiesta di energia, riduce poi proporzionalmente tutte le perdite di conversione e di trasmissione⁴⁴ e riduce in tal modo anche la potenza, e quindi il peso, del sistema di propulsione, con un effetto "leva".

⁴⁴ Anche se non in modo lineare, perché l'influenza della variazione di ogni resistenza dipende dal peso che ha questa resistenza nella missione considerata.

La ripartizione dei flussi di energia in un veicolo dipende poi dal valore relativo delle diverse resistenze in gioco, a loro volta funzione delle caratteristiche della missione e del veicolo, ed è rappresentata in Figura 3.5 e in Figura 3.6, per i due cicli utilizzati nella misura dei consumi. Nelle figure sono riportate anche le perdite di conversione, nel motore e nella trasmissione alle ruote, e quelle di funzionamento al minimo del motore, per una vettura a benzina del peso di 1230 kg (compresi 200 kg di carico utile). L'evidente disparità tra i due casi nella distribuzione dei flussi di energia indica la necessità di specializzare gli interventi di risparmio energetico in funzione dell'uso al quale i veicoli sono prevalentemente destinati. Per esempio, i sistemi di recupero in frenata dell'energia di accelerazione sono di grande utilità nell'uso urbano, di valore limitato nell'uso extraurbano; il contrario vale per la riduzione della resistenza aerodinamica.

Figura 3.5: Perdite secondo il ciclo NEDC

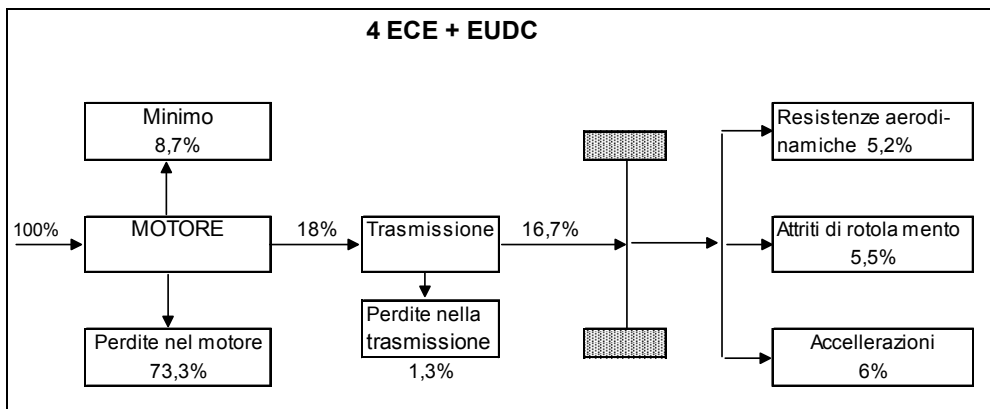
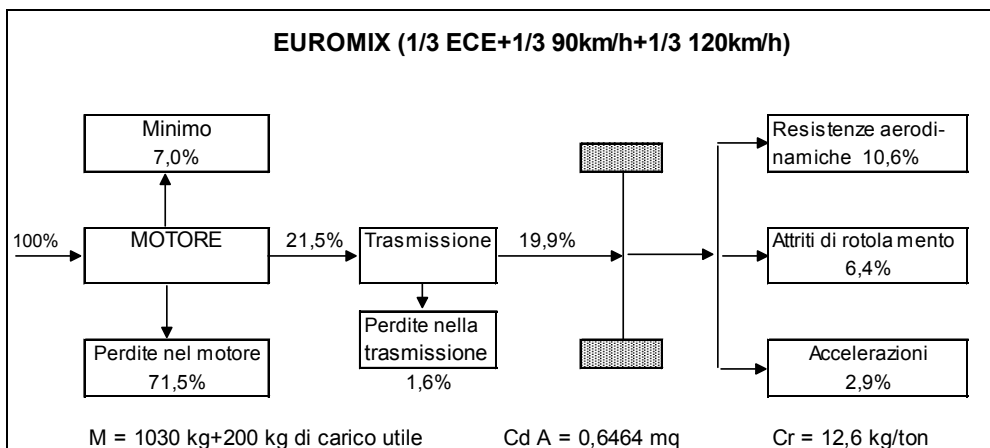


Figura 3.6: Perdite secondo il ciclo EUROMIX



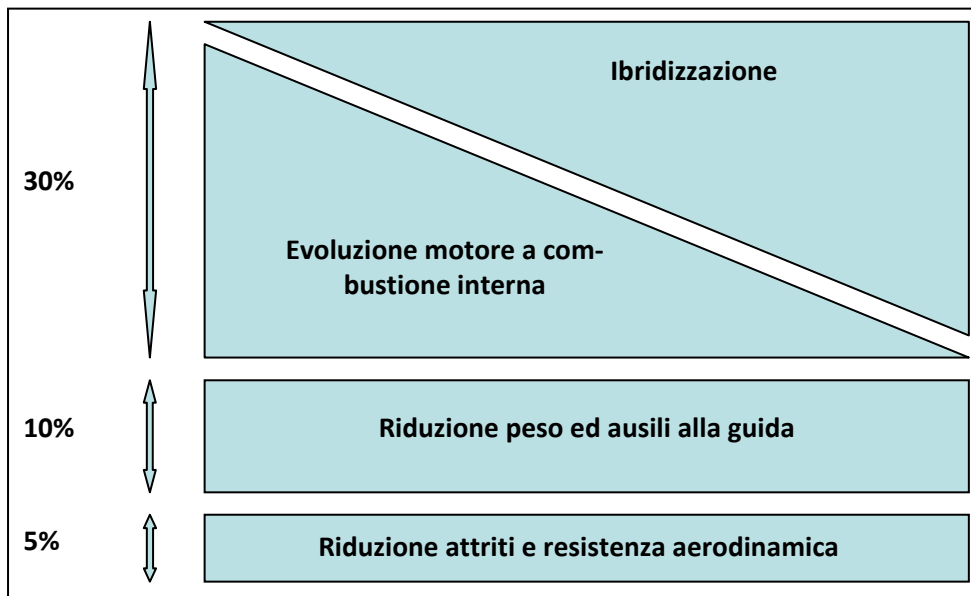
La possibilità di recuperare una parte dell'energia utilizzata per accelerare, preziosa soprattutto in ambito urbano, un tempo era prerogativa dei soli veicoli elettrici, oggi, grazie alla possibilità di ibridare il propulsore termico con una o più macchine elettriche (più ovviamente un accumulo elettrico), si estende anche ai veicoli alimentati a combustibile liquido o gassoso.

Si riducono così consumi ed emissioni totali, tanto quelle di CO₂, che, come già detto, hanno effetti nocivi per l'ambiente e quindi indirettamente per la salute dell'uomo, quanto le altre direttamente nocive per la salute dell'uomo e per l'ecosistema come gli ossidi di azoto e di carbonio, gli incombusti, il particolato ecc.

Si anticipa nella Figura 3.7 un quadro riassuntivo, ragionevolmente realistico, della riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂ ottenibile con le diverse tecnologie che si descriveranno di seguito.

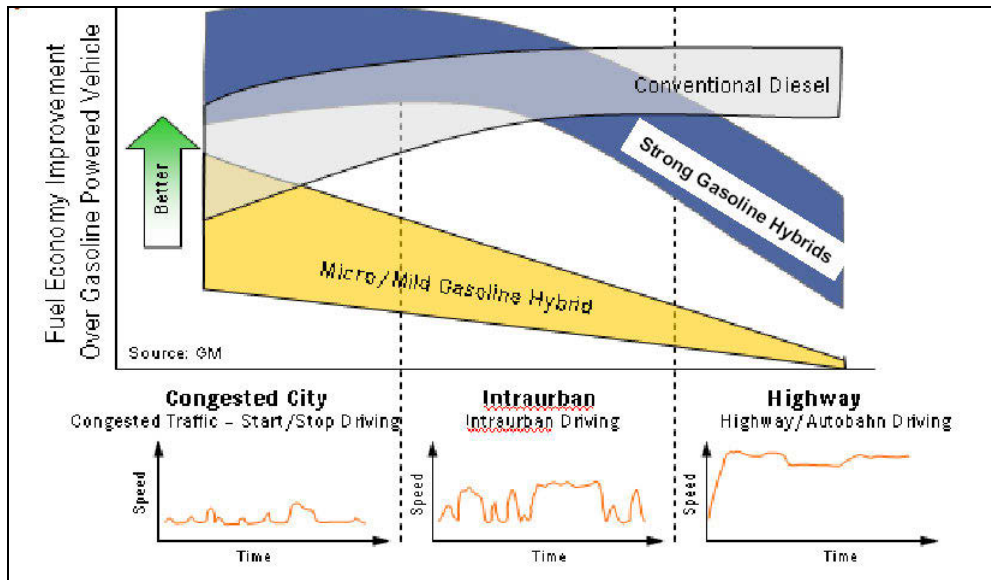
La bipartizione della prima "fetta" di riduzione dei consumi (30%), tra i miglioramenti del motore termico e l'ibridazione del sistema di trazione, è dovuta al diverso peso che hanno i due interventi in funzione della missione del veicolo. Il concetto è meglio illustrato nella Figura 3.8 seguente dove appare chiaro che l'ibridazione è preferibile al Diesel nei cicli urbani, il contrario in autostrada, dove le opportunità di recupero in frenata sono minori.

Figura 3.7: I recuperi di efficienza possibili con le diverse tecnologie



Fonte: Ricardo

Figura 3.8: L'influenza del ciclo di guida sui risparmi ottenibili con le diverse tecnologie

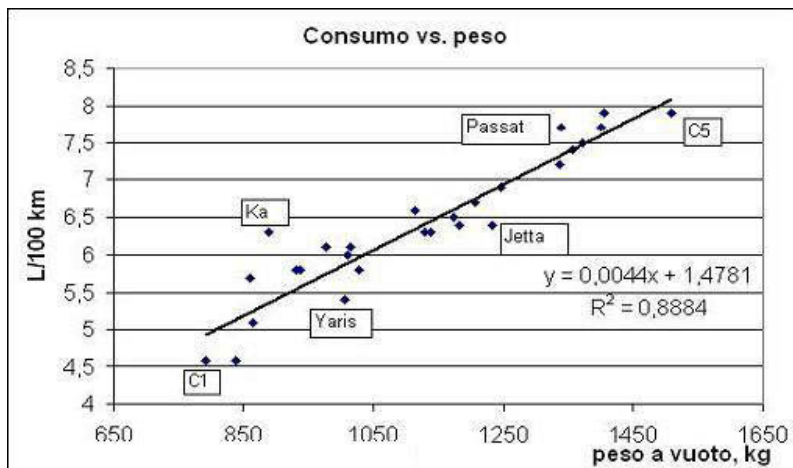


Fonte: GM

3.3 Riduzione del peso dei veicoli

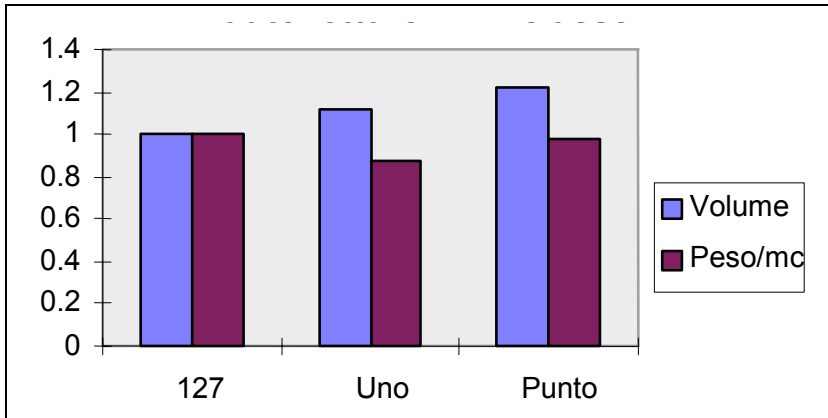
Tra i principali punti di intervento per la riduzione dei consumi dei veicoli, di qualsiasi tipo di trasporto si tratti, rientra la riduzione del loro peso.

Figura 3.9: Peso e prestazioni di autovetture di recente costruzione



Fonte: elaborazioni ENEA su dati *Quattroruote* (autovetture a benzina, i 6 modelli base di 4 case diverse)

Figura 3.10: Volumi e pesi (sola scocca) unitari autovetture Fiat classe B



Nel tempo si sono ottenuti notevoli progressi (Figura 3.10) mascherati però dall'aumento delle dimensioni dei veicoli, a parità di classe, e dagli interventi strutturali resi necessari dagli accresciuti standard di sicurezza; proprio questo però rende non semplici ulteriori riduzioni.

A parità di dimensioni del veicolo la riduzione di peso comporta comunque vantaggi anche dal punto di vista della sicurezza. Ad esempio, un'automobile più leggera è penalizzata nell'urto contro un veicolo più pesante, ma al contrario lo scontro di due veicoli ambedue leggeri, implica un minor valore dell'energia cinetica da dissipare in energia di deformazione, e quindi danni minori.

Ci sono due strade per la riduzione dei pesi:

- un miglior uso dei materiali esistenti
- l'introduzione di nuovi materiali.

Per l'uso di nuovi materiali, bisogna distinguere tra le prestazioni raggiungibili nei prototipi, dove il costo non è un fattore limitante, e le riduzioni di peso ottenibili invece a costi compatibili con la produzione di massa.

Bisogna comunque considerare come per alcune categorie di veicoli, (p.e. i veicoli per uso urbano, dove il ciclo di guida con molti *stop-and-go* rende determinante il peso come fattore di maggior consumo) la riduzione di peso significa un maggior investimento iniziale, ma minori costi di gestione. Può esserci quindi addirittura una convenienza economica, fino ad un punto di equilibrio, nell'uso di materiali più leggeri ma più costosi (p.e. alluminio nelle scocche, magnesio nei componenti meccanici, compositi strutturali nelle bombole in pressione per il metano ecc.).

Di seguito riportiamo alcune note sullo Stato dell'Arte in questo settore ed una panoramica su quanto è in corso di realizzazione in ENEA.

3.3.1 Materiali innovativi

L'alleggerimento dei vettori per il trasporto può essere perseguito tramite una sinergia di 3 fattori:

- nuovi materiali;
- nuove architetture;
- sviluppo dei processi tecnologici per la loro realizzazione.

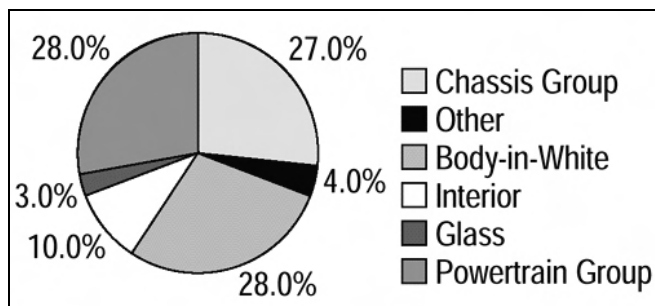
I tre fattori devono essere sviluppati nell'ottica dell'analisi dell'LCA (Life Cycle Assessment) e LCC (Life Cycle Cost) complessiva del prodotto, oltre che in vista di una riduzione delle emissioni di CO₂ nella fase di utilizzo.

Considerato che oltre alle ottiche energetiche i costruttori devono tenere in considerazione i costi di produzione, le normative e i requisiti di sicurezza e non ultime le tendenze di mercato e il gusto degli utenti, le modifiche in termini di nuovi materiali per l'alleggerimento possono essere previste principalmente sui componenti del telaio e della carrozzeria "nude" il cosiddetto "Body in White" delle vetture oltre che sui componenti dello chassis (sospensioni, trasmissioni ecc.)

La distribuzione media di masse per parti costituenti le autovetture è mostrata nella Figura 3.11.

Come si può osservare il corpo macchina e lo chassis, insieme, superano il 50% del totale del peso della vettura. Una riduzione del peso del corpo macchina e del gruppo Chassis permetterebbe di ottenere notevoli vantaggi sui consumi di carburante e di conseguenza sulle emissioni di CO₂.

Figura 3.11: Ripartizione del peso complessivo di un autoveicolo



Nell'ambito del settore *automotive* molti consorzi e progetti sono stati sviluppati negli anni per la riduzione del peso delle vetture garantendo allo stesso tempo l'aumento della rigidità e degli standard di sicurezza per i passeggeri ed anche per i pedoni.

In molti casi si tratta di affinamenti di materiali e tecnologie tradizionali come l'impiego dei nuovi acciai AHSS (Advanced High Strength Steel) con elevati limiti di resistenza ($S_u > 1400$ MPa e $S_y > 1000$ MPa) che allo stesso tempo mantengono una buona duttilità per operazioni di stampaggio in componenti ad elevato assorbimento di energia.

È il caso questo del progetto ULSAB (UltraLight Steel Auto Body) dell'American Steel Institute.

Riferendosi esclusivamente ai veicoli di serie, il trend negli anni ha mostrato un ricorso sempre maggiore a materiali più leggeri rispetto alle leghe ferrose per molti componenti.

Fra i materiali tradizionali, una serie di componenti in materiale ferroso sono stati sostituiti da materiali plastici e materiali leggeri quali leghe di alluminio ed in alcuni casi di magnesio.

Le leghe di alluminio trovano grande impiego nella realizzazione dei motori, degli scambiatori di calore e di alcuni componenti dello chassis (elementi del sistema delle sospensioni, supporti motore ecc.).

L'impiego delle leghe di alluminio per la realizzazione del corpo vettura è attualmente utilizzato principalmente da AUDI che ha lanciato la piccola A2 e l'ammiraglia A8. Mentre la A8 è da considerarsi un'auto di lusso (come anche le nuove S6, S8 ed R8, prodotte in serie limitata nello stabilimento di Neckarsulm, nato nel 1994 e denominato Aluminium and Lightweight Design Centre), la A2 è un'auto da città.

Un confronto comparativo con un'auto della stessa categoria con corpo in acciaio ha mostrato una riduzione del peso complessivo del corpo macchina di oltre 50 kg con un risparmio percentuale superiore al 25%. Un'applicazione ibrida di corpo macchina con telaio in acciaio e parte della carrozzeria in alluminio ed anche magnesio fu testata dalla VW con la Lupo. La versione standard è prodotta con corpo macchina (telaio + carrozzeria) interamente in acciaio (210 kg), mentre la versione a struttura ibrida ha portiere in alluminio e cofano in magnesio; la riduzione di peso ottenuta è di 44 kg (166 kg), ulteriori riduzioni di peso complessive dell'autovettura sono stati realizzati con degli interni alleggeriti e con la riduzione al minimo dei sistemi ausiliari. Il consumo dichiarato per la piccola alimentata con un motore Diesel da 1200 cc era di 3 litri per 100 km, tuttavia sia gli elevati costi sia la necessità di rendere più spartana l'autovettura fanno di questa auto più che altro una soluzione dimostrativa.

Altra linea di ricerca promossa è la sostituzione del corpo macchina che dovrebbe transitare dai materiali metallici (leghe di alluminio o acciai AHSS) ai materiali polimerici compositi (FRP e CFR). L'esempio degli sforzi che alcuni produttori di automobili europei (VW, Renault e Volvo) assieme ai principali produttori di compositi stanno facendo in questa direzione sono esposti nel rapporto del progetto TECABS (Technologies For Carbon Fibre Reinforced Modular *Automotive* Body Structures). Il progetto prevede la realizzazione di un pianale interamente in composito a base di fibre di carbonio con la tecnologia RTM (Resin Transfer Moulding) con resine termoplastiche e termoindurenti. Il risparmio di peso sulla scocca dovrebbe essere di circa il 50% con una riduzione considerevole dell'intero peso della vettura e di conseguenza del consumo di carburante e delle emissioni.

Le stesse tecnologie e gli stessi obiettivi sono sviluppati anche nell'ambito dei mezzi per il trasporto collettivo e del trasporto merci su gomma. Considerato che molto dell'inquinamento da trasporto, in special modo nei centri urbani, è dovuto alle automobili alle quali sempre più sono imposti limitazioni e blocchi alla circolazione, il trasporto pubblico con bus e treni dovrà necessariamente aumentare di volume; quindi anche in questo settore c'è bisogno di vettori efficienti ed ecologici sviluppati sulla base di nuovi materiali ed architetture in grado di garantire riduzione dei consumi.

Il progetto LITEBUS (Modular Lightweight Sandwich Bus Concept) prevede il ricorso a materiali sandwich o ibridi con architetture di tipo modulare in modo da avere allo stesso tempo una riduzione dei costi.

Stesse problematiche di alleggerimento di peso sono attribuibili al trasporto delle merci su gomma. Anche in Europa, pure se in modo meno vistoso rispetto agli USA, comincia a svilupparsi il trasporto con grandi autotreni lunghi oltre i 25 metri: questo limite è ampiamente superato negli USA dove, grazie alla maggiore dimensione delle infrastrutture stradali, gli autotreni raggiungono lunghezze di 53 metri. È ovvio che l'alleggerimento di motrici e rimorchi con l'impiego di materiali leggeri (compositi in particolare) permetterebbe un notevole incremento del carico pagante e la riduzione delle emissioni.

Per quanto riguarda il settore ferroviario, i principali obiettivi per lo sviluppo del Sistema trasporti su rotaia sono stati individuati dall'UNIFE (The Union of the European Railway Industries) in collaborazione con UIC (International Union of Railways), CER (Community of European Railways) e UITP (International Association of Public Transport) nel documento ufficiale "A Joint Strategy for European Rail Research – 2020 Towards a single European Railway System –".

Nell'ambito dei vettori passeggeri e merci, la tendenza generale risulta quella di sviluppare veicoli con prestazioni più elevate delle attuali in termini di velocità e comfort e al tempo stesso di ridurre l'aggressività verso la linea mi-

gliorando la dinamica di marcia, aumentando i livelli di sicurezza e riducendo le masse con l'uso di nuove architetture dei veicoli e nuovi materiali.

In realtà, già da qualche anno, la ricerca si è focalizzata nello studio di soluzioni tecnologiche che favoriscono l'uso di materiali innovativi al fine di migliorare le performance in esercizio del rotabile (in termini di riduzione del rumore e delle vibrazioni) contemporaneamente alla riduzione dell'impatto ambientale attraverso un riciclo dei materiali utilizzati.

3.3.2 *Il contributo dell'ENEA*

Le nuove linee di ricerca sui materiali sviluppate in ENEA prevedono lo studio di nuovi materiali e tecnologie di lavorazione che vanno oltre l'impiego di materiali leggeri tradizionali.

In particolare è previsto lo sviluppo di nuovi materiali cellulari e di materiali compositi, siano essi a matrice metallica o polimerica, come pure lo sviluppo di tecnologie di giunzione, e in generale di tecnologie di processo.

Le linee di ricerca multidisciplinari del Dipartimento *Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali* riguardano:

- sviluppo di materiali ceramici e ceramici compositi;
- sviluppo di materiali compositi con rinforzi nano strutturali;
- sviluppo di materiali metallici cellulari;
- sviluppo delle tecnologie di lavorazione.

3.3.2.1 *Materiali ceramici*

Per i materiali ceramici sviluppati si prevede l'applicazione principalmente nei motori aeronautici. L'obiettivo è la realizzazione di ceramici e ceramici compositi in grado di incrementare la temperatura massima di esercizio (e quindi del ciclo termodinamico) in modo da aumentare l'efficienza energetica dei propulsori. Questi materiali devono garantire una elevata affidabilità e resistenza alla propagazione delle cricche, fattore critico di questo tipo di materiali che di base è un materiale considerato fragile.

Dal punto di vista operativo la realizzazione di materiali ceramici "tenaci" può avvenire attraverso l'ottimizzazione dei cicli di sintesi e formatura, in modo da ridurre la densità di difetti critici. Inoltre la realizzazione di nuovi materiali ceramici compositi prevede l'analisi delle potenzialità di nuovi materiali per il rinforzo, con particolare attenzione alle possibilità offerte dai nanomateriali ed in particolare dalle nanofibre di carburo di silicio o dai nanotubi di carbonio.

Lo stesso tipo di materiale può trovare delle applicazioni nella realizzazione di componenti dei motori per trazione ma anche dei dischi del sistema frenante dei vettori per il trasporto terrestre. Già su alcuni modelli di auto dalle prestazioni estreme possono essere richiesti i dischi in materiale ceramico che hanno un peso circa la metà dei tradizionali dischi ma che hanno il vantaggio, non indifferente nell'ambito dell'analisi LCA, dell'indistruttibilità. Quindi, al fattore leggerezza (a cui possono essere imputati pochi chili su un'autovettura, ma che possono essere decine su autotreni e treni) vanno aggiunti i vantaggi di costo complessivo durante la vita: minore energia per la produzione e, mediante l'utilizzo di adeguate procedure di riutilizzo e riciclaggio, riduzione delle emissioni durante tutto il ciclo di vita di auto, treni, camion e bus.

3.3.2.2 Materiali compositi

La linea di ricerca sui materiali compositi dell'ENEA è mirata soprattutto allo studio dei compositi termoplastici nanostrutturali.

A differenza di quanto finora sviluppato a livello europeo e mondiale (progetto TECABS, che prevede l'impiego di materiali fibrorinforzati con rinforzi in tessuto o fili, in percentuale del 20–30%) la ricerca ENEA è mirata allo sviluppo di materiali compositi a base termoplastica con rinforzi nanostrutturali a base di fillosilicati, che permettano di ottenere, con basse percentuali di filler (3–5%), una resina rinforzata che mantenga buona fluidità e caratteristiche reologiche tali da garantirne la stampabilità anche in forme complesse. Queste peculiarità renderebbero il processo estremamente economico; inoltre il vantaggio di utilizzare resine termoplastiche garantirebbe una maggiore resistenza agli urti e la migliore riparabilità dei componenti. Di contro vanno affrontate e risolte le problematiche inerenti la resistenza al fuoco e il deterioramento delle caratteristiche meccaniche legato all'aumento della temperatura di esercizio, tipico dei materiali termoplastici.

I possibili campi di applicazione vanno dalla cantieristica navale, per quanto riguarda i componenti di sovrastruttura, a componenti dei vettori terrestri (autobus, tram, treni, motrici ed automobili). L'obiettivo minimo è il loro impiego nella realizzazione di *interiors* a basso costo e peso ridotto. Tuttavia sono prevedibili applicazioni nella realizzazione di parte delle carrozzerie e di elementi di struttura secondaria. L'integrazione di componenti plastici in strutture complesse quali i vettori di trasporto richiede lo sviluppo di diverse classi di tecnologie (tra cui spiccano le nuove tecniche di giunzione metallo-polimero e polimero-polimero), l'approfondimento delle problematiche di impatto ambientale ed il miglioramento delle metodologie per la riparabilità di materiali e componenti in composito termoplastico. Quest'ultimo obiettivo risulta critico per aumentare drasticamente il tempo di vita media dei componenti e quindi contenere i relativi costi complessivi.

3.3.2.3 Materiali metallici

Per quanto riguarda i materiali metallici, l'attività principale riguarda lo sviluppo di una linea di produzione dei materiali metallici cellulari. I materiali cellulari (o schiume metalliche) sono in grado di combinare caratteristiche eccellenti di resistenza meccanica con un peso estremamente ridotto. Si tratta di materiali sviluppati nel recentissimo passato ed il cui utilizzo è tuttora limitato dalla necessità di svilupparne le relative tecnologie ed in generale da una non completa conoscenza del loro comportamento. Lo studio delle caratteristiche chimico-fisiche delle tecnologie di giunzione di questo tipo di materiali e, più in generale, delle tecnologie che permettono di realizzare geometrie complesse, è da considerare come fattore abilitante per la loro penetrazione nei settori del trasporto navale e terrestre, dove possono giocare un ruolo chiave nel prossimo futuro.

I materiali di maggiore interesse sono le schiume in leghe di alluminio e di titanio. L'obiettivo è la produzione di pannelli sandwich con *core* in schiuma metallica e pelli saldate mediante legame metallurgico. L'obiettivo minimo prevede la produzione di pannelli AFS (Aluminium Foam Sandwich), tuttavia è previsto lo studio dell'ibridazione dei materiali con *core* in schiume di alluminio e pelli in lega di titanio o acciaio.

Nel settore dei trasporti terrestri, l'impiego dei materiali cellulari metallici può essere dedicato (insieme all'impiego di leghe di alluminio) all'alleggerimento del corpo del vettore, migliorando l'energia assorbita in caso di incidente. L'impiego di questi materiali per la realizzazione di microcar potrebbe garantire la realizzazione di scocche e telai di sicurezza, in grado di salvaguardare l'incolumità dei passeggeri ed allo stesso tempo ridurre il loro peso.

Inoltre, è ipotizzabile la realizzazione di travi con processo misto estrusione e schiumatura che potrebbero essere utilizzate per la realizzazione dei telai di motrici e rimorchi, strutture di bus e treni, conferendo elevati standard di sicurezza e leggerezza e migliorando la stabilità strutturale, il livello di vibrazioni e di conseguenza il comfort.

3.3.2.4 Metodiche di progettazione e tecnologie di lavorazione

Assieme allo sviluppo dei processi di produzione e dei materiali, grazie al lavoro svolto in collaborazione con i partner dei progetti di ricerca correlati (Consorti CALEF e CETMA, Università e aziende), è indispensabile sviluppare modelli di calcolo agli elementi finiti dedicati e tecnologie di formatura, lavorazione meccanica e giunzione, che vanno dall'*adesive bonding* alla saldatura con tecnologie ad elevata densità di energia, in grado di minimizzare la zona di alterazione delle caratteristiche fisiche e chimiche di questi materiali.

In particolare, di grande interesse sono le potenzialità della tecnologia di saldatura laser e laser-arco per la realizzazione di componenti di forma complessa con materiali metallici cellulari.

Inoltre, la tecnologia laser è utile per la realizzazione di strutture ibride fra materiali cellulari e sandwich ottenuti con materiali tradizionali quali le leghe di alluminio, leghe di titanio e gli acciai AHSS per la realizzazione di componenti modulari dall'elevato rapporto rigidità peso, applicabili nella realizzazione delle strutture di navi, treni, bus e camion.

La stessa tecnologia è indispensabile all'assemblaggio in serie del telaio e della carrozzeria di corpi auto in lega di alluminio e materiali metallici cellulari oltre che nella costruzione di componenti di forma complessa in lega di titanio, indispensabili nella realizzazione di strutture ibride polimero-metallo, per ovviare a problemi di corrosione.

La ricerca sui nuovi materiali e nuove tecnologie va supportata dallo sviluppo di nuove architetture modulari di vettori, che tengano conto del Life Cycle Cost.

Per rispondere alle esigenze di standardizzazione di prodotto, i costruttori di vettori per il trasporto passeggeri richiedono lo sviluppo di nuove metodologie di progettazione che possano affermare il concetto di modularità e permettano la riduzione dei tempi di progettazione.

Alcune aziende (Adtranz), come avvenuto in precedenza nel settore *automotive*, hanno recentemente investito in una nuova strategia di mercato basata sulla realizzazione di vettori ferroviari ottenuti mediante l'assemblaggio di piattaforme modulari flessibili nell'ottica di essere utilizzate anche per vettori di metro o tram.

La ricerca mira dunque a sviluppare una metodologia di progettazione dell'intero processo di sviluppo di vettori a partire da piattaforme modulari flessibili che differiscono tra loro per il tipo di trasporto che esse garantiscono e per le prestazioni che sono in grado di fornire, ma sono accomunate dall'esigenza di minimizzare i pesi strutturali a favore di una maggiore velocità, di un miglior assetto aerodinamico e di un maggior comfort dei passeggeri.

L'impiego ottimizzato dei nuovi materiali e processi sviluppati necessita quindi dello sviluppo di speciali metodiche di progettazione (DFE – Design for Environment) per perseguire un concept design del vettore che tenga conto anche del riciclo dei materiali (DFR – Design For Recycling), dell'assemblaggio/disassemblaggio dei componenti (DFA/DFD–Design For Assembly/Disassembly), della manutenibilità del vettore e degli accessori (DFM – Design For Manufacturing), e dei costi del ciclo di vita (LCC – Life Cycle Cost).

Il tutto deve comunque rimanere in accordo con le normative imposte dagli organi di omologazione dei vettori per il trasporto; per i nuovi materiali bisogna anche prevedere l'esecuzione dei tutti i test necessari per la loro approvazione.

3.4 Riduzione della resistenza di rotolamento e della resistenza aerodinamica

La resistenza di rotolamento è tra le principali cause di consumo energetico alle basse velocità ed in ciclo urbano, dove è pari al 45% di quella richiesta alle ruote, ed è pur sempre pari al 32% nel ciclo misto, ECE+EUDC; essa è dovuta in gran parte all'attrito tra le ruote e la strada ed alla deformazione anelastica degli pneumatici. Cause minori di resistenza di rotolamento sono poi i freni ed i cuscinetti delle ruote.

L'aumento della pressione di gonfiaggio delle ruote è uno dei sistemi usati per ridurre tale resistenza, ma ha evidentemente influssi sul comfort e sulla sicurezza di guida. In pneumatici per usi speciali, con una pressione di 3 bar e con l'uso di speciali mescole si è riusciti a ridurre quasi del 50% il coefficiente di rotolamento, senza inaccettabili sacrifici delle altre prestazioni, ma nella produzione di serie è prevedibile una riduzione del 20÷30%, ottenuta grazie ad una riprogettazione del battistrada e della struttura resistente, e all'uso di nuovi materiali (mescole riformulate a bassa isteresi, fibre aramidiche, poliestere monofilamento) che consentono di ridurre anche il peso degli pneumatici.

Alle alte velocità è invece la resistenza aerodinamica il fattore di maggiore importanza, perché, come già visto, la forza resistente dipende dal quadrato della velocità del veicolo, e quindi, a parità di distanza percorsa, anche il lavoro e quindi l'energia dissipata aumentano con il quadrato della velocità. P.e., ridurre il C_d da 0,45 a 0,33 riduce i consumi del 6,7% a 60 km/h ma del 22% a 160 km/h.

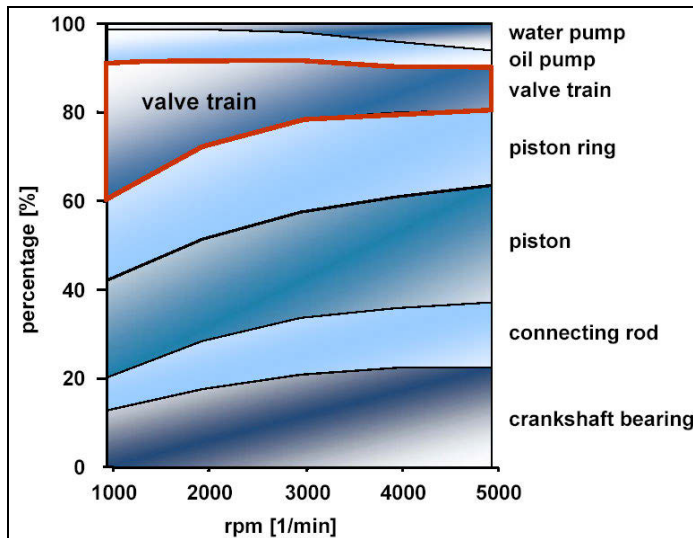
Ridurre la sezione trasversale del veicolo, l'altro termine che ne caratterizza il comportamento aerodinamico, significa invece ridurre l'abitabilità, per cui a parità di prestazioni questo termine non è generalmente modificabile.

Un problema aggiuntivo per i veicoli a bassissimi consumi (*compact* e *sub-compact*) è il rapporto lunghezza/sezione frontale, in genere meno favorevole rispetto a veicoli affusolati come quelli ricordati, il che rende più critico lo studio della coda del mezzo per la riduzione delle turbolenze di scia. Negli autobus extraurbani e negli autocarri nella marcia scarichi, la resistenza aerodinamica è molto importante, e potrebbe essere ridotta da valori intorno a 0,7 (autocarri con rimorchio) a valori intorno a 0,4–0,5.

3.5 Motorizzazioni tradizionali e riduzione delle perdite nel motore

Il rendimento globale (al freno) di un motore a combustione interna è il prodotto di due rendimenti, quello termodinamico e quello meccanico. Il primo esprime l'efficienza di conversione dell'energia chimica del combustibile in energia meccanica derivante dall'espansione dei gas (di pressione).

Figura 3.12: Distribuzione percentuale delle perdite per attrito in un motore a C.I.⁴⁵



Il secondo esprime il rapporto tra quest'ultima e quella resa disponibile all'albero motore. Nel funzionamento al minimo, p.e., il rendimento meccanico è nullo, perché non c'è un output di energia meccanica, a piena potenza è invece massimo, vicino al 90%.

In Figura 3.12 sono rappresentate le principali fonti di perdite per attrito in un motore a combustione interna e la relativa influenza sulle perdite totali e quindi sul rendimento meccanico.

È evidente come a basso numero di giri prevalga il lavoro di apertura e chiusura delle valvole insieme a quello di pompaggio dell'olio lubrificante; ad alto numero di giri invece è predominante l'attrito pistone-cilindro e quello dei cuscinetti di banco, per cui gli interventi di ottimizzazione vanno tarati sull'utilizzo del motore in condizioni reali.

Durante il ciclo di prova va quindi considerato un rendimento globale variabile, e quello massimo di ciclo non coincide con quello globale massimo al banco, per le diverse condizioni d'uso del motore. Anche in questo caso lo sforzo del progettista è quello di ridurre le perdite, massimizzando i rendimenti.

Confrontando il rendimento al banco delle due motorizzazioni, Diesel e ad accensione comandata, il Diesel offre rendimenti migliori, e la ragione della sua superiorità sul motore ad accensione comandata risiede in tre fattori:

⁴⁵ "Contribution of Suppliers to CO₂ Reduction", Dr. Wolfgang Reik, LuK GmbH & Co. oHG, Bühl, Global Powertrain Congress, 2008.

- migliore rendimento termico ideale, grazie al più alto rapporto di compressione;
- possibilità di lavorare in forte eccesso d'aria, che permette una combustione più completa, con ulteriore miglioramento del rendimento termodinamico;
- migliore rendimento meccanico, grazie alla riduzione del lavoro di pompaggio nella fase di aspirazione.

D'altro canto, le emissioni del Diesel sono il suo punto debole, e quindi tanto per il particolato sottile, quanto per gli NO_x è stato necessario sviluppare dispositivi ad hoc: FAP (filtro antiparticolato) per le prime e sistemi ad iniezione di urea (Blue Tech) per il secondo.

Le due famiglie di motori vedono comunque un progressivo avvicinamento, che si rifletterà poi nella prevista unificazione dei limiti di emissione (Euro 5, 2009).

La tecnologia HCCI (Homogenous Charge Compression Ignition), infatti, si può applicare ad entrambi i motori ed è ad oggi considerata una delle migliori soluzioni disponibili per ridurre le emissioni di ossidi di azoto e di particolato, grazie alla possibilità di raggiungere entrambi gli obiettivi della completezza: quello della combustione, necessaria per la riduzione del particolato, e quello del mantenimento di temperature relativamente basse, per evitare la formazione degli ossidi di azoto. Si ottiene contemporaneamente una riduzione dei consumi del 15–20%, che riallinea il rendimento del motore a benzina al Diesel.

Motori con queste caratteristiche sono già in fase di prova al banco (e su strada), come ad esempio il DiesOtto Mercedes a benzina da 1,8 L, ad iniezione diretta e con rapporto di compressione variabile, che utilizza sia il meccanismo della accensione spontanea che l'accensione comandata, in funzione del regime del motore.

In Figura 3.13, di origine VW⁴⁶, è rappresentato il processo di avvicinamento nel tempo delle due tecnologie.

⁴⁶ "Sustainable biofuels for auto ignition combustion engines" Wolfgang Steiger (Volkswagen), ATA Congress 2008.

Figura 3.13: Evoluzione delle due motorizzazioni "classiche": Diesel ed accensione comandata

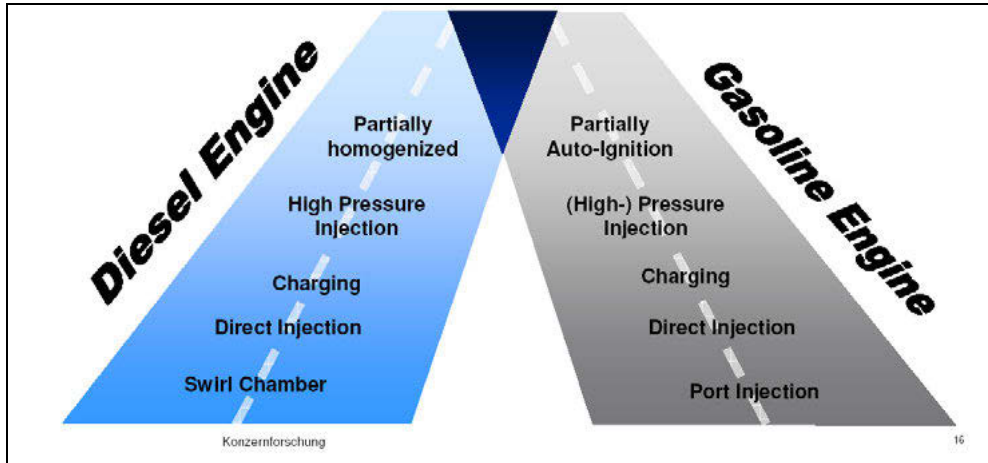
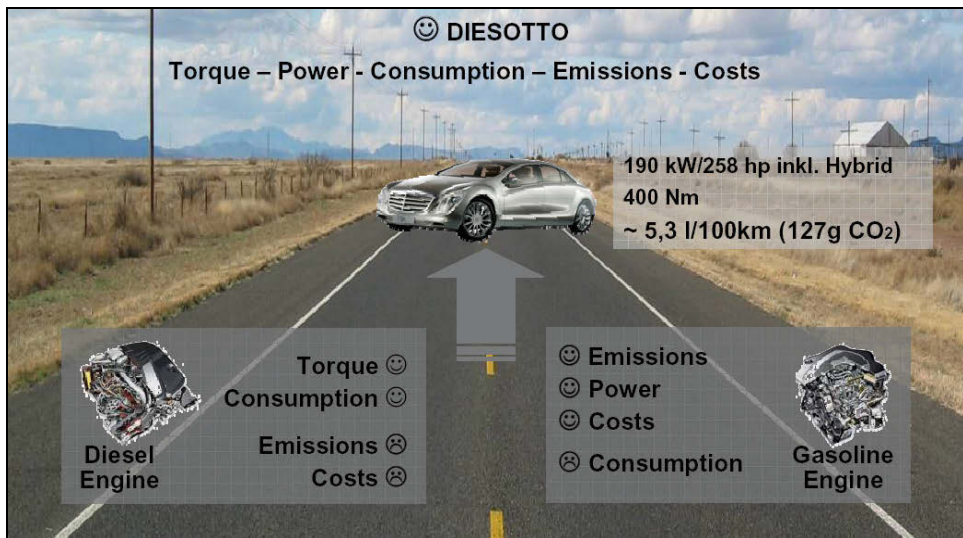


Figura 3.14: Pro e contro del motore Diesel e del motore a benzina e risultati ottenibili con l'integrazione delle due tecnologie⁴⁷



Un motore così concepito funziona in effetti con modalità più simili alla benzina (carica omogenea) ai bassi carichi, mentre ai carichi elevati le modalità di iniezione del combustibile rendono il suo funzionamento più vicino al Diesel. Le prestazioni del motore Mercedes sono invece rappresentate dalla Figura 3.14.

⁴⁷ "How Can We Secure Sustainable Mobility in the Future?", Christian Mohrdieck, Daimler, Global Powertrain Congress, 2008.

Il motore offrirebbe prestazioni paragonabili al 2,5 L a benzina dal punto di vista delle emissioni, mentre, con l'aggiunta di un modulo di ibridizzazione (motore elettrico+accumulo elettrico) i consumi della Classe S, per cui è stato progettato, scenderebbero sotto i 6 L/100 km.

Analoghe realizzazioni sono in prova presso gli altri costruttori, per esempio in Fiat dove il concetto è stato applicato anche alle motorizzazioni a gas naturale, con l'obiettivo di aumentare la potenza specifica del motore, con l'ausilio di sistemi di sovralimentazione innovativi assistiti elettricamente in regimi non stazionari.

Per migliorare invece il rendimento meccanico, bisogna ridurre al minimo gli attriti interni del motore. Ad esempio Nissan ha varato un progetto per portare il motore del modello "Micra" ad un consumo di 3 L/100 km attraverso la riduzione del 25% degli attriti (tutti gli organi rotanti in contatto saranno ricoperti di carbonio), mentre la disattivazione di un certo numero di cilindri consente di evitare le perdite connesse al loro funzionamento quando la potenza richiesta è bassa e ne è perciò sufficiente solo una parte (del totale). Questa è ad esempio la strada seguita da Honda che punta sul proprio motore da 3,5 L, 6 cilindri a V, equipaggiato con un Variabile Cylinder Management System. Il sistema non solo permette al motore, quando la vettura procede a velocità costante, di funzionare con solo 3 dei 6 cilindri, ma anche di funzionare a 4 o a 5 in funzione dell'accelerazione richiesta.

Tutte le riduzioni degli attriti consentono infine di ridurre il riscaldamento dei fluidi lubrificanti, riducendo di conseguenza la potenza necessaria dell'impianto di circolazione/raffreddamento.

L'elettrificazione di una serie di ausiliari e la gestione ottimizzata del loro funzionamento contribuisce alla riduzione di questi consumi e potrebbe ridurre di qualche punto il consumo globale del veicolo, anche se in questo campo c'è da temere invece la crescita dei consumi elettrici di bordo allo scopo di migliorare il comfort del veicolo.

3.5.1 *Motori ad accensione comandata (benzina, GPL e metano)*

Per i motori ad accensione comandata, la principale innovazione tecnologica introdotta è l'iniezione diretta in camera di combustione, fino ad oggi caratteristica del Diesel, permettendo così una miglior miscelazione con l'aria in tutti i regimi di rotazione del motore.

Questo permette di lavorare con miscele molto magre, con miglioramento della combustione, ed inoltre, posizionando l'iniettore direttamente nella camera di combustione, si può eliminare la *valvola a farfalla* che contribuisce significativamente alle perdite per inefficienza fluidodinamica del motore.

È da sottolineare tuttavia che i moderni motori ad iniezione diretta sono tutti del tipo a *carica stratificata*, che si ottiene conferendo al flusso aria / combu-

stibile, introdotto nel cilindro durante l'aspirazione, un moto elicoidale che migliora la creazione di una miscela con le caratteristiche desiderate. Così facendo si riesce a migliorare la combustione e conseguentemente a diminuire i consumi di combustibile.

Si deve sottolineare il fatto che, nei moderni motori ad iniezione diretta, vengono attuate diverse *strategie di iniezione* a seconda del tipo di percorso e di richiesta di coppia/potenza attuate dal pilota:

- bassa richiesta di coppia e potenza -> miscela magra con carica stratificata (paragrafo successivo);
- condizioni normali di utilizzo -> miscela stechiometrica e carica omogenea;
- elevate richieste di coppia e potenza -> miscela leggermente grassa (sovradosaggio di combustibile) per massimizzare la potenza.

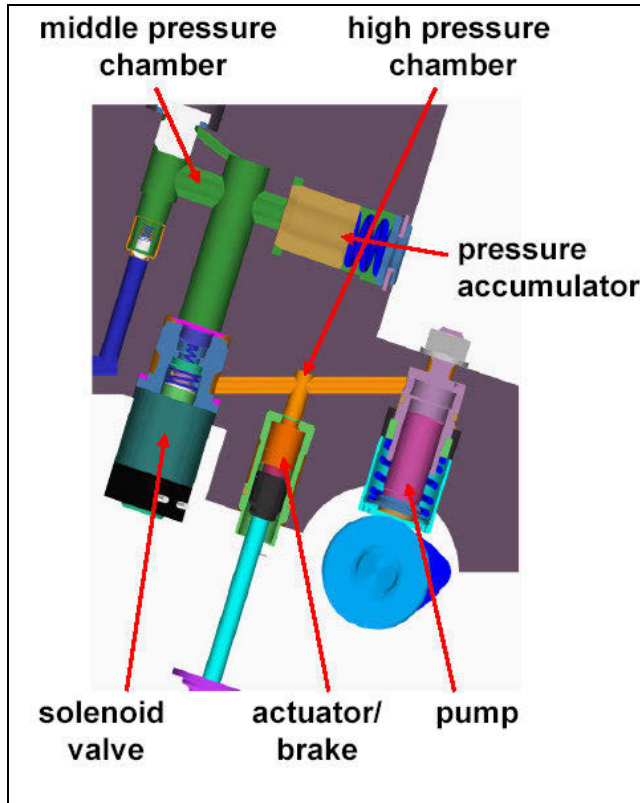
Ad esempio, nei motori giapponesi a iniezione diretta il rapporto aria-combustibile varia da 50:1 a bassa potenza fino a 12:1 per i carichi elevati: in questo modo i consumi possono essere tagliati fino al 25%. L'uso di rapporti così magri inibisce la possibilità di utilizzare i catalizzatori a tre vie convenzionali, stante l'elevata percentuale di ossigeno nei gas di scarico, e richiede quindi l'uso di speciali catalizzatori per ridurre gli ossidi di azoto (de-NO_x), il cui sviluppo è ancora in corso.

Per ridurre le perdite dovute al lavoro di pompaggio, sono stati poi sviluppati sistemi che prevedono il controllo elettronico delle valvole di aspirazione e scarico (Uni-Air) che riduce i consumi di un 10÷15%, e contemporaneamente ottimizza la coppia erogabile. Invece di introdurre delle perdite nel condotto di aspirazione, chiudendo la valvola a farfalla, l'aria viene dosata opportunamente, in funzione del carico richiesto al motore⁴⁸, aumentando o diminuendo il tempo di apertura delle valvole, nello stesso modo in cui viene dosato il combustibile, aumentando o diminuendo il tempo di apertura dell'iniettore.

Il sistema elettro-idraulico sviluppato da Centro Ricerche Fiat (CRF), conosciuto con il nome di Uni-Air, si basa su di principio di funzionamento molto semplice, la punteria e la valvola del motore sono collegate attraverso un volume di olio, controllato da un'elettrovalvola attuata dal sistema elettronico di controllo: il controllo del volume d'olio consente la regolazione continua dell'alzata della valvola.

⁴⁸ Il carico è definito, per ogni regime di rotazione del motore, come il rapporto tra la coppia richiesta (ottenuta dosando la quantità di miscela aria-combustibile: per aumentare il carico, aumenta la quantità di miscela) e la coppia massima a quel regime di rotazione.

Figura 3.15: Il sistema Uni-Air del gruppo Fiat



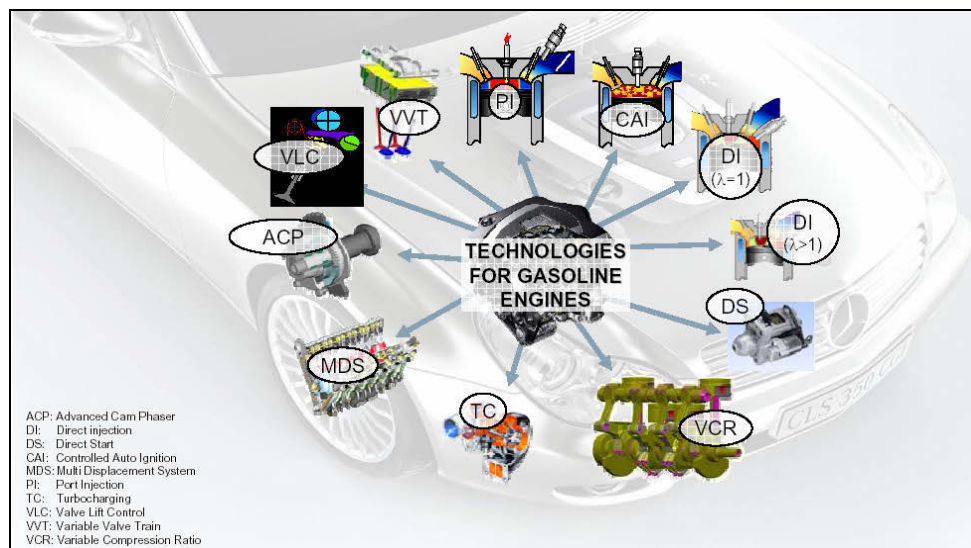
La gestione del sistema è effettuata mediante un adeguato sistema di controllo elettronico, contenente strategie “model based” evolute, in grado di elaborare i segnali di attuazione delle valvole a seconda delle richieste del guidatore.

I vantaggi su motore sono evidenti:

- ottimizzazione del rendimento volumetrico, e quindi delle prestazioni, su tutto il campo di funzionamento del motore;
- sostanziale riduzione dei consumi, grazie alla eliminazione della farfalla, e delle emissioni, grazie al controllo diretto e sincrono dell'aria e della benzina;
- miglioramento della risposta in transitorio dovuto al controllo diretto dell'aria sulle valvole.

Si riporta in Figura 3.16 una panoramica delle innovazioni in corso di studio per il motore a ciclo Otto.

Figura 3.16: Tecnologie innovative per il motore a ciclo Otto



Fonte: DaimlerChrysler AG JSAE/SAE International Fuels and Lubricants Meeting 2007⁴⁹

Si osservino tra le proposte di Mercedes la presenza della tecnologia HCCI (indicata come CAI, Controlled Auto Ignition), di cui si è già parlato, e l'introduzione del controllo del rapporto di compressione (VCR) e della cilindrata variabile (MDS), cui si accenna di seguito.

3.5.1.1 Variable Compression Ratio

Si definisce rapporto di compressione il rapporto tra il volume del cilindro quando il pistone si trova al punto morto inferiore e il volume quando si trova al punto morto superiore.

Il rendimento di un motore è strettamente legato al rapporto di compressione ed in particolare aumenta con il rapporto di compressione. Tuttavia esiste un limite per rapporti di compressione molto elevati in cui può accadere che la miscela aria/combustibile si incendi prima del momento desiderato, ovvero quando la candela fa scoccare la scintilla⁵⁰.

Come per molti altri parametri motoristici, anche nel caso del rapporto di compressione, al fine di ottimizzare il rendimento termodinamico del motore, potrebbe essere utile modificare in un certo range tale rapporto in funzione del numero di giri del motore.

⁴⁹ Oggi solo Daimler.

⁵⁰ Quando accade questo fenomeno si dice che avviene la detonazione. Nei motori Diesel, invece, dove il carburante viene iniettato solo dopo la compressione dell'aria, si possono avere rapporti di compressione maggiori.

La soluzione tecnologica risulta tuttavia molto complessa e delicata e consiste nel realizzare un cilindro “mobile” che possa essere alzato o abbassato per regolare il rapporto di compressione.

Attualmente solamente la SAAB ha sviluppato un prototipo di questa tecnologia, denominato SVC–Variable Compression Engine, per la quale non si prevedono a breve applicazioni commerciali.

3.5.1.2 Multi Displacement System

Disabilitare uno o più cilindri corrisponde in effetti a diminuire la cilindrata del motore. Questo significa sicuramente diminuire i consumi, ma allo stesso tempo le prestazioni del motore.

La disabilitazione dei cilindri è pertanto una strategia che può essere attuata quando non è richiesta tutta la potenza del motore, come ad esempio nell’uso urbano o per basse velocità.

Dal punto di vista tecnologico, si riesce ad ottenere la disattivazione di cilindri sospendendo l’iniezione di carburante⁵¹ e mantenendo chiuse sia la valvola di aspirazione che di scarico. In questo modo l’aria contenuta nel cilindro disattivato viene compressa durante la fase di salita del pistone (con un dispendio di energia) e si espande durante la fase di discesa del pistone (restituendo l’energia spesa durante la fase di compressione). Il pistone disattivato si comporta pertanto come una sorta di molla idraulica con l’effetto che un ciclo completo di rivoluzione del motore⁵² risulta nullo.

Necessitando di poter controllare la *distribuzione* delle valvole dei cilindri da disabilitare, questa tecnologia può essere attuata unicamente nei motori con cilindri posizionati su più bancate, cioè non in linea, come avviene nei motori a “V”. Al momento questa tecnologia è stata impiegata unicamente su motori di grossa cilindrata, come ad esempio i motori a “V” a 6–8–12 cilindri con volumi superiori a 3000 cc e, sebbene presenti delle potenzialità molto buone di riduzione delle emissioni nei percorsi urbani o a bassa velocità, è per il momento da ritenersi di interesse per il solo mercato americano, caratterizzato da cilindrata dei motori significativamente superiori rispetto al mercato europeo.

GM, con il marchio Cadillac, ha in produzione alcuni motori dagli anni 80. È interessante sottolineare che anche Daymle–Chrysler sta investigando questa soluzione tecnologica.

⁵¹ Cut off.

⁵² Due giri dell’albero motore.

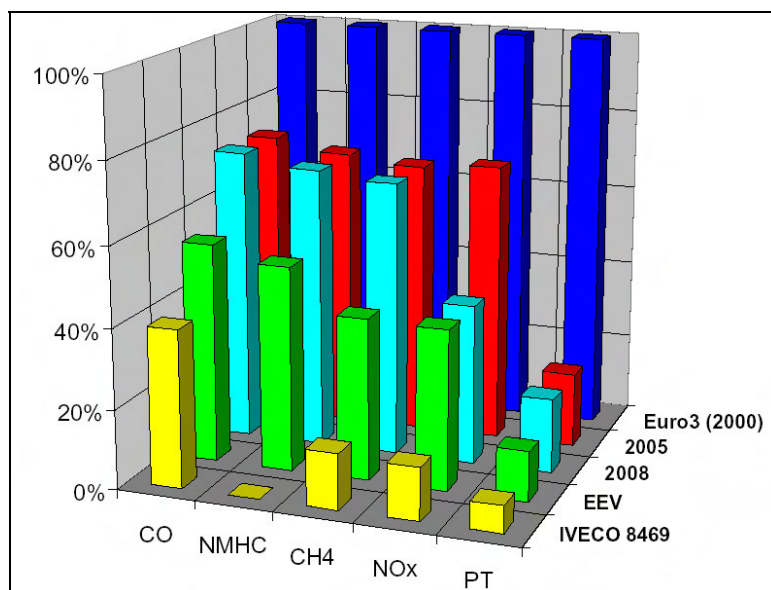
3.5.1.3 Motorizzazioni a metano

Per i motori a metano, tra le principali soluzioni industrialmente ed economicamente proponibili per migliorare drasticamente la qualità dell'aria nelle aree urbane, valgono le stesse considerazioni fatte per i motori a benzina, con l'eccezione dell'iniezione diretta, per la quale i vantaggi sono molto minori e le difficoltà ovviamente maggiori.

Inoltre l'ottima miscibilità del metano con l'aria, che consente l'uso di miscele molto magre (fino al 60% dello stechiometrico) e l'elevato numero di ottani equivalente, con elevato rapporto di compressione (12÷13), rendono possibili rendimenti migliori rispetto alla benzina, seppur sempre inferiori al Diesel.

Anche in questo caso, gli attuali catalizzatori non sono adatti, e si impone l'introduzione di catalizzatori riducenti in ambiente ricco di ossigeno e di catalizzatori ossidanti che permettano l'ossidazione del metano a temperature inferiori rispetto agli attuali 500 °C.

Figura 3.17: Emissioni a confronto: il metano (IVECO 8469) ed i limiti di omologazione



3.5.2 Motori a ciclo Diesel

Come si è già detto, il miglior rendimento termico dei Diesel dipende dalle più elevate pressioni raggiungibili, per il più alto rapporto di compressione che è reso possibile dall'iniezione del combustibile, e quindi dalla formazione della miscela combustibile, solo alla fine della fase di compressione.

Nei Diesel, inoltre, a differenza che nei motori ad accensione comandata (dove il cilindro si riempie durante l'aspirazione di una miscela di aria e combustibile in proporzioni all'incirca stechiometriche) il processo di combustione avviene gradualmente, grazie alla progressiva introduzione del gasolio nel cilindro a mezzo dell'iniettore alla fine della fase di compressione. È quindi possibile lavorare in forte eccesso d'aria e si riduce così la quantità di incombusti, utilizzando in modo più completo il combustibile.

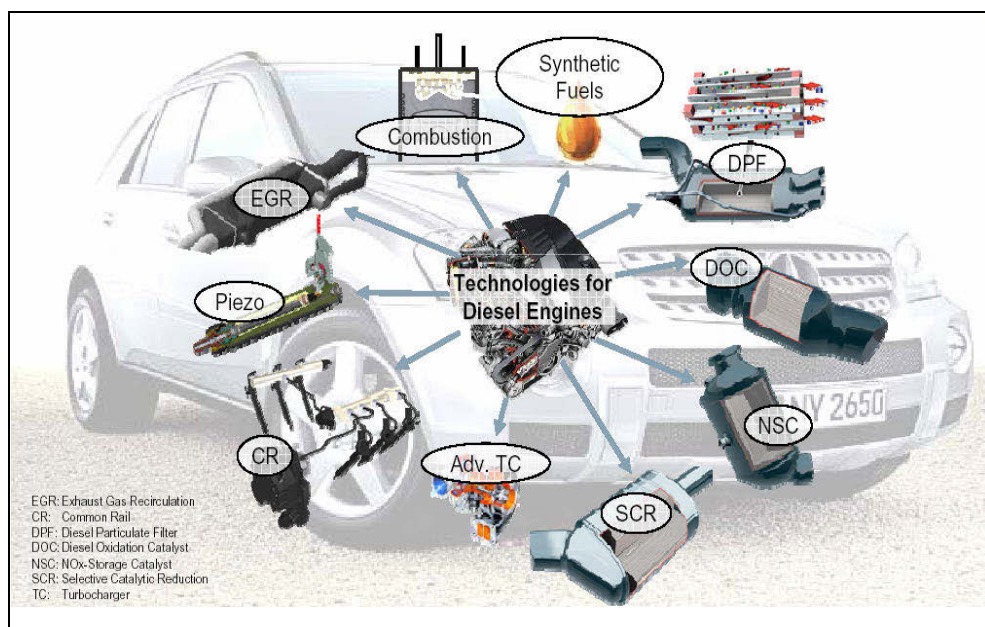
Anche il rendimento meccanico migliora, perché non c'è il lavoro di pompaggio, tipico dei motori ad accensione comandata. Il lavoro di pompaggio è quello compiuto dal pistone, ai regimi di carico parziali del motore, per pompare l'aria nel cilindro attraverso la strozzatura provocata dalla valvola a farfalla. A valle di questa perdita di carico la pressione d'alimentazione si riduce così ad una frazione della pressione atmosferica, e di conseguenza diminuisce la massa d'aria aspirata; è così possibile regolare il funzionamento del motore riducendo la portata massica di combustibile, e quindi la potenza in ingresso, senza alterare il rapporto combustibile/comburente che rimane quello stechiometrico. Nel Diesel, lavorando come già detto in forte eccesso d'aria, si può ridurre la potenza aumentando la magrezza della miscela e non occorre strozzare il flusso d'aria in ingresso, evitando le perdite conseguenti.

Il Diesel ad iniezione diretta è perciò tra i principali candidati alla motorizzazione dei veicoli ad elevate prestazioni.

Infatti, l'introduzione dell'elettronica nella gestione dell'iniezione e le altissime pressioni raggiunte in sistemi come ad es. il *common rail* e l'ottimizzazione, termica e fluidodinamica, dei turbocompressori e della geometria della camera di combustione (che si avvalgono di modelli di combustione multizona innovativa), hanno portato già oggi questo motore sotto la soglia dei 200 g di gasolio per kWh, corrispondenti ad un rendimento del 43%, anche nelle applicazioni leggere. Tutto il settore è in continua evoluzione, offrendo ad esempio *common rail* in grado di moltiplicare il numero delle iniezioni di piccole ed accurate quantità di combustibile, che usano le proprietà piezoelettriche di alcuni cristalli⁵³ o su altri sistemi. Il Diesel Multijet II, che verrà introdotto in produzione da Magneti Marelli nel corso del 2009, con prima applicazione sul nuovo motore 1.3 SDE Euro V, utilizza un iniettore a solenoide con una servo valvola di nuova concezione, che consente di gestire il processo delle iniezioni multiple, già sviluppato con il Multijet, senza più limiti di distanza tra iniezioni consecutive; che dovrebbero ridurre ancora il consumo specifico.

⁵³ Un materiale piezoelettrico è un materiale che, se sottoposto ad un campo elettrico, cambia di volume o, se compresso, genera un piccolo campo elettrico. Questo nuovo tipo di iniettori hanno una rapidità circa 5 volte migliore degli iniettori convenzionali e permettono di migliorare significativamente la combustione.

Figura 3.18: Tecnologie innovative per il motore a ciclo Diesel



Fonte: DaimlerChrysler AG, JSAE/SAE International Fuels and Lubricants Meeting 2007

Una parte di questi miglioramenti potrebbe però essere assorbita dalla necessità di adottare provvedimenti per la riduzione delle emissioni. Ad esempio, come effetto collaterale i prodotti di reazione, in gas di scarico, contengono molti più ossidi di azoto e richiedono sistemi di post trattamento più complessi.

Si riporta in Figura 3.18 una panoramica delle innovazioni in corso di studio per il motore a ciclo Diesel. Come può vedersi dalla figura, oltre a quanto precedentemente detto, quanto proposto si compendia in interventi sul sistema di abbattimento delle emissioni (NSC, SCR, DPF) ed in prospettiva nell'utilizzo di carburanti di origine sintetica, ottenuti cioè ad esempio da biomasse e gas naturale.

3.6 Motorizzazioni innovative: i veicoli elettrici ed ibridi

Come si è accennato nell'introduzione, nei cicli urbani è predominante l'utilizzo di energia in fase di accelerazione del veicolo, energia poi interamente dissipata in decelerazione. Inoltre è massima la variabilità del regime del motore, con rendimenti ridotti ed emissioni rilevanti. Questo pregiudica il raggiungimento di prestazioni molto elevate in termini di consumo e di emissioni, e rappresenta un limite delle motorizzazioni tradizionali.

Nei veicoli elettrici, invece, è possibile il recupero dell'energia in frenata, ma le prestazioni delle batterie limitano fortemente l'autonomia.

La propulsione termico-elettrica consente di superare entrambi questi inconvenienti, accoppiando al motore tradizionale una o più macchine elettriche, che funzionano o come motore per livellare i carichi o come generatore per il recupero in frenata, ed aggiungendo al serbatoio del combustibile, che garantisce un'elevata autonomia, un sistema di accumulo dell'energia elettrica che consente il recupero in frenata e nelle soste.

Le prime vetture di serie che applicavano questi concetti sono state sviluppate da Toyota ed Honda, a tutt'oggi all'avanguardia in questa tecnologia.

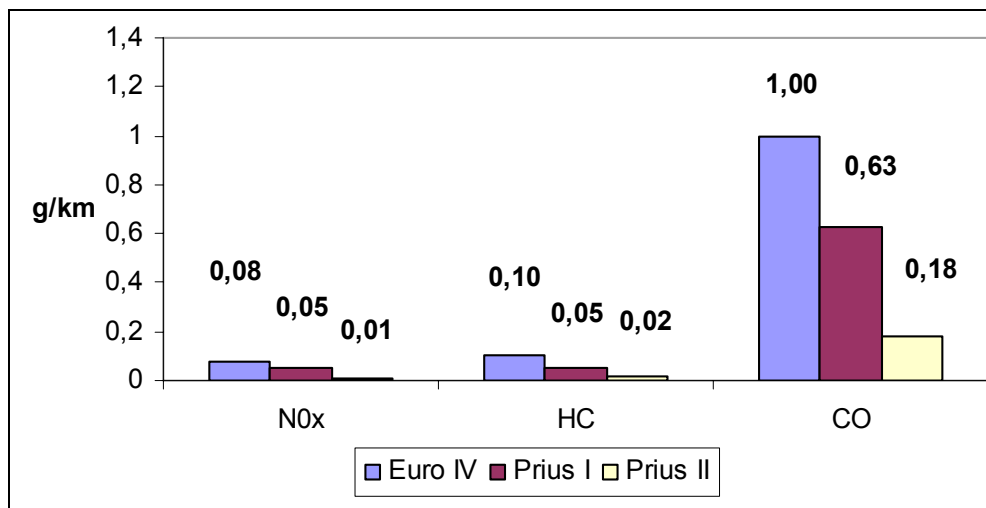
Il 25 marzo 1997 la Toyota presentò infatti alla stampa la "Prius", una berlina con le stesse prestazioni delle vetture tradizionali della sua classe, ma con emissioni e consumi estremamente ridotti grazie alla ibridazione del motore termico con due macchine elettriche e grazie all'uso di una innovativa batteria nichel-idruri prodotta dalla Panasonic.

Ad oggi, sono in circolazione in tutto il mondo oltre un milione di queste vetture che offrono prestazioni di assoluto rilievo in termini di emissioni e di consumi. Il consumo di soli 4,3 litri per 100 km in effetti soddisfa già oggi l'originale obiettivo europeo al 2012, cioè i 120 g/km di CO₂ precedentemente indicati.

Figura 3.19: Toyota Prius II



Figura 3.20: Emissioni Toyota Prius e corrispondenti limiti



Fonte: ENEA su dati Toyota

Alle Prius, la Toyota ha poi fatto seguire altri modelli, come la Crown, l'Estima e i modelli Lexus RX, GS ed LS Hybrid, ai vertici delle rispettive categorie. Ha inoltre potuto vendere la sua tecnologia a Ford, per l'Escape, un SUV da 4 litri di cilindrata, e a Nissan, per l'Altima, una berlina da 2,5 litri, presentata sul mercato nordamericano.

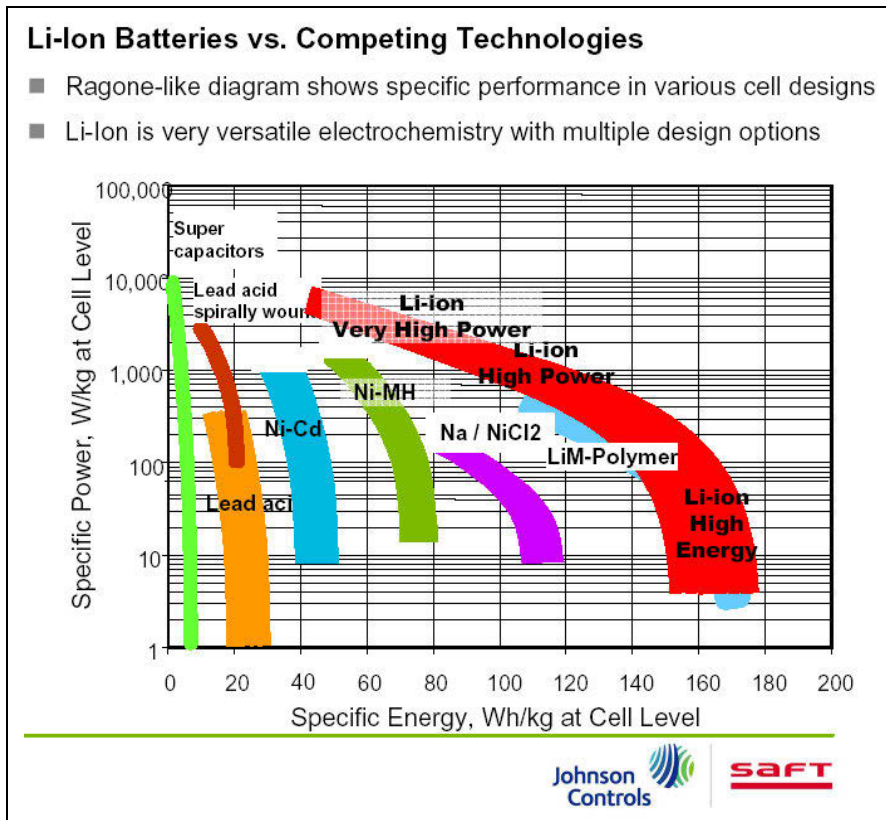
Come si vede si tratta di vetture di classe elevata, ed in effetti è in questo settore che si stanno affermando le autovetture ibride, grazie ai vantaggi offerti in termini di silenziosità, ripresa e guidabilità, piuttosto che ai consumi ridotti rispetto alle vetture non ibride della stessa categoria.

Dopo una lunga sperimentazione anche la Honda nel novembre 1999 avviò la produzione di serie della Insight, un coupé per il quale sono state adottate non solo le soluzioni più avanzate in termini veicolistici e motoristici, ma anche l'ibridazione del propulsore termico. L'IMA (Integrated Motor Assist), una macchina a magneti permanenti integrata nel volante, svolge la funzione di motorino d'avviamento, alternatore, recuperatore di energia in frenata ed integratore di coppia in fase di accelerazione.

Grazie a questo complesso di soluzioni la percorrenza dichiarata per il ciclo urbano (quello definito dalla normativa giapponese) è di ben 35 km/litro. Successivamente, lo stesso sistema è stato introdotto anche su berline come la Civic, che nel ciclo misto dichiara un consumo di 4,6 litri/100 km e la Accord, una 3 litri presentata nel dicembre 2004.

Il lancio sul mercato di questi prodotti è stato reso possibile, oltre che dai progressi che si sono avuti nel campo degli azionamenti ed in generale dell'elettronica di potenza, soprattutto dalla disponibilità di sistemi di accumulo ad elevata potenza specifica e molto affidabili, in particolare le batterie nichel-idruri metallici⁵⁴. Infatti nel caso della Prius il peso del pacco batterie è limitato a una trentina di kg, mentre per le Honda, che non hanno capacità di marcia in solo elettrico, il peso è ancor minore. L'uso di sistemi di accumulo così ridotti (e quindi in assoluto molto meno costosi delle batterie necessarie per un elettrico puro⁵⁵) è naturalmente legato anche allo sviluppo di sistemi di controllo e gestione molto sofisticati, che consentono di sfruttarne al meglio le possibilità.

Figura 3.21: Prestazioni offerte dai sistemi di accumulo elettrico (Diagramma di Ragone)



⁵⁴ Anche se le batterie litio-ione presentano (diagramma in Figura 3.21) migliori caratteristiche del Ni-MH, ad oggi la loro introduzione sul mercato è relativa soprattutto alle auto a batteria. Molto interessanti, invece, le applicazioni in ibridi “pesanti” (filobus, tram ecc.) dei supercondensatori.

⁵⁵ Si intende in genere come elettrico “puro” il veicolo a batteria.

3.6.1 *Modalità di funzionamento e classificazione dei veicoli ibridi*

Il veicolo ibrido è così detto perché caratterizzato dalla presenza a bordo di due (o più) sorgenti di energia, un convertitore di energia primaria (motore a combustione interna, turbogas, cella a combustibile) ed uno (o più) sistemi di accumulo⁵⁶, la cui contemporanea presenza assolve a varie funzioni.

L'accumulo offre innanzi tutto la possibilità di recuperare l'energia altrimenti dissipata durante le frenate, con risparmi dell'ordine del 5–20%, in funzione dell'uso prevalente del mezzo. Il recupero massimo si ha nel caso di un uso prevalentemente urbano, caratterizzato da frequenti fasi di stop-and-go. Questo è in effetti l'uso predominante per alcune tipologie di veicoli (veicoli per consegna a domicilio, autobus, automezzi per nettezza urbana ecc.) che si prestano particolarmente bene a trarre vantaggio dall'ibridazione.

Inoltre l'accumulo permette di separare le funzioni di conversione dell'energia primaria⁵⁷ da quelle di erogazione di potenza alle ruote, che in un veicolo tradizionale devono essere soddisfatte contemporaneamente dal motore termico. Questo lavora perciò a regime variabile, per seguire la variabilità del carico richiesto dalla guida. Disaccoppiando le funzioni, si ottiene un miglior funzionamento sia della conversione, ottimizzata in una regione di funzionamento ristretta, sia della propulsione, che può essere gestita in modalità solo elettrica, o termica o combinata, in funzione della configurazione del veicolo e delle necessità di marcia.

Nel veicolo ibrido, infine, un accumulo opportunamente dimensionato conferisce al mezzo la possibilità di percorrere brevi tratte in solo elettrico, con una flessibilità d'impiego maggiore rispetto sia al veicolo convenzionale che a quello elettrico "puro". Si tenga presente che quest'ultimo è ancora oggi fortemente limitato nella maggior parte degli usi a causa della sua ridotta autonomia.

Le architetture dei veicoli ibridi sono molteplici e si va dall'accoppiamento diretto (sullo stesso albero motore) del motore termico con la macchina elettrica, il cosiddetto ibrido "parallelo", all'ibrido "serie", con un generatore distinto dal motore di trazione, che è più frequente negli autobus e nei veicoli pesanti, anche su rotaia. La classificazione più conosciuta, in base all'architettura del sistema di trazione, comprende tre tipi di ibridi, quelli "serie", quelli "parallelo" e quelli di tipo "split".

Un particolare tipo di ibrido parallelo è poi l'ibrido "minimo" o "micro hybrid", un ibrido "parallelo" dove l'elettrificazione è minima e che può essere considerato il frutto della naturale evoluzione del motore a combustione interna.

⁵⁶ In genere elettrochimico, batterie, o elettrostatico, supercondensatori, o elettromagnetico, volani.

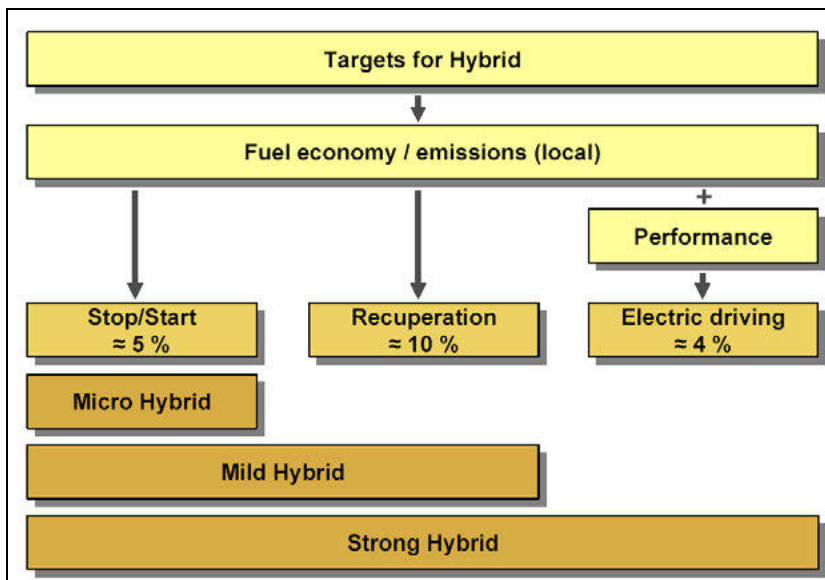
⁵⁷ In genere consiste nella produzione di energia elettrica.

Con lo stesso criterio di classificazione (che trova un indice nella percentuale di riduzione dei consumi ottenibile grazie all'ibridazione) si passa al "mild hybrid" (recupero in frenata) ed infine allo "strong hybrid", dove il dimensionamento del sistema di accumulo elettrico, oltre a consentire un miglior recupero in frenata, permette anche una modalità di marcia in solo elettrico, particolarmente apprezzabile nei veicoli per uso urbano.

Un ibrido "range extender"⁵⁸ è un ibrido "serie" dov'è la batteria ad essere predominante rispetto al convertitore primario (motogeneratore o cella a combustibile di piccola potenza). Questa tipologia è quindi concettualmente l'esatto opposto del "micro-hybrid".

Il "plug-in-hybrid", infine, è un ibrido, di architettura qualsiasi, che offre la possibilità di utilizzare la rete per la ricarica delle batterie, ad esempio durante la notte.

Figura 3.22: Il criterio di classificazione basato sulla percentuale di riduzione dei consumi



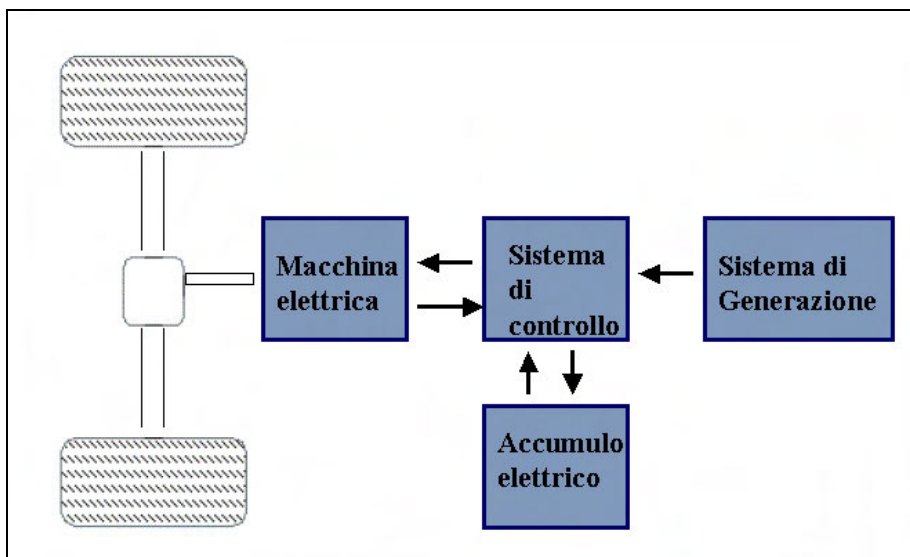
Fonte: Dr. Wolfgang Reik, LuK GmbH & Co. oHG, Bühl, Global Powertrain Congress, 2008

3.6.1.1 Ibridi serie

Gli ibridi serie sono costituiti da un convertitore primario di energia, da uno o più accumuli elettrici, da uno o più motori elettrici di trazione, da convertitori di corrente/tensione e naturalmente da un sistema di controllo (Figura 3.23).

⁵⁸ Quello che oggi General Motors chiama R-EV.

Figura 3.23: Schema funzionale di ibrido serie



Come nei veicoli elettrici puri la coppia motrice alle ruote è fornita da uno o più motori elettrici. Nella marcia a potenza ridotta il sistema di generazione alimenta il motore elettrico e ricarica contemporaneamente le batterie, presenti in numero ridotto rispetto ad un veicolo solo elettrico. Quando sono richiesti spunti di potenza le batterie restituiscono questa energia, affiancandosi al generatore nell'alimentazione dei motori di trazione.

Il generatore è solitamente dimensionato in base alla potenza media richiesta dal veicolo, che è sempre una frazione della potenza massima richiesta. Si ha così che il motore termico di un ibrido serie ha in genere una cilindrata che va da un quarto alla metà di quella del corrispondente modello convenzionale.

Il motore elettrico di trazione va invece dimensionato sulla potenza massima. Anche le batterie sono dimensionate in base alla potenza massima per alimentare il motore durante gli spunti e non in base al contenuto energetico necessario per l'autonomia richiesta al veicolo, come accade invece nei veicoli elettrici puri.

Il funzionamento in stazionario a regime ottimale del gruppo di generazione consente così un livello molto ridotto di emissioni nocive, che si annullano poi quando il veicolo marcia con la sola energia accumulata dalle batterie. Con questa modalità di utilizzo l'autonomia è però ridotta, in genere 20-30 km, a causa del limitato numero di batterie installate. Poiché i primi ibridi sono stati sviluppati, a partire dai primi anni 90, ibridizzando veicoli elettrici puri con l'aggiunta di un motogeneratore, la prima configurazione adottata è stata proprio quella "serie".

Questo ha comportato inizialmente lo sviluppo di sistemi di trazione pesanti, ingombranti e costosi, stante le caratteristiche dei motori elettrici di trazione allora più in uso (macchine in continua). Nonostante i progressi fatti nel campo degli azionamenti, le applicazioni tipiche della configurazione ibrida serie rimangono comunque i veicoli con ampia disponibilità di spazio e margini di peso per l'installazione del generatore, del motore e del pacco batterie. Gli autobus sono una tipica applicazione della trazione ibrida serie. Tra questi ricordiamo gli autobus ibridi realizzati dall'ALTRA (Iveco-Ansaldo) come Europolis, gli Autodromo ALè, gli Horus di EPT, i piccoli Tecnobus.

Il monitoraggio delle emissioni dei primi mezzi di questo tipo, effettuato anche dall'ENEA nella seconda metà degli anni 90, evidenziò un dimezzamento delle emissioni rispetto all'alternativa convenzionale, a fronte di consumi all'incirca uguali, che scontavano però l'assenza dei sistemi automatici di gestione e controllo dei flussi di potenza, introdotti solo in seguito.

Un'analoga sperimentazione condotta a New York prima dell'introduzione di una flotta di circa 300 autobus ibridi ha dato gli stessi risultati, evidenziando però costi di manutenzione superiori del 30-40%.

In effetti, uno dei problemi riscontrati nell'uso di questi mezzi è la loro maggiore complessità sia rispetto ai veicoli convenzionali che a quelli a batteria, che si riflette nell'affidabilità e nei costi di manutenzione. Peraltro, gli autobus ibridi sono gli unici mezzi sul mercato che, quando non sia possibile ricorrere a sistemi a guida vincolata come i filobus, offrono le stesse prestazioni dei mezzi convenzionali ed in più la possibilità di marcia in solo elettrico.

Figura 3.24: Il CityClass Fuel Cell a Torino



A tal riguardo, nell'ultimo congresso della federazione delle associazioni mondiali degli ingegneri automobilistici, il FISITA 2006, è stato annunciato un ordine alla Daimler di 500 autobus da parte della città di New York, sulla base dei risultati di una sperimentazione comparativa con il Diesel durata alcuni anni (DOE/NREL Transit Bus Evaluation Project).

L'ibrido serie, infine, anticipa la tecnologia del veicolo con cella a combustibile e stoccaggio dell'idrogeno a bordo. Infatti, con una Fuel-Cell al posto del motore-generatore, si sostituisce alla combustione un processo di ossidazione controllata dell'idrogeno a bassa temperatura. Non si emettono perciò inquinanti e si produce energia elettrica con un rendimento ben superiore a quello del motore-generatore. Un autobus ibrido di questo tipo è stato realizzato dall'IVECO e sperimentato lungamente a Torino (Figura 3.24), anche in servizio passeggeri. Il monitoraggio effettuato dall'ENEA ne ha evidenziato le grandi potenzialità anche in termini di riduzione dei consumi energetici (kWh/km), meno 40% rispetto al Diesel.

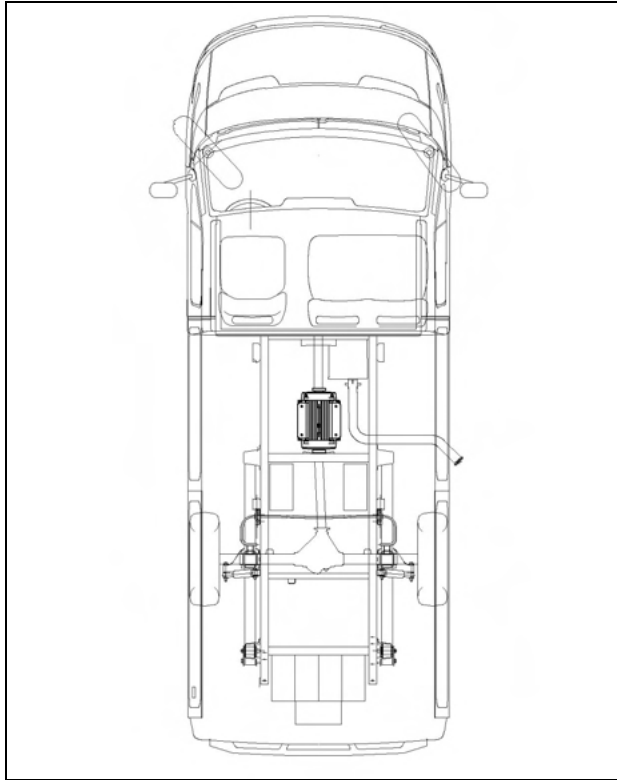
3.6.1.2 Ibridi parallelo

L'ibrido "parallelo" è stato sviluppato per l'ibridizzazione di autovetture, partendo dal motore termico e trasformandolo in un "power pack" ibrido completato da un accumulo elettrico. Sono presenti almeno due modalità di propulsione: una termica e l'altra elettrica. Nella prima il motore termico accoppiato alla trasmissione consente la propulsione diretta del veicolo, con un migliore rendimento energetico rispetto all'ibrido serie che ha una catena dei rendimenti più lunga. In aggiunta si hanno una o più macchine elettriche, che svolgono le funzioni di propulsione e/o di generazione di elettricità.

Un esempio di ibrido parallelo molto semplice è dato dal mezzo rappresentato in Figura 3.25, dove il motore elettrico di trazione è collocato lungo l'albero di trasmissione alle ruote posteriori, come se si trattasse di un retarder (elettrofreno).

Nella Prius invece il sistema è più complesso e comprende due macchine elettriche, accoppiate al motore termico tramite un cinematismo epicicloidale. Questo cinematismo, oltre a realizzare un cambio automatico, permette anche la gestione bidirezionale dei flussi di potenza elettrica tra batteria e ruote. Gli schemi costruttivi sono comunque numerosi e sempre più sofisticati, come dimostrano i prototipi presentati in più occasioni da GM e, anche congiuntamente, da DaimlerCrysler e BMW.

Figura 3.25: Il Daily MicroVett Bimodale: collocazione del motore elettrico sulla trasmissione



È in genere sufficiente una potenza elettrica ridotta a una percentuale del 20-30% della potenza complessiva alle ruote, essendo la restante parte fornita direttamente dal motore termico. In alcuni casi è anche possibile scegliere la marcia in solo elettrico. La ricarica delle batterie tramite il motore termico è sempre automaticamente gestita dal sistema di controllo, e il rifornimento del veicolo è del tutto convenzionale al distributore di carburante.

Fanno eccezione i cosiddetti “plug-in-hybrid”, che consentono la ricarica alla rete (questa scelta progettuale è naturalmente possibile anche per la configurazione “serie”). La possibilità di ricarica notturna dei “plug-in-hybrid” può essere meglio sfruttata con un uso di flotta su cicli fissi, dove le batterie possono essere gestite in modo che arrivino scariche a fine giornata. Non mancano però esempi di autovetture, come la recentissima Chevrolet Volt, che offre la possibilità di ricarica alla rete e marcia in solo elettrico per circa 60 km.

I livelli di emissione sono superiori rispetto all’ibrido serie, ma rimangono comunque ridotti rispetto al corrispondente modello convenzionale in virtù del funzionamento del motore termico a regime quasi ottimale.

I vantaggi dell'ibrido parallelo rispetto al serie consistono nella maggiore potenza specifica e nella maggiore compattezza, oltre ad un rendimento migliore nell'uso autostradale, dove è possibile la marcia a regime ottimale con il solo motore termico.

Questa tipologia di ibridizzazione è stata all'inizio applicata alle berline, ad esempio alla Multipla, e in seguito anche ad autobus (GM) e furgoni per la consegna merci in ambito urbano.

Quest'ultimo settore è trainato dalla necessità di modernizzare il parco circolante, diventato con il tempo una delle principali fonti di inquinamento atmosferico, e dalla richiesta sempre crescente di possibilità di marcia in solo elettrico per l'ingresso nei centri storici. Tanto la Mercedes con lo Sprinter che la Micro-Vett con il Daily ne hanno proposto versioni bimodali che rispondono pienamente alle necessità suddette. Ibridi di questo tipo vengono spesso detti "full hybrid" o "strong hybrid", in contrapposizione ai cosiddetti "mild hybrid".

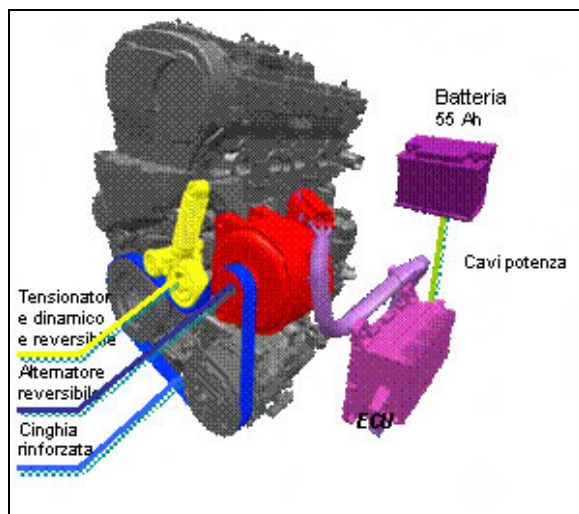
3.6.1.3 Ibrido minimo (micro-hybrid)

L'ibrido "minimo" è un ibrido parallelo che usa una macchina elettrica abbastanza piccola (10-15 kW al massimo). Questa integra in sé varie funzioni: fa da motorino di avviamento; da motore elettrico la cui azione si aggiunge a quella del motore termico durante le fasi di accelerazione; da alternatore; da recuperatore dell'energia della frenata; in alcuni casi da motore per la marcia in solo elettrico (Figura 3.26).

Il sistema garantisce un'elevata autonomia e consumi ridotti in autostrada, circostanza in cui sfrutta il motore termico, e nello stesso tempo consente consumi ed emissioni ridotti in città grazie al sistema di recupero in frenata ed alla integrazione di coppia effettuata dal motore elettrico. Tutti i maggiori costruttori automobilistici hanno presentato modelli con sistemi di questo tipo; alcuni sono entrati in produzione come l'IMA (Integrated Motor Assist) dei veicoli Honda e lo Stop&Start, disponibile sulle Citroën C2 e C3; altri sono ancora in fase sperimentale come l'Ecodriver della Fiat.

Alcuni sistemi come l'IMA sono integrati nel volano del motore termico, e non consentono quindi il disaccoppiamento delle due macchine, altri sistemi come l'Ecodriver del gruppo Fiat prevedono, invece, una frizione elettromagnetica che consente la marcia in solo elettrico. Gli ibridi di questo tipo costituiscono una naturale evoluzione delle motorizzazioni tradizionali e sono quindi caratterizzati, rispetto a quelli serie, da una migliore adattabilità a veicoli già in produzione.

Figura 3.26: Lo Stop & Start del Gruppo PSA

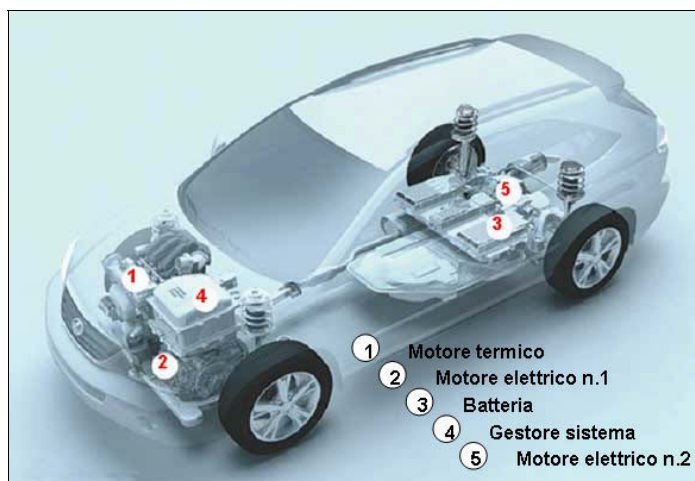


Fonte: PSA (Peugeot Société Anonyme) Peugeot Citroën

3.6.1.4 Ibridi “split”

Gli ibridi di tipo “split” sono veicoli a quattro ruote motrici, a trazione (prevalentemente) termica su un'assale e elettrica sull'altro. Le due motorizzazioni possono essere usate separatamente o contemporaneamente. Nella Lexus RX 400h, ad esempio, la trazione anteriore è assicurata dal motore termico e da un elettrico da 123 kW, quella posteriore da una motorizzazione elettrica indipendente da 50 kW, consentendo così l'eliminazione dell'albero di trasmissione longitudinale (Figura 3.27).

Figura 3.27: Lexus RX 400h



Se le modalità di funzionamento sono alternative, come ad esempio in alcuni mezzi pesanti, si parla più propriamente di veicolo bimodale e la soluzione comporta un notevole appesantimento degli organi meccanici ed un impatto ambientale pari a quello di un veicolo convenzionale nel caso di funzionamento del solo motore termico. Hanno comunque una certa importanza per l'accesso a luoghi particolari quali complessi ospedalieri, ampie zone chiuse ecc. Applicazioni in questo senso sono state naturalmente sviluppate anche a livello prototipale, come la Magica II, una "concept car" sportiva che è stata realizzata dall'Università La Sapienza, con il contributo dell'ENEA. La vettura ha la trazione anteriore elettrica e quella posteriore termica, gestite da un controllore che ne consente un funzionamento pienamente integrato.

3.6.2 *Risparmio energetico ed ibridi*

Vediamo più da vicino le principali ragioni della maggiore efficienza dei sistemi ibridi rispetto a quelli convenzionali.

3.6.2.1 *Recupero di energia in frenata*

Come già visto, in un veicolo la richiesta di energia durante le fasi di marcia a velocità costante (predominanti nell'uso extraurbano) dipende dalle resistenze aerodinamiche e da quella di rotolamento degli pneumatici, mentre durante le fasi di accelerazione (predominanti nell'uso urbano) dipende anche dall'inerzia del veicolo. L'energia che dal motore arriva alle ruote è funzione inoltre delle diverse resistenze in gioco, le quali dipendono dalle caratteristiche del veicolo e della missione considerata. Considerando un ciclo composto dalla sola parte urbana, quasi la metà dell'energia che arriva alle ruote è necessaria per accelerare, ed in un veicolo tradizionale viene quindi dissipata completamente durante le successive frenate.

In un ibrido, invece, considerando un rendimento di generazione di elettricità durante il recupero del 70% ed un rendimento di carica e scarica delle batterie ugualmente del 70%, l'energia restituita al motore in fase di accelerazione è circa la metà di quella resa disponibile dalla frenata, che abbiamo già visto essere a sua volta il 35% circa dell'energia necessaria alla marcia.

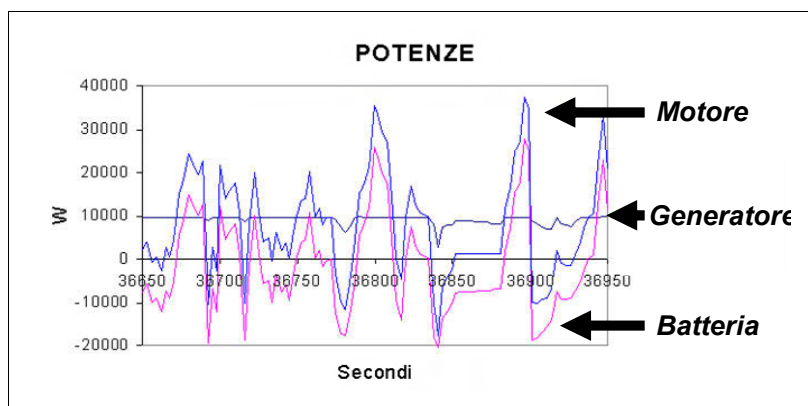
Questo valore risulta sostanzialmente confermato dalle prove al banco a rulli dell'ENEA di un Altrobus da 6 m, dove si è misurato un recupero di energia pari al 15% di quella totale generata. Misurazioni effettuate a bordo degli autobus urbani ibridi hanno dato risultati anche migliori, perché, a fronte di un fabbisogno energetico medio pari a 1,8 kWh/km, il fabbisogno effettivo si riduce nell'ibrido a 1,4 kWh/km, cioè il 22% in meno. Questo è probabilmente dovuto alla maggiore severità dei cicli reali rispetto a quelli di omologazione, che si traduce in un più frequente utilizzo del recupero in frenata.

3.6.2.2 Ottimizzazione del rendimento del motore primo

Durante i cicli urbani, la variabilità del regime del motore è massima, e ciò produce rendimenti ridotti ed emissioni rilevanti. Infatti il consumo specifico di un motore varia al variare della coppia e del numero di giri, ed in città è molto frequente la marcia a potenza ridotta, che comporta consumi specifici molto elevati. I frequenti transitori, poi, pesano molto dal punto di vista delle emissioni, specialmente quando il motore è freddo ed è quindi necessario arricchire la miscela.

Come può vedersi dal diagramma in Figura 3.28, la presenza dell'accumulo consente di livellare quasi completamente l'erogazione di potenza del generatore, che nel caso ideale dovrebbe porsi al valor medio della potenza del ciclo, lasciando alle batterie il compito di sopperire ai picchi di potenza positivi (fasi di accelerazione) e negativi (recupero in frenata).

Figura 3.28: Andamento dei flussi di potenza in un ibrido



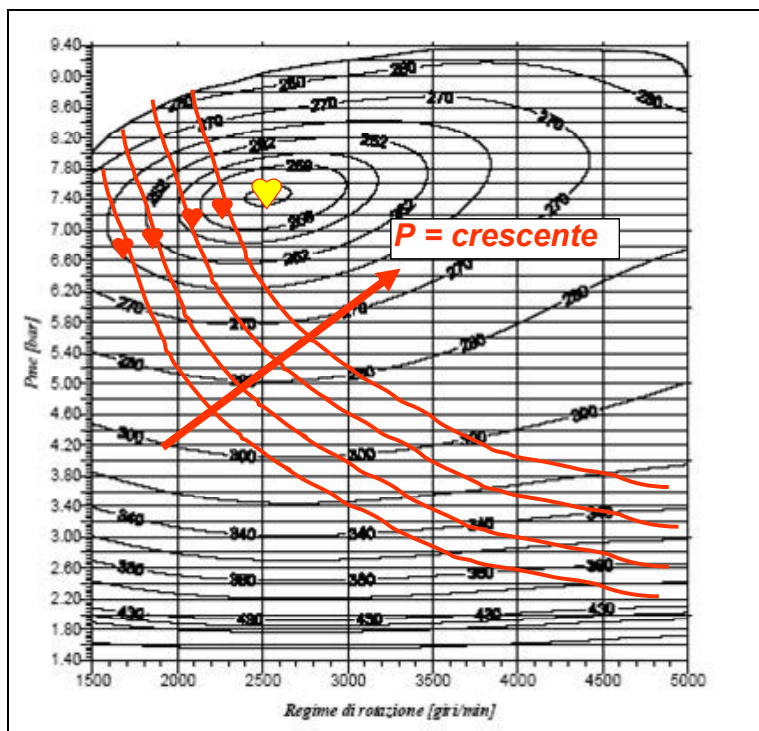
Fonte: ENEA

È questa la ragione che consente di adoperare un motore termico di potenza ridotta rispetto alla potenza massima alle ruote (in un autobus da 12 m, ad esempio, è sufficiente un motogeneratore da 30 kW rispetto ai 128 kW richiesti sulla trazione) con riduzione del peso, dei consumi e delle emissioni, e farlo funzionare nell'intorno della zona di rendimento ottimale (Figura 3.29⁵⁹).

⁵⁹

Punti di funzionamento del motore in un ibrido, rappresentati dai cuoricini.

Figura 3.29: Punti di funzionamento del motore in un ibrido

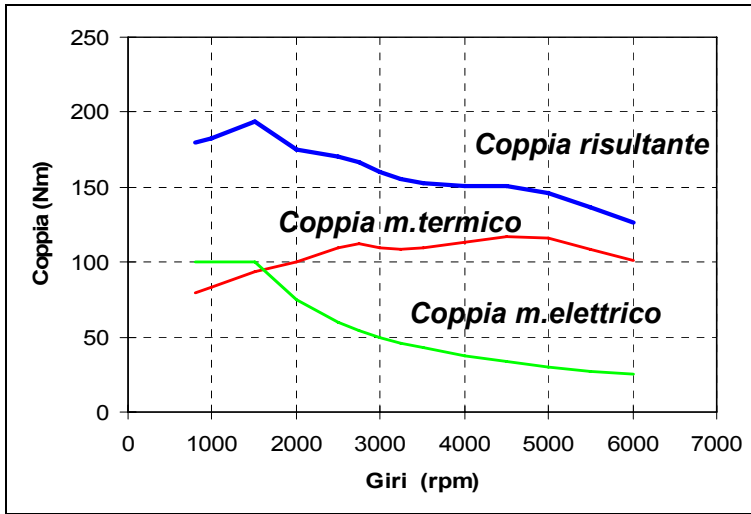


Anche nel caso dell'accoppiamento meccanico dei due motori (ibrido parallelo) è possibile adottare un motore termico più piccolo grazie alle caratteristiche di erogazione di coppia motrice dei due propulsori, che sono complementari. Infatti il motore termico eroga la coppia massima ai $2/3$ del regime di rotazione massimo, e il motore elettrico eroga la sua coppia massima da fermo.

In questo modo sono possibili elevate coppie massime anche con cilindrata ridotte e si ottengono le prestazioni che offrirebbe un motore di cilindrata superiore, con i bassi consumi caratteristici di un motore piccolo.

L'ibridazione poi, grazie alla possibilità di marcia a bassa velocità con la sola trazione elettrica, consente di evitare il funzionamento del motore a piena potenza nelle partenze a freddo, ed anche questo contribuisce alla riduzione delle emissioni.

Figura 3.30: Curve caratteristiche del powerpack EcoDriver della Fiat



Fonte: CRF

3.6.3 I veicoli elettrici a batteria

Agli albori della motorizzazione, quando il panorama delle motorizzazioni disponibili era, paradossalmente, più vasto di quello odierno, le automobili a trazione elettrica sono state per anni in posizione dominante rispetto alle altre motorizzazioni, per le loro doti di affidabilità, sicurezza, silenziosità e pulizia.

Questi mezzi furono poi rapidamente soppiantati dai veicoli con motori a combustione interna, grazie alla maggiore autonomia e rapidità di rifornimento di questi ultimi, e quindi relegati ad usi industriali (muletti e carrelli industriali). Le prospettive dei veicoli elettrici “puri” sono però assai migliorate, negli ultimi quindici anni, anche a seguito dell’introduzione di forti limitazioni all’uso dei veicoli tradizionali in ambito urbano, grazie alle ineguagliabili doti di silenziosità e pulizia offerte da un veicolo a batteria, punto di forza e tallone d’Achille di questi mezzi.

Gli attuali veicoli elettrici “puri” hanno infatti caratteristiche particolari che restringono la loro applicazione a specifiche nicchie di mercato, caratteristiche che dipendono essenzialmente dalle prestazioni delle batterie che li equipaggiano. Anche la migliore delle batterie per trazione commercialmente disponibili ha un contenuto energetico (per unità di peso) che è di due ordini di grandezza inferiore (Tabella 3.2), di quello degli idrocarburi liquidi come il gasolio⁶⁰.

⁶⁰ Ben 12.000 Wh/kg, che sono però utilizzati con un rendimento, 18-20%, nei cicli reali, molto inferiore a quello dei motori elettrici, > 80%; questo in effetti riduce ad un ordine di grandezza la diffe-

Tabella 3.2: Caratteristiche sistemi di accumulo per veicoli elettrici-ibridi

	<i>Energia specifica [Wh/kg]</i>	<i>Densità energetica [Wh/L]</i>	<i>Potenza specifica [W/kg]</i>	<i>Vita</i>	<i>Costo [\$/kWh]</i>
<i>Piombo-acido ad alta energia</i>	30-35	120	80-100	2-300 cicli profondi	100-150
<i>Piombo-acido ad alta potenza</i>	25-30	80	200-300	20.000 cicli	150-200
<i>Ni-MeH ad alta e- nergia</i>	70	170	200-260	> 1000 cicli profondi	1000- 2000
<i>Ni-MeH ad alta Po- tenza</i>	35-50	90-120	500- 1000	100.000 cicli	1000- 2000
<i>Li-lo ad alta energia</i>	120-150	140-300	240-420	800 cicli profondi	700
<i>Li-lo ad alta Potenza</i>	45-85	160-190	500- 1000	150.000 cicli	N.D.
<i>Batterie Zebra</i>	95	140	170	1000 cicli profondi	500
<i>Ni-Cd</i>	55	110	400	1500 cicli profondi	600

Di conseguenza la batteria permette al veicolo autonomie non superiori ai 100–150 km, in funzione della tipologia di batteria utilizzata, per non superare il 25–30% del peso a pieno carico del veicolo. Tutto ciò restringe l'uso dell'auto a batteria agli usi urbani ed a particolari categorie di veicoli, come i ciclomotori, i piccoli autobus ed i mezzi per la distribuzione delle merci.

Oltre alla ridotta autonomia consentita dalle attuali batterie, altri problemi operativi derivano dalla complessità delle reazioni elettrochimiche che governano la loro scarica e la ricarica. Ad esempio, i 70–80 km dichiarati da quasi tutti i costruttori per le economiche e robuste batterie al piombo-acido (autonomia in effetti sufficiente per una larga serie di utilizzi) sono fortemente influenzati dalle condizioni d'uso del veicolo e, cosa più grave, lo sono in misura difficilmente stimabile dall'utente. L'autonomia "percepita" dall'utente è quindi largamente inferiore a quella reale, e questo riduce ulteriormente il grado di accettazione di questi veicoli.

renza tra le autonomie delle motorizzazioni termiche e delle motorizzazioni elettriche a batteria, 1000 km vs. 100 km.

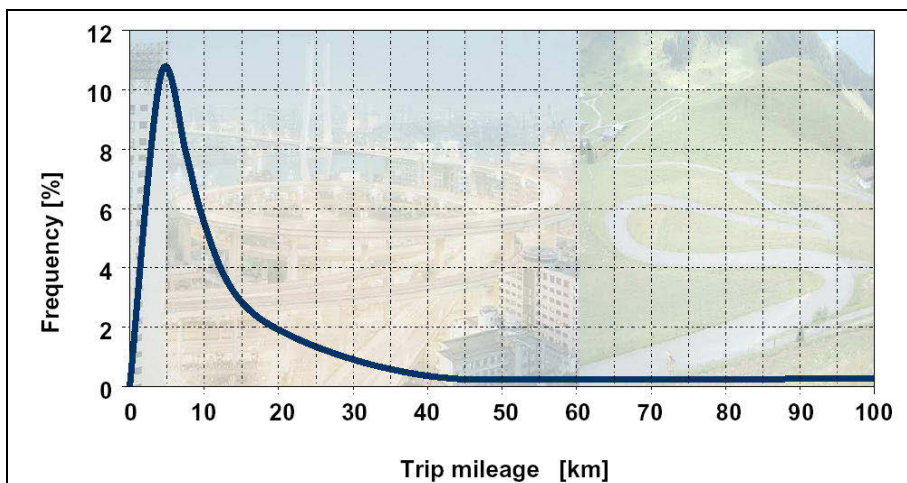
La non corretta gestione del pacco batterie (ad esempio ricariche sbagliate), influisce poi negativamente sulla capacità degli accumulatori, riducendone l'autonomia, e sulla vita, aumentando il costo per km. Anche se esistono sistemi intelligenti di gestione del veicolo che tengono conto di questi problemi e forniscono una stima dell'autonomia residua, il loro costo li ha resi poco interessanti per i costruttori dei veicoli elettrici e quindi sono assai poco diffusi. Fanno eccezione batterie come le Zebra, che sono vendute come sistemi completi, e non in moduli, ed incorporano quindi tutti i necessari ausiliari di gestione, ivi compreso uno stimatore dello stato di carica (detto SOC, State-of-Charge).

3.6.3.1 Percorrenza per ogni ricarica

Il limite di 100 km per i veicoli elettrici "puri" tra una ricarica e l'altra non dovrebbe essere un ostacolo reale alla diffusione di questi veicoli in molte applicazioni. Ricerche svolte in molte città europee mostrano che la distanza media percorsa è ben al di sotto del valore predetto.

Se nel caso dell'utente privato l'autonomia limitata rimane comunque una limitazione difficilmente accettabile, se non in cambio di vantaggi ben precisi come ad esempio possibilità di accesso e di parcheggio in aree escluse ai veicoli convenzionali, nel caso delle flotte la diffusione del veicolo a batteria è ormai una realtà in alcune città italiane come Reggio Emilia, grazie alla politica di incentivazione di questi ultimi anni.

Figura 3.31: Distribuzione di frequenza delle percorrenze giornaliera per una autovettura ad uso privato



Fonte: Dr. Wolfgang Steiger VW, ATA Congress 2008

3.6.3.2 Velocità massima ed accelerazione

Le prestazioni offerte dalla propulsione elettrica sono più che adeguate all'attuale modo di guida nelle città: infatti le statistiche mostrano che una velocità massima di 70–90 km/h è sufficiente ad ogni esigenza del traffico cittadino, mentre la velocità media è molto inferiore, intorno ai 20–30 km/h.

Nell'uso fuori città la velocità massima richiesta naturalmente aumenta, ma in questo caso il fattore limitante è l'autonomia. Sempre in città, la potenza disponibile in fase di accelerazione e la capacità di superare tratti in salita, è in genere sufficiente, anche con le batterie al piombo-acido, purché si disponga di un indicatore affidabile dello stato di carica delle batterie che eviti di richiedere queste prestazioni al mezzo a fine carica delle batterie stesse. Diverso è il discorso nelle tratte extra-urbane, in particolare sulle arterie a scorrimento veloce, dove alla velocità massima consentita dal mezzo, in genere non esaltante, l'autonomia si riduce di molto, specie in presenza di tratti in salita.

3.6.3.3 Tempo di ricarica ed infrastrutture

Il lungo tempo richiesto per la ricarica non sarebbe un ostacolo per i veicoli privati, per i quali la durata media di un singolo viaggio è in genere inferiore all'ora (a Roma, lo è nel 95% dei casi), purché i parcheggi vengano attrezzati con adatte colonnine provviste di sistemi di contabilizzazione ed addebito dell'energia consumata. È questo il caso delle flotte di vetture elettriche a noleggio nei centri urbani, dove il pagamento avviene a mezzo di carta magnetica prepagata.

Nel caso dei veicoli commerciali e per il trasporto pubblico, le condizioni sono diverse, ed è allora possibile ricorrere a due soluzioni: o la cosiddetta "ricarica di opportunità", che pone anche problemi di infrastrutture perché ricariche rapide significano ovviamente potenze elettriche elevate, oppure la ricarica nei depositi, che può consistere anche nella sostituzione rapida del pacco batterie.

3.6.3.4 Costo di acquisto

L'elevato prezzo di acquisto dei veicoli elettrici (il doppio dell'equivalente a benzina o Diesel per una vettura, dal 40% al 60% in più per un autobus elettrico puro o ibrido, con i valori maggiori per l'ibrido), correlato alla mancanza di economie di scala che consentirebbero di ridurre i costi, è una delle principali barriere ad una larga diffusione di questi veicoli.

Nella valutazione economica del problema andrebbero però considerati anche altri fattori a vantaggio dei veicoli elettrici, fattori diretti, p.e. i ridotti costi operativi, e soprattutto indiretti, cioè i costi sociali (sanitari ed ambientali) dell'inquinamento, che costituiscono i costi esterni dell'attuale sistema dei trasporti.

Rendere palesi questi costi occulti, e quindi aggiungerli all'attuale prezzo dei trasporti per km e per passeggero o per tonnellata di merce, cioè in breve "internalizzarli", consentirebbe un paragone veritiero tra le diverse soluzioni disponibili al problema della mobilità.

3.6.4 *Il contributo dell'ENEA*

L'ENEA ha dedicato attenzione e risorse al tema della mobilità e delle motorizzazioni a basso impatto ambientale fin dagli anni 80. Alle attività e conoscenze acquisite sulle batterie si sono aggiunte nel tempo le prove con i veicoli elettrici ed in seguito con gli ibridi.

Uno dei primi contributi dell'ENEA alla crescita del settore è stato l'offerta ai costruttori di una serie di servizi di prova e di qualificazione. Grazie a importanti attrezzature realizzate allo scopo, sono stati sperimentati nel tempo presso il Centro Ricerche Casaccia componenti e veicoli di vario genere, dai ciclomotori agli autocarri leggeri, con prove di durata per le batterie, prestazioni, consumi ed emissioni, che hanno contribuito a far chiarezza sulle possibilità della tecnologia.

Analoghe campagne di prova sono state effettuate sul campo, con il "testing" di singoli prototipi o piccole flotte di mezzi di questo tipo.

Un secondo tipo di contributo, più prettamente di ricerca e sviluppo, l'ENEA lo ha fornito in alcuni settori poco esplorati dall'industria, ma ritenuti particolarmente promettenti, come il tempo ha poi dimostrato.

Alcuni degli argomenti su cui l'ENEA può oggi vantare una specifica competenza sono la gestione delle batterie, lo sviluppo di sistemi di controllo dei flussi di potenza, le applicazioni dei supercondensatori, anche in associazione alle batterie, la modellazione di componenti e sistemi, lo studio e la realizzazione di sistemi di trazione completi. Fondamentale per tutti questi argomenti è lo sviluppo delle strategie di gestione dei flussi di potenza tra i tre sottosistemi fondamentali del sistema di trazione, e cioè quello di generazione, quello di accumulo e l'azionamento del veicolo.

3.6.4.1 *Lo sviluppo delle strategie di gestione*

Le modalità di gestione dei flussi di energia a bordo del veicolo, ed in particolare la gestione del generatore elettrico, sono fondamentali per l'ottenimento dei benefici teoricamente raggiungibili. Nell'ibrido serie si distinguono due strategie principali di gestione del generatore: quella ON-OFF e quella ad inseguimento del carico. Le due strategie si sono nel tempo evolute ed in parte integrate l'un l'altra. Nella strategia ON-OFF il livello di potenza è fisso, e l'adattamento della energia generata a quella mediamente richiesta avviene spegnendo e riaccendendo il generatore.

Inseguire il carico, invece, significa adattare la potenza del generatore alla potenza media assorbita dal veicolo, ma con un gradiente di variazione dei parametri molto più dolce che in un motore collegato direttamente alla trasmissione. Ciò sempre nell'intento di evitare transitori di potenza deleteri per la qualità delle emissioni allo scarico e per i consumi.

In un ibrido serie con cella a combustibile la strategia ad inseguimento del carico, evitando gradienti di potenza troppo ripidi, agevola la gestione termogrometrica della cella ed ha un effetto positivo sulla sua durata.

Nell'un caso e nell'altro, cella o motogeneratore che sia, anche le batterie sono meno sollecitate dai gradienti di potenza e si riduce l'energia da esse complessivamente erogata/ricevuta, limitandosi così le correlate perdite.

D'altra parte, la gestione del generatore a potenze troppo ridotte rispetto a quella nominale è sconsigliabile per questioni di rendimento, ed è perciò opportuno in queste condizioni o spegnerlo o farlo funzionare "a punto fisso", quindi con una strategia ON-OFF.

È quindi molto importante lo studio di strategie di gestione e la disponibilità di sistemi di controllo ottimizzati alle particolari modalità operative del veicolo. Prove al banco hanno da tempo dimostrato, infatti, come il consumo specifico di un veicolo ibrido può variare del $\pm 20\%$ in funzione del livello di potenza prescelto per il sistema di generazione e del punto di funzionamento del sistema di accumulo.

Il perseguimento dei vari obiettivi di gestione dei flussi energetici a bordo dell'ibrido può essere implementato con diversi livelli di complessità e di efficienza. In generale oggi si cerca di utilizzare tecniche di controllo ad anello chiuso dello stato di carica nella zona tra il 40% e l'80% del massimo. Questo principio, valido ma elementare, non consente di ottimizzare pienamente il consumo energetico al variare delle condizioni ambientali e di carico. Volendo superare questo limite, è possibile programmare un profilo temporale dello stato di carica del sistema di accumulo su base giornaliera, settimanale, mensile o stagionale per adattarlo alle variazioni delle condizioni ambientali e di carico. Ciò richiede una previsione del fabbisogno energetico che può essere ottenuta per via statistica o per mezzo di algoritmi autoapprendenti (per esempio reti neurali).

Fermo restando quanto sopra detto per la gestione dell'accumulo elettrico, nell'ibrido parallelo il sistema di gestione abilita il motore termico quando la velocità supera un valore minimo, evitando così bruschi transitori all'avviamento.

Durante la marcia, poi, il motore termico viene gestito in maniera tale che il suo punto di funzionamento, pur adattandosi alla richiesta di potenza, si man-

tenga nella regione di miglior compromesso tra efficienza energetica e basse emissioni.

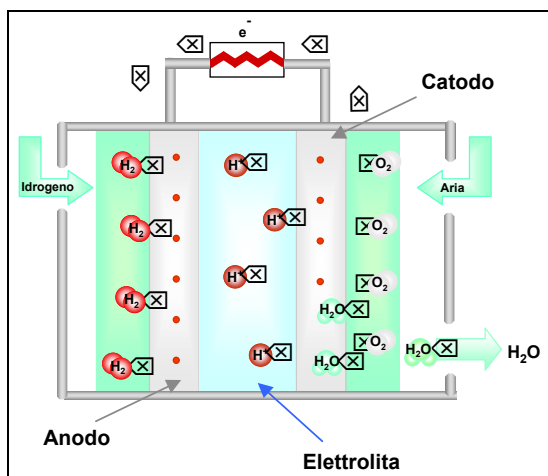
Grazie all'esperienza accumulata in questo campo, è attualmente in corso di realizzazione il prototipo di una vettura ibrida da città, caratterizzata da consumi molto ridotti, inferiori a 2,5 L/100 km ed emissioni EURO IV.

Il mezzo si avvale di una innovativa strategia di controllo per la gestione del sistema di accumulo, costituito da supercondensatori. La scelta della configurazione serie potrà permettere in un secondo momento la sperimentazione di celle a combustibile al posto del motogeneratore inizialmente adottato. Il mezzo si propone sia come dimostratore di tecnologie che come soluzione concreta al problema del trasporto personale nelle grandi città, grazie alla derivazione dalla produzione di serie del componente più costoso, il motogeneratore, di origine motociclistica.

3.6.5 I veicoli elettrici con celle a combustibile

Una cella a combustibile (Figura 3.32) è una cella elettrochimica (come una normale batteria) alimentata però con continuità all'anodo con un combustibile, l'idrogeno (che si ossida perdendo elettroni) ed al catodo con l'ossigeno dell'aria che, combinandosi con gli ioni idrogeno che arrivano dall'anodo, si riduce e forma vapor d'acqua. Come in una batteria, anodo e catodo sono separati da un elettrolita, che nelle celle PEM (Proton Exchange Membrane) è di tipo polimerico⁶¹, in cui si spostano i protoni idrogeno.

Figura 3.32: Schema di funzionamento di una cella a combustibile



⁶¹ Nelle celle ad alta temperatura l'elettrolita è ceramico e sono gli ioni ossigeno a spostarsi.




Gli elettroni dall'anodo passano al catodo chiudendo il circuito elettrico su di un carico esterno e generano potenza elettrica.

A differenza che in una batteria, però, dove il processo termina quando la materia attiva si è completamente ossidata all'anodo e ridotta al catodo, in una cella a combustibile il processo continua fino a quando vengono alimentati i due reagenti, e questo consente tutta l'autonomia che il serbatoio dell'idrogeno può assicurare (questi serbatoi hanno una energia per unità di peso da 10 a 100 volte superiore rispetto alle batterie, anche se rimane di un ordine di grandezza inferiore a quella di un serbatoio per combustibili liquidi). Sono così possibili autonomie dell'ordine di 3–400 km, a fronte dei circa 70–80 chilometri possibile con batterie al piombo.

L'unico prodotto dell'ossidazione è l'acqua, perché il processo può avvenire anche a bassa temperatura (80 °C) e quindi non si formano ossidi di azoto. I rendimenti globali sono molto elevati (>40% anche per generatori di piccola potenza) e sono poco variabili con il carico. La tecnologia delle celle a combustibile consente perciò la realizzazione di veicoli ad emissioni zero con prestazioni molto superiori a quelle dei veicoli con batterie, anche di avanzate caratteristiche.

I progressi ottenuti nella realizzazione di celle a combustibile di caratteristiche sempre più avanzate sono sintetizzati nella Figura 3.33, che fa riferimento alla linea di sviluppo delle vetture della Honda⁶².

Figura 3.33: Prestazioni delle celle a combustibile adottate dalla Honda per i suoi prototipi

HONDA		FCX CLARITY		
Performance Improvements				
	1999	2003	2006	
Stack Overview				
Output	60 kW	86 kW	100 kW	
Size	134 L	66 L	52 L	
Weight	202 kg	96 kg	67 kg	
Electrolyte Membrane	Fluorine Max. operating temp. 80°C	Aromatic Max. operating temp. 95°C	Aromatic Max. operating temp. 95°C	
- Stack Construction	- Bolt-on type construction - Machined carbon graphite separators	- Panel box construction - Stamped metal separators with unitized seals	- 1-box stack construction - Vertical flow cell structure	
- Separator Structure	- Separate seals			

⁶² Sachito Fujimoto (Honda R&D Co.): A fuel cell vehicle that opens the door to the future: the Honda FCX Clarity becomes a reality.

Dal punto di vista costruttivo i veicoli con celle a combustibile differiscono in sostanza da un veicolo con trasmissione elettrica⁶³ per il sistema di generazione, che non è più un motogeneratore ma un sistema di celle di combustibile (e naturalmente per il serbatoio, che è sostituito dalle bombole dell'idrogeno).

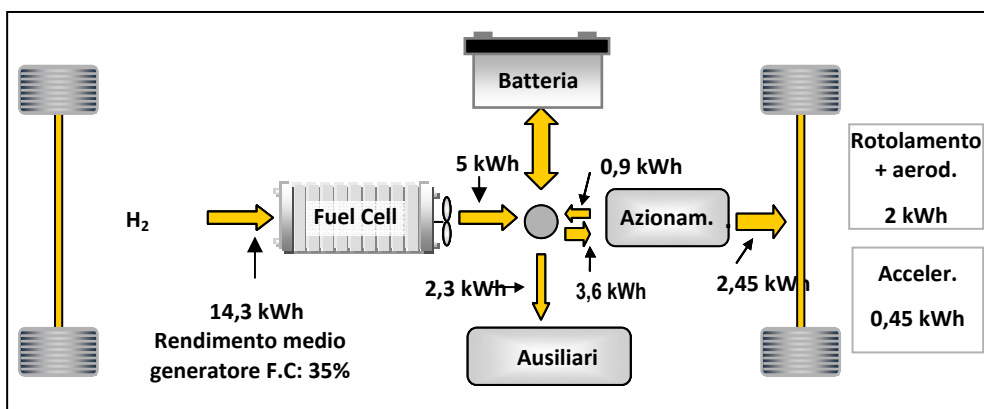
Come i Diesel-elettrici, anche questi veicoli possono essere ibridizzati, e lo sono nella grande maggioranza dei casi, per alcune delle ragioni prima esposte, ma anche per ragioni specifiche delle celle (avviamento a freddo, gestione degli ausiliari ecc.).

Uno dei principali problemi dell'idrogeno è quello della sua bassa densità energetica, che ne rende difficile lo stoccaggio a bordo dei veicoli.

Escludendo l'alternativa di produrre l'idrogeno a bordo del veicolo con il reforming del metanolo (più semplice) o di combustibili tradizionali come benzina e metano, perché la sperimentazione per questi ultimi è ancora all'inizio, rimane la produzione a terra dell'idrogeno ed il suo trasporto a bordo (con i conseguenti problemi legati alla realizzazione di infrastrutture fisse, peraltro più facilmente risolvibili per usi ferroviari che per l'autotrazione). L'idrogeno è trasportato a bordo del veicolo in vari modi, o sotto forma molecolare, in fase gassosa o liquida o solida (idruri). I sistemi di accumulo tradizionali e ben sperimentati sono tre: bombole in pressione, idruri metallici e serbatoi criogenici per idrogeno liquido.

Le comuni bombole per idrogeno compresso, come le batterie, hanno un contenuto energetico limitato (a uguale pressione, circa un terzo rispetto al metano) e di conseguenza peso e volume complessivi dell'accumulo sono elevati, con autonomia limitata e carico utile ridotto.

Figura 3.34: Schema di funzionamento di un veicolo con cella a combustibile ibridizzato



⁶³ I diesel-elettrici utilizzati in ambito navale e ferroviario, per la trasmissione di potenze elevate.

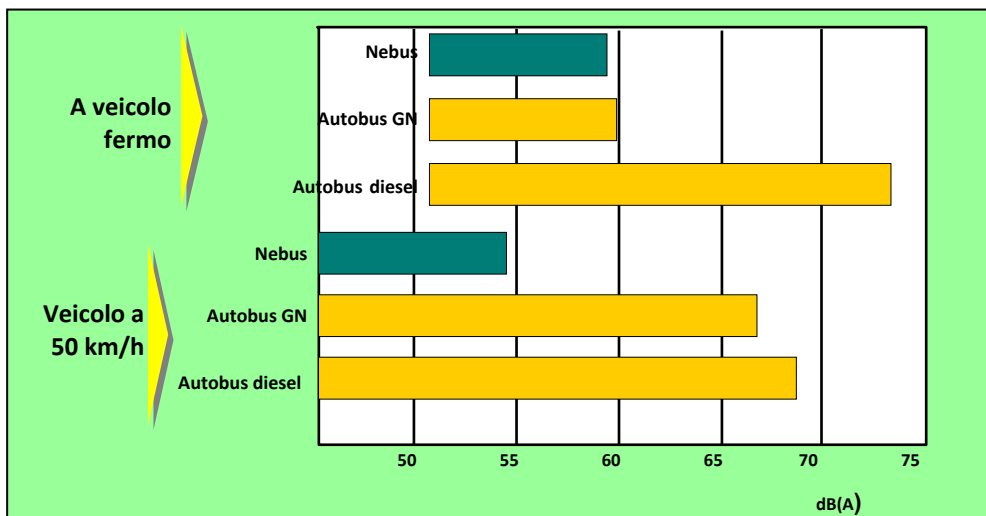
Il trasporto sotto forma di idruri riduce i problemi di ingombro, ma è penalizzato da pesi e costi elevati (anche se la combinazione basso ingombro/peso elevato per un locomotore può essere un vantaggio piuttosto che un handicap).

L'idrogeno liquido, oltre al costo elevato, pone problemi di movimentazione e richiede valvole di sfiato per l'idrogeno evaporato, con perdite di combustibile e problemi di sicurezza in ambienti chiusi. Inoltre, pure offrendo le migliori caratteristiche di energia specifica e densità d'energia, pone grossi problemi di distribuzione e ha costi energetici di produzione, distribuzione e stoccaggio (si mantiene liquido a $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ per evaporazione) tali da annullarne i vantaggi (in un'ottica di consumi globali, "dal pozzo alla ruota") fino a quando l'autonomia di progetto del mezzo non supera i 300–400 km.

Una soluzione tecnica molto interessante è però offerta dalle bombole in pressione rinforzate in compositi, particolarmente adatto nel caso di veicoli medio–grandi.

Dal punto di vista della normativa ambientale nel confronto tra un autobus con celle (Nebus della Daimler Chrysler) e mezzi dello stesso tipo a Diesel ed a metano, la tecnologia delle celle, basata su processi di ossidoriduzione controllata a bassa temperatura, presenta ampi margini di vantaggio rispetto ad ogni altro tipo di motopropulsore (Figura 3.35). Naturalmente, i veicoli con celle a combustibile trovano il loro concorrente per eccellenza nei veicoli a batteria, ma come sempre è la missione del veicolo (e l'autonomia può esserne presa ad indice) a comandare.

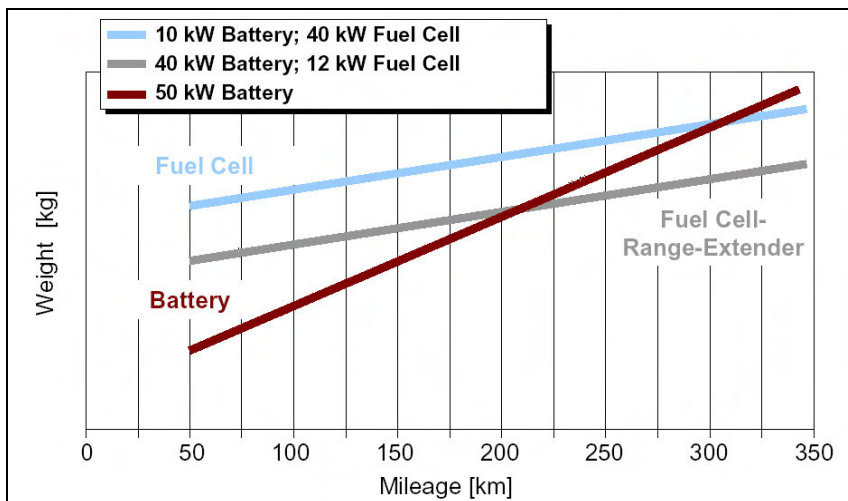
Figura 3.35: Livelli di emissione sonora dei veicoli in funzione delle condizioni di marcia



Fonte: DC

Con la tecnologia attuale, un veicolo a batteria risulta svantaggiato in termini di peso, rispetto ad un veicolo con cella a combustibile, solo per distanze maggiori di 200 km, purché la cella sia di piccola potenza. Se poi la cella è predominante rispetto alla batteria, il valore sale a 300 km.

Figura 3.36: Peso dei veicoli “ad emissioni zero” in funzione dell’autonomia richiesta



3.7 Confronto di efficacia energetico-ambientale delle principali opzioni tecnologiche

3.7.1 Il Life Cycle Assessment (LCA) in campo automobilistico

Nel corso degli ultimi decenni è notevolmente aumentato l’impegno del mondo della ricerca nello sviluppo di metodologie e sistemi collegati al concetto di sostenibilità, intesa nella sua accezione più ampia, ambientale e sociale, tesi a fornire analisi, valutazioni e strumenti operativi a tutti i soggetti chiamati ad intervenire; si tratta di norma di sistemi assai sofisticati e complessi con base comune nell’approccio di ciclo di vita, in continua evoluzione ed il cui sviluppo è considerato prioritario nei principali programmi di R&S internazionali.

Da un lato essi forniscono stime e dati scientificamente fondati e verificabili per confrontare le diverse opzioni tra loro e giungere poi ad una loro ottimizzazione, dall’altro sono veri e propri strumenti operativi per intervenire su tutti gli aspetti: progettuale, tecnologico, produttivo, amministrativo, regolamentare ecc.

A seconda delle necessità e delle fasi d’uso, tali strumenti si caratterizzano come:

- sistemi di supporto alle decisioni, siano esse di carattere tecnologico, economico o sociale (Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing, analisi di scenario e territoriali ecc.);
- sistemi a supporto delle aziende che devono sviluppare le nuove soluzioni (ecodesign, studi di settore, sistemi informativi e banche dati on line ed off line ecc.);
- sistemi che devono supportare l'introduzione all'interno del sistema economico e sociale delle soluzioni adottate (procedure di certificazione, strumenti informativi per i consumatori, incentivazioni negative/positive ecc.).

La lunghezza dell'elenco non consente di entrare nel dettaglio scientifico e tecnologico dei singoli strumenti; si tratta per lo più di sistemi software di diverso livello e complessità, di studi di settore, di banche dati, ecc, applicabili a seconda dei casi a contesti di tipo generale o particolare, che richiedono per il corretto uso competenze sia specialistiche che multidisciplinari ed una notevole sensibilità ricavabile solo da un'estesa esperienza applicativa.

Il livello di sviluppo raggiunto da tali sistemi da un lato permette di ottenere risultati ed indicazioni già oggi utilizzabili, dall'altro è oggetto di una continua attività di R&S.

Il Life Cycle Assessment, in particolare, nasce dall'esigenza di considerare tutte le fasi di vita di un prodotto o di una attività umana, per stimarne l'impatto ambientale complessivo. Se consideriamo i trasporti, ad esempio, nel valutarne l'impatto ambientale vanno quindi considerate non solo le fasi d'uso dei mezzi di trasporto, calcolando/misurando emissioni e consumi, ma anche il ciclo del combustibile ed il ciclo di vita delle autovetture⁶⁴.

Sul piano ambientale il sistema dei trasporti produce in effetti impatti molto rilevanti, attribuibili in gran parte alla fase di uso (impatti diretti), ma anche da tutti gli altri stadi del ciclo di vita (impatti indiretti).

In campo automobilistico però, pur essendo il Lyfe Cycle Assessment una attività da tempo sviluppata all'interno delle diverse strutture aziendali, fino ad oggi c'è stato un riscontro pubblico sufficientemente ampio solo per il ciclo del combustibile, composto dalle due fasi Well-To-Tank (pozzo-serbatoio) e Tank-To-Wheel (serbatoio-ruota) (WTW). Molto noti a riguardo sono gli studi GM e JRC/EUCAR/CONCAWE, insieme ad altri di cui si dà riscontro nella Tabella 3.3.

⁶⁴ Ed in effetti altrettanto andrebbe fatto per le infrastrutture, che in alcuni casi, come per il trasporto ferroviario, possono incidere pesantemente sul totale.

Figura 3.37: Fasi del ciclo di vita di un veicolo

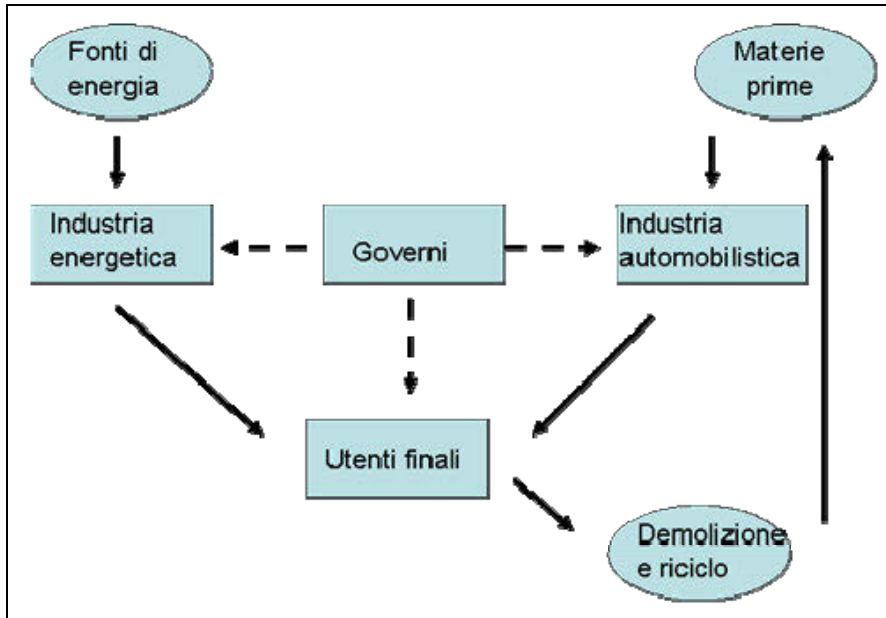
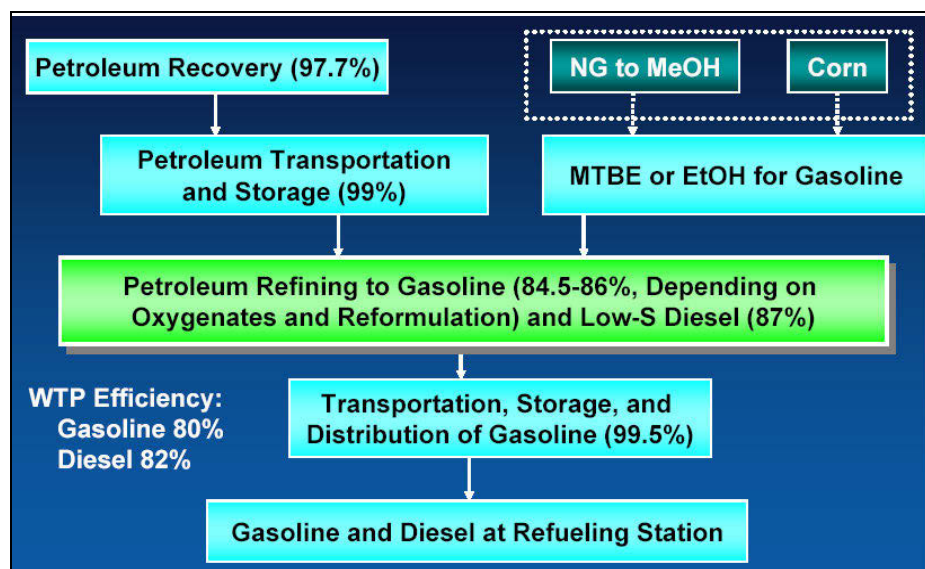


Tabella 3.3: Gli studi sul ciclo di vita dei combustibili

	Diesel fuel low sulphur content	Diesel fuel ultra low sulphur content	Gasoline	CNG	LPG	Ethan	Methan	Emulsions & Hythane	Biogas	Bio Diesel
MIT		X	X	X			X			
GM North America	X		X	X		X	X			
JRC/EUCAR/CONCAWE		X	X	X	X	X	X		X	X
GM Europe		X	X	X		X	X		X	
IFP	X	X	X	X						
Swedish NRA		X	X	X		X	X			X
Toyota	X	X	X	X	X	X	X			X

Figura 3.38: Fasi del ciclo di vita di alcuni combustibili



Fonte: GM Europe

Per quel che riguarda, ad esempio, i combustibili tradizionali, la fase di produzione e distribuzione pesa su i consumi energetici per il 20% circa, lo stesso sulle emissioni di CO₂, come sinteticamente rappresentato nella Figura 3.38. Tra gli studi citati, solo il MIT aveva tenuto conto anche delle fasi di produzione/dismissione del veicolo (la fase di dismissione, grazie al riciclaggio dei materiali, gioca un ruolo molto importante); ed in effetti alcune soluzioni tecnologiche mirate ad alcuni specifici aspetti (efficienza energetica, riduzione delle emissioni inquinanti) possono dare risultati controproducenti sul piano ambientale se considerate nel loro ciclo di vita complessivo e per tutti i possibili impatti⁶⁵. In considerazione di ciò, nel 2008 JRC ha presentato un'integrazione del suo studio, estendendolo alle fasi relative al ciclo di produzione/dismissione del veicolo.

Nel seguito si analizzano i risultati dei due studi citati (MIT & JRC) sugli impatti energetici ambientali dei veicoli stradali (autovetture) per l'intero ciclo di vita, dalla produzione alla rottamazione.

⁶⁵ Si veda ad esempio il recente studio su una vettura Mercedes Classe E eseguito dalla Daimler-Chrysler che ha dimostrato che tutte le fasi del ciclo di vita sono rilevanti e non solo la fase di uso; per esempio alcune emissioni, come NO_x, sono dominate dai processi a monte quali la raffinazione del combustibile, oppure l'uso di alluminio, apparentemente benefico per la diminuzione del peso e quindi del consumo di combustibile, ha controindicazioni invece per la riciclabilità con gli attuali impianti utilizzati dai demolitori.

Questi studi effettuano un confronto fra diverse possibili opzioni tecnologiche dei veicoli al fine di fornire elementi di scelta nelle politiche ambientali ed industriali.

3.7.2 *Risultati e conclusioni dello studio del JRC*

Il progetto "IMPRO-car" del JRC, nato all'interno dello studio EIPRO, per l'identificazione dei prodotti a maggior impatto ambientale consumati in Europa, si pone come obiettivi:

- la valutazione e comparazione degli impatti ambientali dei veicoli passeggeri nella prospettiva dell'intero ciclo di vita dei veicoli;
- l'identificazione delle varie tecnologie già disponibili per il miglioramento dal punto di vista dell'impatto ambientale;
- l'individuazione delle migliori tecnologie in relazione alla loro disponibilità, alle possibili barriere per la loro adozione e agli aspetti economici.

Gli indicatori ambientali stimati nelle varie fasi di vita del veicolo, calcolati secondo la metodologia CML 2001, sono:

- l'esaurimento di risorse abiotiche (AD)
- il riscaldamento globale (GWP)
- l'ossidazione fotochimica (POCP)
- la riduzione dell'ozono stratosferico (ODP)
- l'acidificazione (AP)
- l'eutrofizzazione (EP)
- le particelle fini, con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$)
- consumi di energia primaria (PE)
- rifiuti (BW).

Le fasi di vita del veicolo considerate sono:

- la produzione del veicolo (estrazione e trasformazione dei materiali, assemblaggio);
- la produzioni della parti aggiuntive;
- la trasformazione del combustibile dal pozzo alla pompa;
- l'uso del veicolo;
- la rottamazione del veicolo e lo smaltimento dei rifiuti.

Gli impatti del ciclo di vita dei veicoli di nuova tecnologia sono calcolati rispetto ad un veicolo base di riferimento a benzina e a gasolio (Tabella 3.4:), definito partendo dalle statistiche europee sulle immatricolazioni di autovetture nuove dal 2000 al 2006 e stimando dei valori medi di potenza, cilindrata e peso. Per le percorrenze e l'età vengono considerati i dati del 2005.

Per la stima delle emissioni del ciclo del combustibile è stato utilizzato lo studio del JRC(IES)/CONCAWE/EUCAR per i consumi di fonti primarie di energia e di emissioni di gas serra, mentre per gli altri indicatori ambientali è stata usata la banca dati Ecoinvent.

Per quanto riguarda pneumatici, batterie, lubrificanti e refrigeranti (Spare parts production) lo studio del JRC si è avvalso dei dati dello studio del 2006 di GHK, BIOS su mandato della Commissione Europea. Per mancanza di dati non è stato considerato il consumo energetico per la manifattura dei pneumatici; la loro vita media è stata considerata di 40.000 km come per i freni, quella delle batterie di 80.000 km.

Per la fase di assemblaggio è stato usato uno studio della Volkswagen del 2005 sul mix di combustibili utilizzati e l'energia da questo ricavata ed utilizzata (Tabella 3.5).

Tabella 3.4: Caratteristiche principali del veicolo base a benzina e Diesel

Base case car	Unit	Petrol	Diesel
Average Lifespan	years	12.5	12.5
Emission standard		EURO4	EURO4
Average Annual distance	km	16 900	19 100
Average total mileage	km	211250	238750
Average Cylinder capacity	cm ³	1 585	1 905
Average Power	kW	78	83
Average Weight	Kg	1 240	1 463

Tabella 3.5: Consumo energetico relativo alla fase di assemblaggio del veicolo

	MJ/car
Gas and coal	4.015
Electricity	5.096
Gas for district heating	3.050

Fonte: Volkswagen, 2005

Tabella 3.6: Impiego di materiali per il veicolo base a benzina e Diesel (kg)

Materials	Petrol	Diesel
Total content of ferrous and non-ferrous metal	819	1040
Total content of iron and steel	742	959
Total content of aluminium	68	72
Cu	9	9
Mg	0,5	0,5
Pt	0,001	0,001
Pl	0,0003	0,0003
Rh	0,0002	0,0002
Glass	40	40
Paint	36	36
Total content of plastic	200	200
Other	27	27
Miscellaneous (textile ecc.)	23	23
Tyres		
Rubber	4	4
Carbon black	2	2
Steel	1	1
Textiles	0,4	0,4
Zinc oxide	0,1	0,1
Sulphur	0,1	0,1
Additives	1	1
Sub-total (4 unit)	31	31
Battery		
Lead	9	9
PP	0,7	0,7
Sulphuric acid	4	4
PVC	0,3	0,3
Sub-total	14	14
Fluids		
Trasmission fluid	7	7
Engine collant	12	12
Engine oil	3	3
Petrol/Diesel	23	25
Brake fluid	1	1
Refrigerant	0,9	0,9
Water	2	2
Windscreen cleaning agent	0,5	0,5
Sub-total	50	52
Total weight	1240,0	1463

La composizione materiale del veicolo base così definito (Tabella 3.6) è stata ricavata dalla banca dati di Ecoinvent che raccoglie dati dell'Europa occidentale. I dati relativi ad acciaio e ferro invece sono stati forniti dall'IISI (International Iron and Steel Institute).

Per le emissioni Tank-To-Wheel sono stati usati i cicli reali di guida ARTEMIS, dove presenti per veicoli Euro IV. Negli altri casi sono state usate le misure del VCA inglese (Vehicle Certification Agency) come riferimento per applicare una correzione per condizioni reali di guida.

Un'ulteriore maggiorazione di consumo di energia e di emissioni di gas serra è stata apportata in relazione a diversi fattori quali il numero delle persone trasportate, il comportamento di guida e l'utilizzo del climatizzatore, con dati di ADEME.

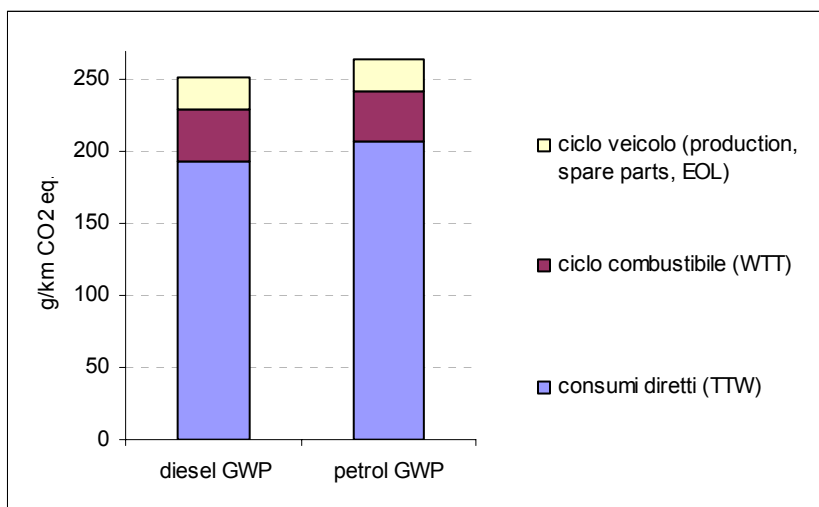
Per quanto riguarda la fase di fine-vita del veicolo, è stato utilizzato il rapporto del 2006 di GHK, BIOS di valutazione della normativa europea specifica sullo smaltimento dei rifiuti dei veicoli rottamati, con delle difficoltà dovute alla mancanza di dati relativi al ciclo delle plastiche e al ciclo di riprocessamento e riutilizzo del materiale, sotto l'aspetto di consumi richiesti e benefici apportati. È stato scelto di non considerare questi processi in questa fase, considerandoli inglobati nella fase di produzione con fattori di emissione specifici per i materiali riciclati.

È comunque vero che in questo rapporto è stata sottostimata l'efficacia del riuso delle plastiche, e soprattutto delle batterie.

Su stessa ammissione del JRC, in mancanza di letteratura sufficiente sul ciclo di vita delle batterie, non viene assolutamente preso in esame il riuso di materiale di modo che l'impatto delle tecnologie dei veicoli ibridi sulla produzione sono decisamente sovrastimati, senza prendere in considerazione possibili evoluzioni della tecnologia verso batterie di tipologia diversa o verso i supercondensatori, con ciclo di vita completamente differente.

Le emissioni di gas serra, in CO₂ eq, del ciclo di vita totale del veicolo, sotto le ipotesi e i metodi sopraccitati, fatte salve le considerazioni specifiche per le varie fasi, sono riportate nella Figura 3.39.

Figura 3.39: Emissioni di gas serra del veicolo base a benzina e a gasolio nelle tre fasi del ciclo di vita del veicolo



Le variazioni percentuali delle emissioni ad effetto serra delle tecnologie innovative rispetto alla tecnologia di riferimento sono riportate nelle seguenti due tabelle (Tabella 3.7, Tabella 3.8), rispettivamente per l'alimentazione a benzina e per quella a gasolio.

Tabella 3.7: Emissioni gas serra del veicolo a benzina per le diverse tecnologie e nelle varie fasi

GWP	LC impacts compared to the base case	Production (%)	Spare parts (%)	WTT (%)	TTW (%)	Total (%)
Car weight	Car weight reduction -5%	96,8	100	96,9	97	97
	Car weight reduction -12%	102,6	100	92,5	92,8	93,8
	Car weight reduction -30% Al	106,6	100	81,3	81,9	83,9
	Car weight reduction -30% Mg	232,1	100	81,3	81,9	93,8
Car body and tyres	Aerodynamic improvement option	100	100	98,5	98,6	98,7
	Tyres (LRRT+TPMS) option	100	100	95,6	95,7	96
Power train	Average combination 12 engine - 4 trasmission opt.	100	100	78,6	78,7	80,5
Hybrid	Full hybrid cars	100	158,7	75,8	75,9	78,4
Biofuel	Bioethanol 10% blend	100	100	98,8	90,3	92,3

Tabella 3.8: Emissioni gas serra del veicolo Diesel per le diverse tecnologie e nelle varie fasi

GWP	LC impacts compared to the base case	Production (%)	Spare Parts (%)	WTT (%)	TTW (%)	Total (%)
Car weight	Car weight reduction -5%	96,8	100	96,9	97	97
	Car weight reduction -12%	102,6	100	92,5	92,8	93,8
	Car weight reduction -30% Al	106,6	100	81,3	81,9	83,9
	Car weight reduction -30% Mg	232,1	100	81,3	81,9	93,8
Car body and tyres	Aerodynamic improvement option	100	100	98,5	98,6	98,7
	Tyres (LRRT+TPMS) option	100	100	95,6	95,7	96,1
Power train	Average combination 12 engine - 4 trasmission opt.	100	100	83,9	84	85,3
Hybrid	Full hybrid cars	100	151,3	68,1	68,3	71,5
Biofuel	Bioethanol 10% blend	100	100	98,4	90,4	92,4

Come si può vedere, dal punto di vista dei consumi e dei gas serra i veicoli ibridi sono i migliori; la riduzione del peso al 30% è efficiente attraverso l'utilizzo dell'alluminio; buoni risultati si ottengono, con costi non indifferenti, con il miglioramento dell'efficienza del motore e della trasmissione.

Considerando tutti gli indicatori ambientali, questo studio arriva alle seguenti conclusioni, generalmente valide, nonostante la sensibilità delle stime in relazione a parametri come il peso e le percorrenze dei veicoli:

- riguardo agli impatti delle varie fasi del ciclo di vita dei veicoli, la fase dell'utilizzo del veicolo (TTW) domina per i consumi energetici e per il (GWP) per entrambi i veicoli base, mentre per ossidazione fotochimica, eutrofizzazione e PM_{2,5} la fase del ciclo del combustibile (WTT) domina per il veicolo a benzina, mentre la fase TTW domina per il veicolo Diesel. WTT domina per le emissioni di sostanze che riducono l'ozono stratosferico, e insieme alla fase di fine-vita del veicolo per i rifiuti, mentre la riduzione di sostanze abiotiche è completamente dovuta alla fase di produzione del veicolo. In generale il veicolo a benzina impatta più su gas serra e consumi energetici rispetto al Diesel, e viceversa accade per eutrofizzazione, PM e inquinamento fotochimico;

- riguardo alle tecnologie disponibili da subito o entro il 2020-2030, si può senz'altro affermare che tutte hanno un effetto positivo sulla performance dei veicoli riguardo alla maggior parte degli indicatori ambientali; hanno inoltre effetti simili sulle alimentazioni, tranne il miglioramento della trasmissione che è più efficace per il veicolo a benzina mentre il sistema di abbattimento delle emissioni ha più peso per il Diesel. Le tecnologie migliori sotto tutti gli aspetti ambientali sono quelle che riducono maggiormente i consumi energetici, ma considerando anche i costi, sono quelle che risultano più costose per unità di costo ambientale evitato;
- parametri come il peso, la potenza e il volume dei veicoli hanno un effetto rilevante sugli impatti ambientali dell'intero ciclo, ma questi parametri sono soggetti alle scelte individuali dei consumatori.

3.7.3 Risultati e conclusioni dello studio del MIT per il caso statunitense

Lo studio del MIT, pubblicato nel 2000, si prefiggeva di studiare dal punto di vista del Life Cycle Assessment le tecnologie per nuovi veicoli passeggeri che potevano essere sviluppate e commercializzate entro il 2020, e valutarne il potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra. Nel 2008 è stato pubblicato un aggiornamento con dati di riferimento al 2005 invece che al 1996, e proiezioni al 2035. In questo nuovo studio vengono considerate anche le prospettive di penetrazione ed efficacia delle nuove tecnologie veicolari in Europa, e confrontate con la situazione americana, arrivando a conclusioni diverse sulle validità di politiche mirate al risparmio energetico e alla riduzione di emissioni di gas serra del settore trasporti.

L'analisi effettuata dal MIT nel 2000 confrontava, sull'intero ciclo di vita e all'anno 2020, dieci tecnologie veicolari, considerandone le caratteristiche di costo, di impatti ambientali e sulla salute e sicurezza, le performance dal punto di vista della guida, della realizzabilità, della convenienza. La categoria di veicolo considerata è di nuovo una vettura media, la cui massa varia da 1191 kg (benzina *advanced*) a 1444 kg (benzina di base, 1996).

Nell'aggiornamento del 2008 vengono confrontate le stesse tecnologie, ma all'anno 2035, a parità di prestazione e cilindrata, rispetto ad un veicolo a benzina di riferimento al 2005, di peso 1571 kg, compreso il pieno di benzina di 136 kg, e in funzione solo dell'efficienza energetica e delle emissioni di gas serra. I veicoli presi in esame sono:

- 4 veicoli di riferimento con caratteristiche di peso e cilindrata mediate sul parco veicolare statunitense al 2005: a benzina con motore a combustione interna (ICE), a benzina con motore turbo, a gasolio, e ibrido a benzina;

- l'evoluzione dei 4 tipi di veicoli al 2035, con miglioramenti previsti sia del motore, che della trasmissione, che dei sistemi non di propulsione (peso, aerodinamica e freni);
- il veicolo ibrido a benzina Plug-in al 2035 (PHEV);
- il veicolo a celle a combustibile ad idrogeno (FCV).

Per quanto riguarda la fase di produzione e smaltimento del veicolo, i consumi sono stati calcolati considerando che qualsiasi riduzione di peso venga realizzata attraverso l'utilizzo di materiali più leggeri ma più energivori dell'acciaio. I valori riportati nella Tabella 3.9 sono da considerarsi come valori estremi dei possibili consumi prevedibili.

Riguardo al ciclo del combustibile, in entrambi gli studi del MIT sono considerati diversi tipi di combustibili, da quelli convenzionali ai biocombustibili e all'idrogeno. La novità del rapporto del 2008 è l'inserimento della benzina prodotta dalle sabbie oleose canadesi, con un impatto sulle emissioni molto negativo. Considerazioni molto caute vengono fatte anche riguardo ai biocarburanti, come emerge del resto anche dagli studi del JRC.

I valori di consumi e emissioni delle due fasi del ciclo del combustibile, produzione Well To Tank (WTT) e consumo Tank To Wheels (TTW), sono riportate in Tabella 3.10. Non vengono inseriti esplicitamente nella tabella i valori del veicolo elettrico a batteria (BEV), per cui è comunque previsto un aumento di peso di 330 kg della batteria, e viene stimato un aumento medio dei consumi di produzione del 10% (Figura 3.40).

Tabella 3.9: Consumi ed emissioni di gas serra della fase di produzione e fine-vita del veicolo

Vehicle	Energy (GJ/ vehicle)	GreenHouses Gases (metric tons /vehicle)
Current Gasoline ICE 2005	96,90	7,07
Current Turbo ICE 2005	95,90	7,07
Current Diesel ICE 2005	99,00	8,00
Current Gasoline Hybrid 2005	113,60	9,01
2035 Gasoline ICE	114,90	9,03
2035 Turbo ICE	113,70	9,02
2035 Diesel ICE	117,40	9,05
2035 Gasoline Hybrid	134,70	10,08
Future PHEV	137,80	11,01
Future FCV	158,20	12,09

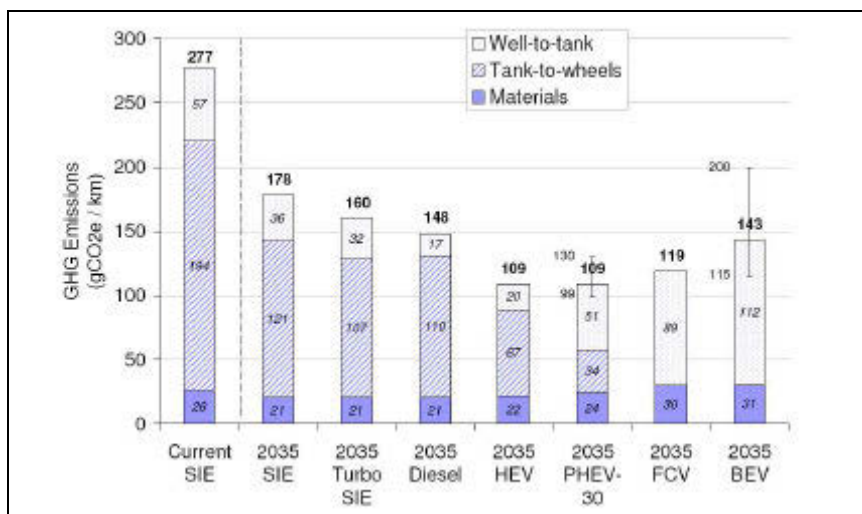
Fonte: MIT

Tabella 3.10: Consumi energetici e emissioni di gas serra del ciclo del combustibile

FUEL	ENERGY (fossil MJ / MJ delivered in tank)	GREENHOUSES GASES EMISSIONS		
		Fuel Cycle (g CO ₂ / MJ delivered to tank)	Vehicle Opera- tion (g CO ₂ / MJ deli- vered from tank to wheels)	Total (g CO ₂ / MJ delivered from well to wheels)
Conventional gasoline	0,24	21	71	92
Conventional Diesel	0,21	18	76	94
Gasoline from oil sands	0,41	38	71	109
Ethanol from corn	0,68	77	0	77
Ethanol from cellulose	0,09	9	0	9
Electricity (avg. US grid mix)	2,30	214	0	214
Hydrogen from natu- ral gas	0,84	132	0	132

Fonte: MIT

Figura 3.40: Emissioni di gas serra delle 3 fasi del ciclo di vita del veicolo



Fonte: MIT

Considerando i valori medi di percorrenza e di vita media, rispettivamente pari a 240.000 km e 15 anni, le emissioni in g/km per le tre fasi del ciclo di vita del veicolo (ciclo del combustibile, utilizzo, e produzione-rottamazione del veicolo), si ottengono le emissioni riportate in Figura 3.40.

I valori per il veicolo a benzina al 2005 sono confrontabili con quelli dello studio europeo, a parte le emissioni WTT americane nettamente più alte.

Nei limiti delle incertezze relative allo sviluppo delle tecnologie, in particolare le più giovani, i due studi del MIT arrivano a concludere che:

- La continua evoluzione delle tecnologie dei veicoli tradizionali a benzina può portare nel 2020 ad una riduzione delle emissioni di gas serra di un terzo, con un aumento di costi del 5%. Su di un arco temporale di 30 anni, a parità di dimensioni e prestazioni, si può arrivare ad una riduzione dei consumi fino al 30-50%. L'incertezza è legata più ai tempi che alle opzioni tecnologiche disponibili per realizzare queste riduzioni. In particolare, i motori a benzina possono raggiungere miglioramenti nei consumi specifici più velocemente di quelli Diesel, condizionati dai vincoli di emissioni di particolato. A lungo termine, le tecnologie di entrambi i tipi di motori tenderanno ad ottenere gli stessi risultati in termini di efficienza energetica.
- Su di un orizzonte temporale di 20-30 anni, i veicoli ibridi offrono le maggiori prospettive di riduzione di consumi energetici. In particolare gli ibridi plug-in hanno vantaggi maggiori rispetto ai due tipi di veicoli elettrici "puri", a batteria e a celle a combustibile, se riusciranno a ridurre i costi, ancora elevati, di produzione.
- I veicoli elettrici a batteria non sono competitivi a livello di mercato di massa, e non lo sono neanche dal punto di vista energetico, dal momento che il peso delle batterie aumenta i consumi su strada (TTW). Da sottolineare che in questi studi vengono considerate solo le batterie litione.
- I veicoli a celle a combustibile (fuel cell - FC) presentano un alto livello di incertezza sia per quanto riguarda gli aspetti tecnici che quelli economici, relativi sia alla produzione di idrogeno che allo stoccaggio e distribuzione. Non è quindi ancora chiaro se a lungo termine potranno essere veicoli realmente affidabili e longevi come i veicoli a propulsione convenzionale. Ad oggi la tecnologia delle fuel cell non è una tecnologia matura, ma nel corso degli ultimi anni c'è stato un trend di miglioramento che, se continuerà nei prossimi anni, potrebbe portare questi veicoli ad essere competitivi.
- La riduzione di peso del veicolo può sicuramente ridurre consumi fino ad un 12-20%, per un massimo di riduzione di peso del 35% a costi accettabili e nei vincoli dei requisiti di sicurezza. Auspicabile per il MIT è il downsizing per la realtà nordamericana: è stato stimato un margine di riduzione delle dimensioni dei veicoli del 20% nell'arco di 25 anni.

- Per quanto riguarda il costo delle nuove tecnologie, i veicoli più efficienti del veicolo base a benzina già in vendita al 2005 hanno un costo maggiore del 5-30%, le opzioni a lungo termine come gli ibridi plug-in e le FC potrebbero costare fino al 25-35% in più, i veicoli a batteria ancora di più. La riduzione di peso del 20% potrebbe costare un 5% in più, e se si arriva al 35% di peso in meno, il costo può aumentare del 10% rispetto ai prezzi di oggi (Tabella 3.11).

Tabella 3.11: Previsione degli aumenti percentuali dei prezzi di vendita dei nuovi veicoli rispetto ai prezzi del veicolo a benzina del 2005 e del 2035 (i valori assoluti dati dal MIT sono in \$ 2007)

Vehicle	Relative to current gasoline ICE	Relative to 2035 gasoline ICE
Current Gasoline ICE	0%	
Current Diesel	9%	
Current Turbo Gasoline	4%	
Current Hybrid	25%	
2035 Gasoline ICE	10%	0%
2035 Diesel	19%	8%
2035 Turbo Gasoline	14%	3%
2035 Hybrid	23%	12%
2035 Plug-in Hybrid	--	27%
2035 Battery Electric	--	67%
2035 Fuel Cell	--	25%

Fonte: elaborazione ENEA su dati MIT

3.8 Gestione della mobilità

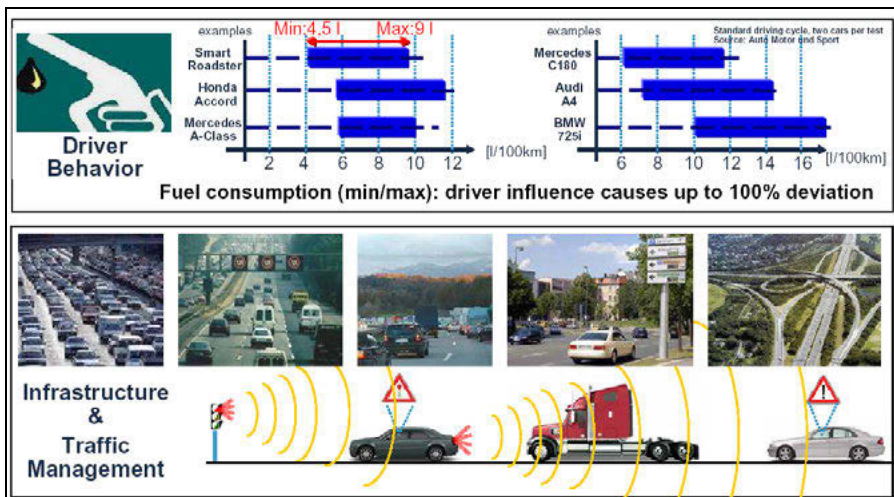
Pur essendo l'offerta dei sistemi telematici ormai molto ricca e consolidata (più che di sperimentazioni si sente l'esigenza di applicazioni su grande scala) sono prevedibili ulteriori consistenti miglioramenti con lo sviluppo di nuove piattaforme tecnologiche, con un ruolo rilevante dell'informatica di bordo che vede sempre più il veicolo, attraverso il colloquio veicolo-veicolo e veicolo infrastruttura, come unità di ricezione delle informazioni sulla mobilità ed al tempo stesso come unità di generazione di informazioni per il sistema complessivo (localizzazione, velocità, flussi di traffico, congestione ecc.).

Il Centro Ricerche Fiat (CRF), ad esempio, fin dal 1997 comincia a sviluppare, con un fornitore leader tecnologico, un Nucleo Telematico Minimo a basso costo per fornire i servizi telematici emergenti, basato su localizzazione (GPS) e comunicazione (GSM). Questo dispositivo è il mattone fondamentale attorno al quale introdurre in maniera coordinata i dispositivi che forniscono funzioni aggiuntive secondo logiche di modularità e flessibilità.

Figura 3.41: Il sistema sviluppato dal CRF



Figura 3.42: Il comportamento del conducente come fattore di riduzione dei consumi ed il ruolo dell'infomobilità



Grazie a sistemi di infomobilità di questo tipo, il guidatore potrà essere informato in anticipo della presenza di semafori o di incroci, per rallentare o meglio evitare di accelerare inutilmente, con risparmi valutati nell'ordine del 5-10%, sempre in funzione della tipologia della missione e delle condizioni locali.

3.9 I combustibili, tradizionali ed innovativi

Il testo di seguito riportato è stato tratto, fatta eccezione per la parte relativa ai biocombustibili ed alle miscele metano-idrogeno, da un lavoro dell'ing. Franco Del Manso (Unione Petrolifera).

Le emissioni veicolari hanno subito un drastico abbattimento negli ultimi 20 anni. L'effetto combinato del miglioramento della qualità dei carburanti e lo sviluppo di tecnologie motoristiche avanzate hanno consentito di ridurre di oltre il 95% i limiti alle emissioni veicolari.

Anche la progressiva penetrazione dei carburanti alternativi nel settore dei trasporti ha contribuito a ridurre il contributo del traffico veicolare all'inquinamento dell'aria negli ambienti urbani.

Nella presente nota viene esaminata l'evoluzione delle caratteristiche qualitative dei carburanti tradizionali in relazione agli effetti che tali prodotti possono produrre sulle emissioni da traffico veicolare. Vengono inoltre approfondite le potenzialità che i combustibili alternativi sono in grado di esprimere in questo contesto, unitamente alle problematiche da risolvere per determinare un loro sviluppo accettabile nei mercati dei carburanti.

3.9.1 I combustibili tradizionali

I combustibili tradizionali (benzina e gasolio) hanno subito negli ultimi anni una drastica riformulazione per rispondere alle esigenze prestazionali delle nuove tecnologie motoristiche e per consentire alle sofisticate tecniche di controllo delle emissioni allo scarico dei veicoli di operare correttamente. Tale processo continuerà ad evolversi anche nel prossimo futuro per consolidare il trend di riduzione delle emissioni veicolari verso obiettivi ambientali sempre più ambiziosi.

La legislazione vigente sulla materia è illustrata nella tabella successiva che sintetizza i contenuti delle direttive comunitarie sulla qualità dei carburanti (Direttive Fuel) e quelle sui veicoli (Euro III ed Euro IV per le vetture; Euro IV ed Euro V per i veicoli pesanti).

Gli effetti sulla qualità dell'aria in Europa, in conseguenza della citata legislazione, sono stati consistenti e la previsione per il 2010 indica che gli standard di qualità dell'aria fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per garantire la salute della popolazione verranno rispettati.

Tabella 3.12: L'evoluzione della qualità dei carburanti

Benzina							
	1990	1994	1995	1998	2000	2005	2008
Zolfo ppm m/m	1000		500		150	50	10
Benzene %vol.	5			1	1		
Aromatici %vol.				40	40	35	
Tensione di vapore kPa	80				60		
Gasolio							
	1990	1994	1995	1998	2000	2005	2008
Zolfo ppm m/m	3000	2000	500		350	50	10
Numero di cetano	49				51		
Densità kg/m ³	860				845		
T95 °C	370				360		

Permane tuttavia una certa preoccupazione per le concentrazioni di polveri e quelle degli NO_x soprattutto in ambito urbano e quindi a livello comunitario si sta lavorando alla modifica delle attuali Direttive per definire nuovi limiti Euro V per le vetture ed Euro VI per i veicoli commerciali.

Per le vetture a benzina le emissioni di particolato (tipicamente dell'ordine di 0,002 g/km) non dovrebbero rappresentare un problema essendo di un ordine di grandezza inferiore ai limiti Euro IV dei veicoli Diesel (0,025 g/km). Il controllo degli NO_x a valori più bassi di quelli attuali potrà quindi essere agevolmente raggiunto con le tecnologie già oggi disponibili.

Per i veicoli Diesel il problema è decisamente più complesso in quanto gli NO_x e il particolato sono inquinanti antagonisti e gli interventi motoristici per ridurre le emissioni di uno portano inevitabilmente a far crescere l'altro. È su questa tipologia di motori che si stanno quindi sviluppando le tecnologie di controllo e riduzione degli inquinanti considerati.

Le strategie di controllo per abbattere contemporaneamente le emissioni di NO_x e particolato sono essenzialmente due: interventi motoristici per ridurre gli NO_x e sistemi di abbattimento allo scarico per il particolato (trappole) oppure interventi motoristici per ridurre il particolato e sistemi di abbattimento allo scarico per gli NO_x (con particolari catalizzatori). Per le autovetture si interverrà con molta probabilità attraverso la prima combinazione mentre per i veicoli commerciali sarà la seconda strategia a dover essere adottata. Un approccio combinato delle due strategie è anche possibile.

Nei veicoli passeggeri le emissioni di particolato sono state ridotte considerevolmente negli ultimi anni soprattutto attraverso modifiche nella progettazione dei motori dirette al miglioramento della combustione. Inoltre marmitte dotate di catalizzatori ossidanti sono ormai diffusamente applicate nei motori Diesel ma la loro efficacia è limitata in quanto capaci di abbattere solo la componente idrocarburica volatile presente nel particolato ma non la componente carboniosa che rappresenta quella più importante e più pericolosa di questo tipo di inquinante. Ulteriori perfezionamenti delle tecnologie motoristiche tradizionali consentirebbero riduzioni delle emissioni dal 30 al 50%. Abbattimenti più drastici, ben oltre i limiti Euro IV che entrati in vigore nel 2005, sono possibili solo con l'ausilio di idonei impianti di abbattimento allo scarico che al momento sono realizzabili unicamente con le cosiddette trappole del particolato.

Le trappole di particolato sono dispositivi di abbattimento delle emissioni di polveri in grado di fermare gran parte delle particelle liquide e solide presenti nei gas di scarico dei motori Diesel. Il materiale particellare raccolto deve essere continuamente eliminato per evitare l'intasamento del filtro con aumento della contropressione nel collettore. Per rigenerare i filtri di tali dispositivi è necessario bruciare le particelle raccolte con sistemi riscaldati in vario modo oppure favorendo la combustione di tali particelle con idonei catalizzatori. La tecnologia è sufficientemente sviluppata su scala industriale e numerosi modelli di vetture già sono equipaggiate con tali dispositivi.

Con le trappole di particolato sarà possibile abbattere queste emissioni di oltre il 90% rispetto ai limiti Euro IV passando quindi per le vetture da un valore di 0,025 g/km ad un valore di 0,0025 g/km. Con tali dispositivi inoltre sarà possibile abbattere le emissioni di particolato indipendentemente dalle condizioni di regolazione e funzionamento dei motori che pertanto potranno essere ottimizzati per ridurre efficacemente gli NO_x.

Per quanto riguarda i veicoli commerciali la strategia ottimale è, come detto, quella di ottimizzare la regolazione del motore per ridurre le emissioni di particelle e controllare le emissioni di NO_x allo scarico con un sistema catalitico di riduzione (SCR) che utilizza l'urea come agente riduttore. Questo approccio ha guadagnato il favore di tutte le case costruttrici in quanto consente di migliorare anche i consumi di combustibile e questo aspetto è ritenuto di fondamentale importanza nei veicoli commerciali. È inoltre fattibile una combinazione di SCR/urea con una trappola del particolato.

Il sistema di SCR/urea è una tecnologia di abbattimento degli NO_x dai processi di combustione che utilizza l'urea come agente chimico riducente per trasformare gli ossidi di azoto in azoto elementare ed acqua. In realtà si utilizza una soluzione acquosa di urea con una concentrazione del 32,5% in peso che non presenta alcuna controindicazione di tossicità e di pericolosità.

Tabella 3.13: Possibile evoluzione dei limiti alle emissioni di NO_x e particolato

<i>Veicoli Diesel passeggeri (g/km)</i>			<i>Veicoli Diesel pesanti (g/kWh)</i>		
	<i>2005 – Euro IV</i>	<i>2009 – Euro V</i>		<i>2009 – Euro V</i>	<i>Euro VI</i>
NO _x	0,25	0,08	NO _x	2,0	1,0 – 0,5
PM	0,025	0,0025	PM	0,02	0,002

È comunque necessario predisporre sul veicolo il serbatoio per l'urea ed il sistema di dosaggio, così come le infrastrutture a terra per il rifornimento del reagente.

Le tecnologie esaminate in precedenza per i veicoli passeggeri e per quelli commerciali costituiranno il riferimento per la futura legislazione.

Il corretto funzionamento di queste tecnologie non richiederà ulteriori variazioni alla qualità dei combustibili oltre quella stabilita dalla Direttiva Fuel 2003/17/CE e un tenore massimo di zolfo di 10 mg/kg.

I nuovi limiti alle emissioni su cui ci si orienterà saranno probabilmente quelli indicati nella Tabella 3.13. Una evoluzione legislativa in questo senso dovrà tuttavia tener presente anche altri fattori determinanti quali la tendenza futura della qualità dell'aria ed i costi associati alle tecnologie considerate. Solo dalla valutazione globale dell'intera problematica potrà scaturire la legislazione più appropriata per le future emissioni veicolari.

I combustibili senza zolfo dovranno essere obbligatoriamente utilizzati negli autoveicoli equipaggiati con i propulsori di nuova concezione Euro IV ed Euro V ed i benefici ambientali derivanti dall'uso di tali combustibili saranno notevoli in quanto consentiranno di rispettare sia i nuovi che i futuri limiti alle emissioni veicolari e, contemporaneamente, contribuire a centrare gli obiettivi di contenimento dei consumi stabiliti per le nuove vetture.

Tali combustibili potranno essere convenientemente impiegati anche da tutti gli altri veicoli del parco circolante esistente con elevati benefici ambientali. Infatti, l'eliminazione dello zolfo dai combustibili attenua il processo di invecchiamento che si verifica nel tempo nei dispositivi catalitici di abbattimento dei gas di scarico che equipaggiano i veicoli attualmente in circolazione e che determina una fisiologica perdita di efficienza con incremento delle emissioni.

I combustibili senza zolfo attualmente disponibili sul mercato italiano assicurano anche vantaggi di tipo prestazionale ai veicoli (sia nuovi che esistenti) che li impiegano. L'industria petrolifera nazionale infatti formula questi prodotti migliorandone generalmente alcune caratteristiche prestazionali attraverso l'impiego alla produzione di opportuni additivi.

In particolare gli additivi detergenti nella benzina e nel gasolio contribuiscono al mantenimento più duraturo della performance del propulsore, poiché evitano l'insorgere di fenomeni di sporco degli iniettori e del motore. Questi sono causa non solo di malfunzionamento del propulsore, ma anche di un aumento delle emissioni e del consumo di combustibile.

Le proprietà detergenti dei nuovi carburanti sono a tutto vantaggio degli autoveicoli di modello più vecchio, dove l'accumulo di depositi nel motore può essere rimosso gradualmente col tempo, determinandone un miglioramento del consumo di carburante e una riduzione delle emissioni inquinanti.

Per assicurare una capillare ed uniforme distribuzione dei combustibili senza zolfo sul territorio nazionale il Ministero dell'Ambiente ha stabilito che tali prodotti siano presenti in almeno il 10% di tutti gli impianti di distribuzione ubicati sulla rete stradale e in almeno il 15% di tutti gli impianti di distribuzione ubicati sulla rete autostradale. Inoltre, presso ciascuna provincia, il numero degli impianti di distribuzione del combustibile di cui all'articolo 3, comma 2, e di cui all'articolo 4, comma 2, deve essere pari ad almeno il 2% di tutti gli impianti di distribuzione ubicati sulla rete stradale nel territorio provinciale. Presso la rete autostradale deve essere assicurata inoltre la presenza di almeno un impianto di distribuzione del combustibile ogni 300 km della rete.

Il forte impegno dell'industria petrolifera sui carburanti tradizionali si giustifica con il fatto che ancora per i prossimi 10-15 anni la domanda di energia dal settore dei trasporti sarà soddisfatta quasi completamente proprio da questi prodotti, con un ruolo del petrolio che resterà non inferiore al 97-98% del totale fabbisogno dei trasporti. È necessario pertanto assicurare il massimo sforzo verso obiettivi ambientali sempre più ambiziosi per questi sistemi di trasporto che continueranno ad essere predominanti anche nelle aree urbane.

Tuttavia l'industria petrolifera guarda con interesse anche allo sviluppo dei combustibili alternativi per il settore dell'autotrazione. Il gas naturale, il GPL, le emulsioni e i biocarburanti, in particolare il biodiesel, sono quelli con le maggiori prospettive di sviluppo a breve termine. Più a lungo termine l'idrogeno potrà giocare un ruolo molto importante nel settore dei trasporti.

3.9.2 I combustibili alternativi

Il giudizio dell'industria petrolifera sulla bontà dei combustibili alternativi non è univoco. A nostro avviso per ciascun prodotto è necessario identificare gli elementi caratteristici maggiormente positivi e sfruttare al massimo queste potenzialità.

3.9.2.1 Metano

L'Unione Petrolifera, con la firma dell'accordo di programma con il Ministero Ambiente e Fiat del dicembre 2001, impegnandosi a promuovere l'impiego del gas metano nel settore degli autoveicoli, ha concretamente evidenziato il cambio d'indirizzo assunto dal settore petrolifero in questi ultimi anni, allargando il proprio orizzonte operativo anche a prodotti non tradizionali, per tenere conto delle problematiche ambientali, legate al traffico, che caratterizzano ormai tutte le grandi città.

Nel metano, in particolare, è la sostanziale assenza di emissioni di particolato a renderlo particolarmente adatto nel traffico nei centri urbani, dove attualmente le polveri sottili costituiscono il problema più spinoso. Quello del particolato è infatti un problema rilevante e tuttora irrisolto nel panorama nazionale, soprattutto nelle aree urbane.

Lo sviluppo del parco auto a metano e la disponibilità di un'ideale rete di distribuzione consentirà, quindi di far crescere l'utilizzo di tale carburante contribuendo a ridurre le concentrazioni di polveri nei centri urbani.

L'Unione Petrolifera si è attivata quindi per promuovere presso le proprie aziende associate i contenuti dell'Accordo attraverso lo sviluppo nel breve/medio periodo di una serie di investimenti localizzati nelle principali aree urbane e relativi hinterland, tali da raddoppiare il numero dei punti vendita in esercizio in tali aree. Gli investimenti si sono quindi concentrati nelle grandi città ove ancora non esiste una domanda del metano per creare un'offerta minima, che costituisca un volano per la diffusione di tale prodotto. I punti di vendita per il metano negli ultimi due anni sono aumentati di oltre il 25 per cento passando da 390 a 500. Altri 50 punti vendita integrati con colonnine per la distribuzione del metano sono in corso di completamento in varie aree urbane.

3.9.2.2 Miscela metano-idrogeno

L'aggiunta al metano dell'idrogeno, che è caratterizzato come sappiamo da una più bassa energia di ignizione (0,02 mJ vs. 0,29 mJ) e da una maggiore velocità del fronte di fiamma (2,6–3,2 m/s vs. 0,37–0,45 m/s), ha diversi effetti positivi sul funzionamento di un motore a combustione interna, perché:

- aumentando la velocità di avanzamento del fronte di fiamma, si aumenta il rateo di espansione effettivo;
- si riduce la variabilità ciclica del motore, permettendo una gestione dell'anticipo più precisa, che aumenta ancora il lavoro ottenibile;
- gli incombusti si riducono, e quindi il combustibile si utilizza fino in fondo;
- si stabilizza la combustione anche con miscele molto magre.

Per contro, all'aumentare dell'idrogeno nella miscela, mentre l'energia per unità di peso cresce, l'energia per unità di volume della miscela naturalmente diminuisce.

Per quanto sopra detto, l'aggiunta di idrogeno al metano comporta:

- una riduzione della potenza massima, anche con dosatura stechiometrica;
- un miglioramento del rendimento complessivo del motore, con conseguente riduzione dei consumi;
- la possibilità di lavorare con miscele molto magre, con ulteriore miglioramento del rendimento (a prezzo di una ulteriore riduzione della potenza);
- la riduzione delle emissioni di CO₂, per la sostituzione di atomi di carbonio con atomi di idrogeno e per la riduzione dei consumi di combustibile come conseguenza del miglior rendimento del motore.

Il tenore di H₂ in metano può essere aumentato progressivamente; le esperienze condotte ad oggi sono state fatte con miscele a partire da una percentuale di idrogeno dell' 8% in volume (che corrisponde al contenuto di idrogeno di alcuni giacimenti di gas naturale), fino a percentuali (sempre in volume) del 36% di idrogeno. Un limite al di sopra del quale non conviene spingersi, a meno che non si vogliano mettere in conto sostanziose modifiche al veicolo, può essere indicato nel 20% (in volume).

Questi combustibili sono oggetto di crescente interesse in Italia ed all'estero (Svezia, Stati Uniti) e sono state quindi svolte numerose campagne di prova per dimostrarne le potenzialità in termini di riduzione delle emissioni e dei consumi rispetto al metano puro.

Tra gli ultimi progetti felicemente portati a termine, il Malmö-Hythane Project, con il quale si sono ottenuti, sinteticamente, una riduzione del 5-7% dei consumi energetici e del 10-20% dell'emissione di gas ad effetto serra, insieme ad una riduzione delle emissioni di NO_x e di CO sempre maggiore del 10%. La conversione ad Hythane 8 (8% in volume) degli autobus testati non ha comportato modifiche ai veicoli, ma solo alla mappatura dei motori, mentre per l'uso di miscele al 25% (circa), pure testate, occorrono interventi più sostanziosi.

I risultati delle sperimentazioni sono quindi incoraggianti, perché si è verificato un concetto di "leva" nella riduzione delle emissioni, rispetto all'uso dell'idrogeno tal quale, intendendo con ciò che se una stessa quantità di idrogeno viene bruciata in miscela con il metano, l'effetto ottenuto in termini di riduzione delle emissioni complessive risulta maggiore che usando idrogeno puro.

Ad esempio, rifornendo con idrogeno puro il 5% dei veicoli che vanno a metano (dopo le necessarie modifiche, naturalmente), e quindi introducendo il 5% di idrogeno (in energia) sul mercato del metano per autotrazione, si ridurrebbero del 100% le emissioni di CO₂ per il 5% dei veicoli, e corrispondentemente del 5% le emissioni di CO₂ totali; invece, aggiungendo la stessa quantità di idrogeno in miscela del 5% (sempre in termini energetici) con il metano su tutti i veicoli a metano (sempre il 5% in termini energetici, quindi) le prove fatte in Svezia ci dicono che le emissioni si riducono del 10%, e corrispondentemente del 10% le emissioni di CO₂, con un fattore di leva che è perciò pari a due.

Restando in Italia, la Panda Aria della Fiat è un prototipo, presentato a Francoforte nel 2007, che utilizza una miscela al 30% di idrogeno. Anche se il fattore di leva è presumibilmente minore di due, in termini assoluti la riduzione di CO₂ in termini assoluti è notevolissima, scendendo a 70 g/km.

Tutto questo anche grazie ad una serie di interventi *“dalla minimizzazione degli assorbimenti energetici degli ausiliari del veicolo e motore (per esempio il gruppo di climatizzazione a basso consumo energetico), dalla riduzione di peso del veicolo (downsizing del motore, impiego di acciai di nuova generazione alto resistenziali, bombole per lo stoccaggio del metano in acciaio altoprestazionale e fibra di carbonio) e dall’adozione di pneumatici sperimentali Pirelli “ultraverdi”, caratterizzati da nuove mescole e nuove gommature tessuti AOF (Aromatic Oil Free) che garantiscono una ridotta resistenza al rotolamento senza penalizzazione delle prestazioni di sicurezza dinamica (spazi di arresto in frenata e handling sia sul bagnato sia sull’asciutto)”*⁶⁶.

Figura 3.43: Fiat Panda Aria



⁶⁶ <http://www.fiatgroupautomobilespres.com>

Oltre che dal punto di vista delle emissioni, i vantaggi dell'uso delle miscele rispetto all'idrogeno puro sono intuibili tanto dal punto di vista dell'accettabilità economica per l'utente, poiché tali miscele offrono costi (per litro di benzina equivalente) ridotti rispetto all'idrogeno, quanto dal punto di vista dell'accettabilità psicologica, per un'utenza che conosce da tempo miscele di idrogeno con altri gas, p.e. il gas di gasogeno (blau gas), al 40–50% composto da idrogeno.

A titolo di esempio, riportiamo di seguito i risultati ottenuti con la sperimentazione di queste miscele da parte dell'ENEA, in collaborazione con le Università: Cattolica di Brescia e "Tor Vergata" e "La Sapienza" di Roma, nell'ambito del programma di ricerca europeo BONG-HY con il coordinamento e la gestione tecnico-scientifica del Comune di Brescia e di ASM SpA.

Le prove sono state condotte al banco su un Daily a metano di proprietà ASM, utilizzando un emulatore in sostituzione della eprom originale della centralina e costruendo nuove mappature (anticipi di accensione, arricchimento in accelerazione ecc.) per quattro diverse condizioni di funzionamento:

1. Miscela al 15%, (HCNG 15), combustione stechiometrica;
2. Miscela al 10%, (HCNG 10), combustione stechiometrica;
3. Miscela al 15% (HCNG 15), combustione magra;
4. Miscela al 10%, (HCNG 10), combustione magra.

I risultati ottenuti sono riportati in Figura 3.44 e Figura 3.45.

Considerando la condizione di funzionamento meglio bilanciata (miscele al 15% e controllo stechiometrico, HCNG 15; ST), la lettura dei risultati sperimentali ci dice che:

1. Il risparmio energetico è del 5%. Se l'idrogeno è ottenuto da metano, l'analisi "dal pozzo alla ruota" ci dice che il risparmio energetico si riduce al 4% (nell'ipotesi di un rendimento di produzione H_2 da metano del 75%).
2. Le emissioni regolamentate migliorano sempre, fatta eccezione per l'incremento della CO (il valore misurato rimane comunque molto inferiore al limite di omologazione).
3. Circa le emissioni di CO_2 , la riduzione ottenuta è il doppio di quella legata alla sola sostituzione di atomi di carbonio nel combustibile con atomi di idrogeno. Questo "effetto leva" è ottenuto grazie al miglioramento della combustione del metano. Questo significa che, per quel che attiene la CO_2 , è come se, a parità di missione, fosse stata sufficiente la metà del combustibile.

Figura 3.44: Miglioramento % del rendimento del motore

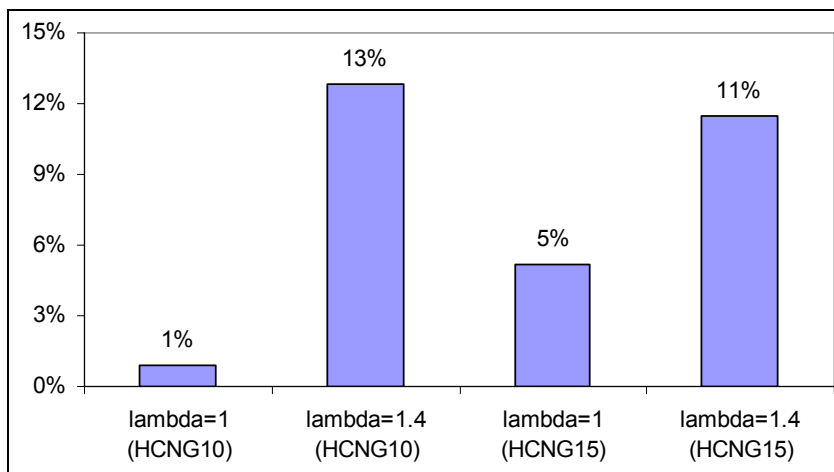
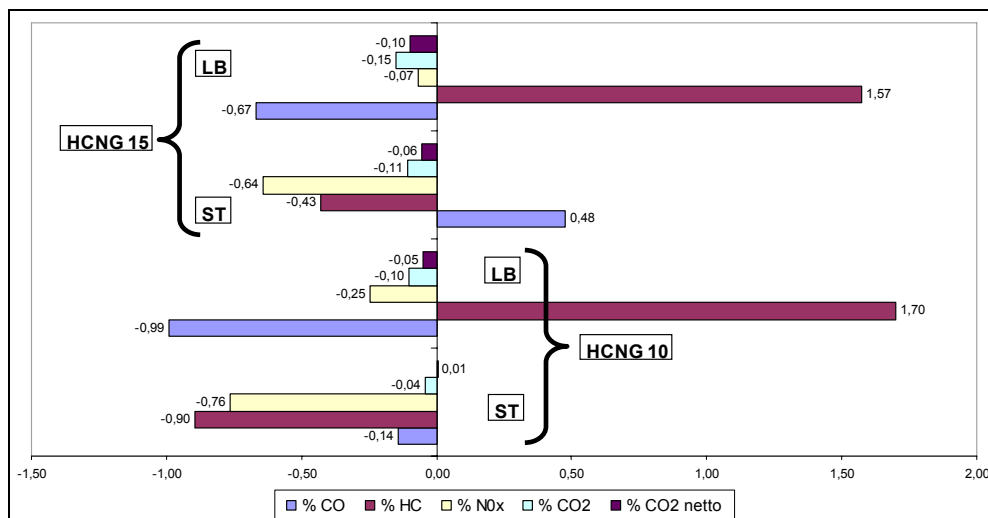


Figura 3.45: Variazioni % emissioni dal serbatoio alla ruota vs. metano



Quindi è come se il rendimento energetico fosse stato del 40%, un risultato molto migliore rispetto ad un motore alimentato ad idrogeno puro e vicino a quello ottenibile con una cella a combustibile.

In conclusione, possiamo dire che:

1. Quando l'idrogeno è disponibile in quantità limitata, ad es. da rinnovabili, occorre sfruttarlo al meglio, massimizzandone i benefici.

2. Anche l'idrogeno ottenuto da metano può essere utilizzato con un bilancio positivo in termini di emissione della CO₂ nei motori a combustione interna, purché in miscela e non da solo.
3. Le miscele metano-idrogeno nei motori a combustione interna offrono in definitiva un ottimo rapporto costi/benefici (ambientali ed energetici) sia rispetto al motore alimentato ad idrogeno puro, sia rispetto alla cella a combustibili.

3.9.2.3 GPL

Il GPL (gas di petrolio liquefatto) rientra nella categoria di prodotti sui quali l'Unione Petrolifera è direttamente impegnata. È un prodotto molto utilizzato in Italia, che vanta il primato nei consumi totali. È tuttavia nel settore autotrazione che l'Italia è di gran lunga leader in Europa sull'impiego del GPL con circa 1.400.000 veicoli alimentati da questo prodotto con un consumo complessivo di circa 1.300.000 tonnellate/anno, anche se negli ultimi tempi si sta registrando una certa flessione in questo settore.

Al pari del metano, il GPL può essere considerato a tutti gli effetti un ottimo *city fuel* per il quale peraltro non è necessario sviluppare la rete di distribuzione essendo la stessa già sufficientemente ampia. La rete di distribuzione del GPL infatti comprende oltre 2100 punti vendita che assicurano un'adeguata capacità di rifornimento su tutto il territorio nazionale. Ulteriori miglioramenti potrebbero comunque essere conseguiti con il potenziamento degli impianti già esistenti.

Una più ampia diffusione dell'impiego di GPL nei centri urbani contribuirebbe ad un concreto abbattimento delle concentrazioni di polveri nell'aria. Inoltre, per le sue caratteristiche chimico-fisiche, l'uso del GPL assicura un buon miglioramento della qualità dell'aria anche per tutti gli altri inquinanti.

3.9.2.4 Emulsioni acqua-gasolio

L'impiego di emulsioni acqua gasolio destinate ad un utilizzo in autotrazione è iniziato nel 1999 sia per motivazioni commerciali che per ragioni ambientali. Le emulsioni infatti si sono dimostrate utili per abbattere le emissioni di particolato dai veicoli alimentati con motori Diesel e per ridurre la presenza di fumo nero allo scarico.

Tali effetti sono particolarmente significativi nei veicoli destinati al trasporto pubblico sia perché la loro anzianità media è molto elevata e quindi è difficile pensare ad altre forme efficaci di controllo delle emissioni, ma soprattutto perché i loro scarichi avvengono principalmente in ambiente urbano aggravando situazioni già critiche dal punto di vista ambientale.

Esistono quindi tutti i presupposti per un'ampia diffusione sul mercato delle emulsioni perché alle elevate prestazioni ambientali la Pubblica Amministrazione ha associato una consistente incentivazione fiscale che ne rende attraente l'utilizzo anche dal punto di vista economico.

L'uso dell'emulsioni si è rilevato abbastanza agevole senza creare particolari problemi tecnici all'utenza, mantenendo sostanzialmente invariate le prestazioni dei veicoli. Si è però notato un aumento dei consumi di circa il 5%.

È necessario ricordare che le emulsioni sono attualmente commercializzabili solo in extra-rete, quindi al di fuori delle stazioni di servizio, e non possono essere destinate alle autovetture.

Per quanto riguarda la regolamentazione tecnica delle emulsioni questa è stata realizzata attraverso la cooperazione tra i soggetti rappresentati in UNI/CUNA, l'Amministrazione Pubblica ed i produttori di emulsioni. Tale lavoro è scaturito nella pubblicazione del DM 20 marzo 2000 – che definisce il campo di applicazione, le specifiche, la tipologia degli impianti di produzione e le modalità di immagazzinamento delle emulsioni stabilizzate.

Successivamente l'attività normativa si è concentrata sui metodi di prova procedendo ad un esame critico di questi metodi per adattarli al controllo delle emulsioni. Si è cercato di limitare le modifiche all'essenziale allo scopo ridurre il numero dei metodi da sottoporre a circuito interlaboratorio per determinare i nuovi dati di precisione.

Particolare attenzione è stata posta alla messa a punto dei metodi per valutare la stabilità alla centrifugazione, che è la caratteristica critica delle emulsioni stabilizzate oggetto del DM citato.

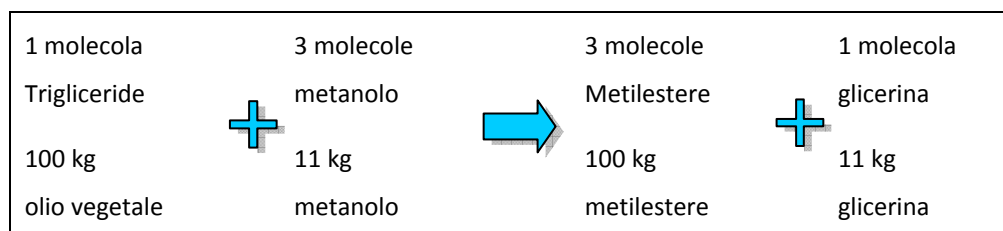
3.9.2.5 Biodiesel

Il biodiesel è ottenuto dalla transesterificazione degli oli vegetali; il prodotto finale ha una viscosità inferiore rispetto all'olio grezzo (circa 6-7 cSt a 20 °C – dello stesso ordine di grandezza di quella del gasolio); le caratteristiche a freddo sono tali da renderlo idoneo per quasi tutti i climi; è inoltre possibile aggiungere combustibile minerale in qualsiasi proporzione.

Il biodiesel è il biocarburante maggiormente diffuso nei paesi europei e la sua produzione industriale è concentrata quasi esclusivamente nel nostro continente. L'industria europea del biodiesel è in costante crescita, di pari passo con la continua espansione del relativo mercato, al punto che la produzione ha registrato nel 2006 un incremento del 54% rispetto a quella dell'anno precedente, arrivando a quasi 4,9 milioni di tonnellate.

I principali paesi produttori sono nell'ordine Germania, Francia e Italia, ma ben 11 paesi su 27 dell'Unione Europea presentano produzioni industriali superiori alle 50 kt nel 2006.

Figura 3.46: Transesterificazione degli oli vegetali



In Italia la produzione industriale di biodiesel è stata avviata a partire dal 1992 nell'ambito di un progetto dimostrativo europeo che riguardava solo Italia e Francia. Gli impianti oggi in funzione hanno una capacità produttiva stimata in circa 1,4 Mt/anno per l'anno in corso, con previsioni di ulteriori, sensibili incrementi per quelli successivi, ben superiori alle produzioni degli ultimi anni (447 kt, di cui però solo poco più di 177 kt per il mercato interno, nel 2006) [Fonti: EurObserv'ER – Biofuels Barometer, 2007].

Costi e rese agricole

Il costo di produzione del biodiesel è il problema più rilevante tra quelli citati poiché è elevato il costo della materia prima. Pertanto il suo utilizzo è attualmente possibile solo in regime di totale esenzione dell'accisa.

Altro ostacolo all'utilizzo massiccio del biodiesel è rappresentato dalle rese agricole. Si stima che, alle rese attuali, per ogni tonnellata di biodiesel è necessario coltivare ad oleaginose (principalmente colza e girasole) poco meno di un ettaro di terreno agricolo.

Problemi tecnologici

L'utilizzo del biodiesel puro ha evidenziato l'esistenza di alcuni problemi di carattere tecnologico:

1. Incompatibilità con alcuni materiali plastici (elastomeri) presenti nei motori: tubi di passaggio del combustibile e guarnizioni. Questi inconvenienti hanno una loro rilevanza quando il biodiesel viene utilizzato puro in quanto possono, deteriorando i materiali plastici, provocare l'intasamento degli iniettori e dare luogo a depositi nella camera di combustione. L'utilizzo di opportuni materiali (viton o teflon) permette di superare questo inconveniente.
2. Contenuto in acqua. Può raggiungere in alcuni casi 500 ppm, provocando, nei tempi lunghi, limitati fenomeni di corrosione nei serbatoi di stoccaggio. Pertanto lo stoccaggio deve avvenire con alcune cautele.

3. Punto di scorrimento e filtrabilità a freddo. Il biodiesel puro ha un "pour point" a -12 °C e mantiene una normale filtrabilità fino a -9 °C; al di sotto di questa temperatura si possono avere problemi di scorrimento nei condotti di adduzione del combustibile e problemi di intasamento dei filtri. L'aggiunta di additivi permette di portare il punto di scorrimento a -20 °C e il punto di filtrabilità a -15 °C.

Normativa (dal sito del CTI)

Il 30 aprile 2001 sono state pubblicate dall'UNI due norme nazionali, con il numero UNI 10946 (per autotrazione) e UNI 10947 (per riscaldamento) che sostituiscono la precedente UNI 10625. Tali norme, senza entrare nel merito delle caratteristiche prestazionali del prodotto come combustibile, definiscono i requisiti minimi del biodiesel sotto il profilo merceologico per impieghi differenti (autotrazione e riscaldamento); a tale scopo indicano, per una serie di caratteristiche essenziali, i valori minimi e massimi accettabili e, per la determinazione degli stessi, i metodi di prova da utilizzare, principalmente tramite richiamo ad altre norme UNI o ISO.

La legislazione nazionale, riprendendo le specifiche delle norme citate, definisce anche le caratteristiche fiscali che il biodiesel deve possedere per poter conseguire la esenzione di accisa.

Nel luglio 2003, infine, sono state pubblicate le seguenti due norme europee, poi aggiornate nel dicembre dello stesso anno:

- EN 14213 – Heating fuels. Fatty acid methyl esters (FAME). Requirements and test methods.
- EN 14214 – *Automotive* fuels. Fatty acid methyl esters (FAME) for Diesel engines. Requirements and test methods

Legislazione

L'attività industriale italiana per la produzione di biodiesel è decollata a seguito dell'approvazione della Legge 29 ottobre 1993 n. 247, poi confluita nel Testo unico sulle imposte sulla produzione ed il consumo ed approvato successivamente con il DLgs 504 del 26 ottobre 1995, che ha accordato l'esenzione fiscale al biodiesel.

In questa ottica di politica di incentivazione si inquadra il primo importante provvedimento legislativo nazionale del settore. Con il DM del 31 dicembre 1993 – Modalità di applicazione del trattamento agevolato per il biodiesel e criteri di ripartizione del contingente agevolato –, in seguito modificato dal DM 12/02/96, viene prevista la commercializzazione del biodiesel puro e in miscele con il gasolio con il vincolo che la commercializzazione fosse limitata

al segmento extrarete e che le miscele fossero preparate nei depositi fiscali, vincolo dettato dalla necessità di un maggiore controllo e per concentrare su un solo segmento di mercato il nuovo prodotto.

Ad oggi la materia è disciplinata dal Decreto del Ministro dell'Economia e delle Finanze 25 luglio 2003, n. 256 "Regolamento concernente le modalità di applicazione dell'accisa agevolata sul prodotto denominato biodiesel" (GU 12/9/2003, n. 212).

Tale decreto stabilisce che il biodiesel, nell'ambito di un programma triennale di durata dal 1° luglio 2001 al 30 giugno 2004 e nel limite di un contingente annuo di 300 kt, è esentato dall'accisa, con l'osservanza di alcune disposizioni, tra le quali si citano:

- possono essere avviate alla esterificazione oli vegetali senza alcun vincolo riguardo l'origine dei semi oleosi di provenienza;
- gli impianti di produzione devono presentare caratteristiche tecniche riconosciute idonee ai fini di adeguata concessione rilasciata in base alla normativa vigente.
- possono partecipare all'assegnazione delle quote gli impianti di produzione siti nel territorio dell'Unione europea che devono operare in regime di deposito fiscale;
- l'Ufficio tecnico di finanza, ovvero l'Ufficio delle dogane ove istituito, competente per territorio, segue, ai fini fiscali, il controllo della rispondenza del biodiesel destinato alla immissione in consumo alle caratteristiche indicate nella tabella riportata negli allegati al decreto;
- è consentita la miscelazione del biodiesel con l'olio da gas o con l'olio combustibile purché effettuata nei depositi fiscali;
- il biodiesel, in miscela con il gasolio, è avviato al consumo come carburante, nel rispetto delle vigenti disposizioni tecniche, con tenore in volume di biodiesel fino al 5% ovvero al 25%;
- le miscele gasolio-biodiesel con contenuto in biodiesel in misura inferiore o uguale al 5%, che rispettano le caratteristiche del gasolio previste dalla normativa vigente, possono essere avviate al consumo sia presso utenti extra-rete che in rete. Tali miscele possono essere stoccate promiscuamente con gasolio. Limitatamente al trasferimento tra depositi fiscali, sulla documentazione fiscale e commerciale delle stesse miscele, è apposta l'indicazione "gasolio contenente biodiesel fino al 5%";

- le miscele gasolio–biodiesel con contenuto in biodiesel pari al 25%, possono essere avviate al consumo solo presso utenti extra–rete. L’impiego in rete di tali miscele resta subordinato al rispetto delle norme tecniche emanate dalla Commissione tecnica di unificazione nell’autoveicolo (CUNA). Sulla documentazione fiscale e commerciale delle stesse miscele, è apposta l’indicazione “gasolio contenente biodiesel al 25%”.

Con la Legge Finanziaria 2007 il contingente esente è stato riportato a 25 kt/anno, anche se con accisa ridotta e non più in esenzione totale.

Vantaggi e svantaggi ambientali

Esiste una vasta letteratura tecnico–scientifica che documenta il minor impatto ambientale dei motori endotermici e dei bruciatori per caldaie alimentati a biodiesel rispetto a quelli alimentati a gasolio.

Anche se i dati sperimentali riportati in letteratura si riferiscono a:

- test effettuati su diversi tipi di motorizzazioni;
- diverse procedure di prova (R-49 ECE, 13 modi, ECE 15, EUDC ecc.);
- miscele biodiesel–gasolio diverse;
- gasoli e biodiesel di diversa composizione chimico–fisica;
- unità di misura diverse (g/kWh, g/km; g/Nm³).

Ed infine, ma non per ultimo, a fonti diverse che evidenziano maggiormente i risultati più favorevoli alle proprie posizioni, si possono trarre alcune conclusioni di carattere generale valide per i diversi tipi di inquinanti.

I maggiori vantaggi, dal punto di vista ambientale, si ottengono con l’utilizzo del biodiesel puro. Con miscele dal 2% al 5% non si hanno sensibili riduzioni e /o aumenti delle emissioni (regolamentate e non) rispetto all’utilizzo del gasolio ed il vantaggio principale è costituito dal recupero di lubricità che si può ottenere quando viene miscelato ai gasoli a basso tenore di zolfo. Per le miscele intermedie anche i vantaggi ambientali si situano in una situazione media tra l’utilizzo del biodiesel puro e quello in miscele al 2–5%. Inoltre i risultati migliori si ottengono con il binomio biodiesel–marmitta catalitica ossidante.

Ad esempio si portano i risultati della sperimentazione effettuata a cura dell’ATC di Bologna nel 2001. La sperimentazione si è svolta in un tunnel stradale (Ravone) a quel momento ancora chiuso al traffico veicolare. Attenzione particolare è stata riposta nei confronti delle polveri, delle quali oltre alle misure di Polveri Totali Sospese e PM₁₀, è stata eseguita anche una caratterizzazione in termini di massa e quantità di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Nel corso della sperimentazione sono state poste a confronto tre alternative: i) metano, ii) biodiesel, iii) emulsioni di due diversi tipi.

Il combustibile che ha dato risultati migliori è il metano, in particolare per la decisa riduzione di PM_{10} e conseguentemente di IPA (le quantità di IPA sono state non rilevabili in laboratorio).

Per quanto riguarda il biodiesel, si è rilevato:

- rimane sensibile un odore di “olio da cucina bruciato”;
- un leggero calo di prestazioni, e come conseguenza un aumento dei consumi, circa il 5–8%;
- i valori di opacità sono leggermente inferiori a quanto mediamente registrato impiegando gasolio tradizionale (circa 0,65 K-1) e comunque ampiamente inferiori ai limiti previsti (2,50 K-1).

Le analisi del particolato, sempre per il biodiesel, hanno evidenziato quanto segue:

- aumento delle concentrazioni di PM_{10} osservate;
- arricchimento in massa delle frazioni di PM_{10} inferiori a 2 μm ;
- contenuto di IPA di circa 2 volte quello del gasolio;
- fattore di tossicità complessivo del PM_{10} pari a circa 2 volte quello del gasolio;
- aumento delle concentrazioni di ossidi di azoto.

Va osservato che i mezzi utilizzati erano Euro I, per cui il problema del particolato, che nel biodiesel è convertibile più facilmente in quanto ne è prevalente la parte volatile, è risultato probabilmente più penalizzante che se la sperimentazione si fosse effettuata con mezzi più moderni.

Si osservi infine come il biodiesel ha un elevato grado di biodegradabilità. In caso di sversamento accidentale in ambiente, circa il 98% si degrada nelle prime tre settimane, il resto nelle 5 settimane successive.

3.9.2.6 ETBE

L'ETBE è un additivo alto-ottanico molto simile all'MTBE, rispetto al quale presenta alcune caratteristiche leggermente migliori: numero di ottano superiore e tensione di vapore inferiore (Tabella 3.14). Non esiste quindi alcuna controindicazione all'impiego di ETBE nelle benzine, andrebbe anzi favorita la sua utilizzazione.

Tabella 3.14: ETBE: caratteristiche blending e commerciali

		ETBE	BENZINA	MTBE
RON		116-120	95	116-120
MON		98-104	85	98-100
(R+M)/2		107-112	90	107-110
RVP	(kg/cm ²)	0,2-0,3	0,7-0,85	0,4-0,6
E 70 °C	(% vol)	20-30	40-42	60-70
Contenuto di ossigeno	(% peso)	15,7	----	18,2

L'ETBE è prodotto a partire da etanolo (o bioetanolo) ed isobutilene. Per passare dalla produzione di MTBE a quella di ETBE, è necessario cambiare la materia prima, associando all'isobutilene l'etanolo, anziché il metanolo.

La conversione della produzione da MTBE ad ETBE negli impianti in esercizio è possibile, ma comporta dei vincoli nella gestione. Infatti, il passaggio da una produzione all'altra è piuttosto complesso e quindi il nuovo assetto a ETBE deve essere mantenuto per un lungo periodo. Sono pertanto richiesti quantitativi di etanolo adeguati, di cui deve essere assicurato l'approvvigionamento costante.

L'etanolo può essere ottenuto per sintesi chimica, ma la produzione maggiore avviene per distillazione di prodotti agricoli di varia natura (bioetanolo). Attualmente per questo scopo sono impiegati i seguenti prodotti:

- cereali da amido (grano, mais ecc.);
- coltivazioni zuccherine (sorgo zuccherino, topinambur, bietola);
- prodotti ortofrutticoli eccedentari;
- residui e sottoprodotti agroindustriali (vinacce ecc.).

Ai fini dell'indifferenza dei costi, il bioetanolo dovrebbe presentare un prezzo d'acquisto per il produttore di ETBE pari a quello del metanolo.

Con l'eccezione della Svezia, tutte le proiezioni di impiego del bioetanolo in Europa sono sotto forma di ETBE. In base alla Direttiva 98/70 l'ETBE può essere impiegato nella benzina seguendo le stesse regole previste per l'MTBE, ossia fino al 15% in volume.

La Francia è il Paese europeo ad avere la più significativa produzione di etanolo per uso energetico. Si può stimare una produzione di 228.000 tonnellate di ETBE, alla quale sono state indirizzate 108.000 tonnellate di etanolo.

Anche l'etanolo prodotto in Spagna sarà dedicato alla produzione di ETBE. In Svezia esiste una piccola produzione locale che, in aggiunta ad acquisti sul mercato internazionale, soddisfa il consumo nazionale (qualche decina di migliaia di tonnellate l'anno), con un approccio tecnologico diverso rispetto a quello degli altri paesi europei. Infatti, in Svezia si impiega la miscela "E85", cioè etanolo all'85% in miscela col 15% di idrocarburi, per alimentare flotte di mezzi "dedicati" (autobus e taxi) con un circuito distributivo "dedicato".

3.9.2.7 Bioetanolo

L'etanolo come componente nella formulazione della benzina presenta numerose controindicazioni.

Numero di ottano insufficiente

Lo MTBE presenta un MON pari a 98-100 (Tabella 3.14), mentre l'etanolo solo 92 (Tabella 3.15). L'apporto ottanico dell'etanolo è dunque insufficiente e non può offrire contributi sostanziali al contenimento del tenore di aromatici. Negli Stati Uniti l'etanolo può essere impiegato perché il numero di ottano della benzina "Regular Unleaded" è inferiore di tre punti rispetto a quello della benzina senza piombo "Eurosuper" europea.

Tabella 3.15: Principali caratteristiche etanolo e confronto con una benzina tipica

		ETANOLO	BENZINA
RON		125	95
MON		92	85
RVP	kg/cm ²	1,3-1,5	0,7-0,75
Calore latente di evaporazione	kcal/kg	220	80
Potere calorifico	kcal/kg	6380	10.200
Solubilità in acqua (a 20 °C)	ppm	infinita	150-300

Tensione di vapore eccessiva

La tensione di vapore blending dell'etanolo è elevata (1,3–1,5 kg/cm²) a causa della formazione di composti azeotropici di minimo con gli idrocarburi aromatici (benzene). A titolo di esempio, l'aggiunta del 5% in volume di etanolo alla formulazione di una benzina accresce la tensione di vapore della miscela di circa 7 kPa.

Oltre a determinare una penalizzazione economica per l'espulsione dei butani (idrocarburi leggeri impiegati per modulare la tensione di vapore della benzina finita) dal blending delle benzine, tale aspetto rende incompatibile, nella maggior parte dei casi, l'impiego di etanolo con la specifica estiva della benzina, pari a 60 kPa, introdotta dalla Direttiva 98/70.

Ciò a meno di una esplicita deroga, che dovrebbe essere comunque concessa a livello UE.

Più elevata concentrazione di benzene nei vapori

La formazione di composti azeotropici col benzene è all'origine di una più elevata concentrazione di tale componente nelle emissioni evaporative nella catena logistica della benzina, durante il rifornimento dei veicoli e dai veicoli stessi (Tabella 3.16).

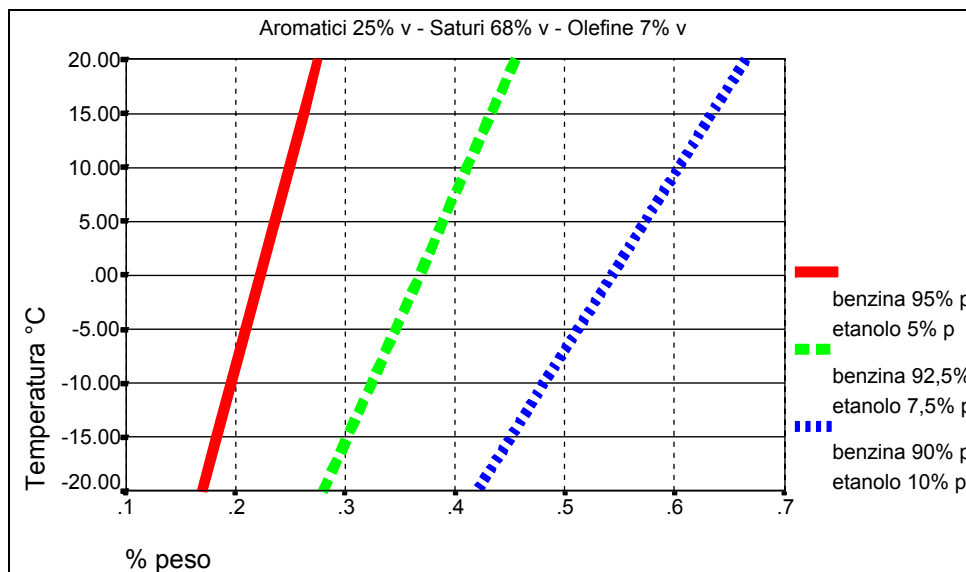
Tabella 3.16: Esempi di miscele azeotropiche "etanolo- idrocarburi aromatici"

	HC tal quale	Azeotropo con etanolo	
	Punto di ebollizione (°C)	Punto di ebollizione (°C)	% peso di HC
Benzene	80,1	67,9	68
Toluene	110,7	76,5	37

Solubilità in acqua

L'etanolo è caratterizzato da una solubilità infinita in acqua ed alla presenza di quantitativi anche modesti di questo elemento tende a dare luogo a separazione di fasi (l'etanolo si smiscela dagli idrocarburi, Figura 3.47).

Figura 3.47: Stabilità della miscela benzina-etanolo in presenza di acqua



In caso di smiscelazione, la parte idrocarburica può risultare non a specifica in termini di qualità ottanica e di tensione di vapore, rendendo difficoltoso o impossibile l'avviamento del motore.

La presenza di etanolo renderebbe impossibile alle società petrolifere garantire la qualità del prodotto erogato alla propria clientela. Peraltro, l'etanolo idrato non si presta alla miscelazione diretta in benzina, ma deve essere impiegato etanolo anidro.

Affinché non si verifichi la demiscelazione dell'etanolo in presenza di acqua nel sistema distributivo della benzina sono richieste le seguenti azioni:

- bonifica completa del sistema dalla presenza di acqua, con adattamento di linee e serbatoi per prevenire possibili ingressi accidentali;
- impiego continuato di benzine contenenti etanolo, per mantenere anidro il sistema;
- adozione delle precedenti precauzioni da parte di tutti gli operatori, per consentire le permutate di prodotto.

Il sistema logistico nazionale, caratterizzato da una forte presenza di cabotaggi e dalla prescrizione di spianamento con acqua di taluni oleodotti per ragioni di sicurezza, sembra quindi francamente incompatibile con l'utilizzo di etanolo in miscela con benzina.

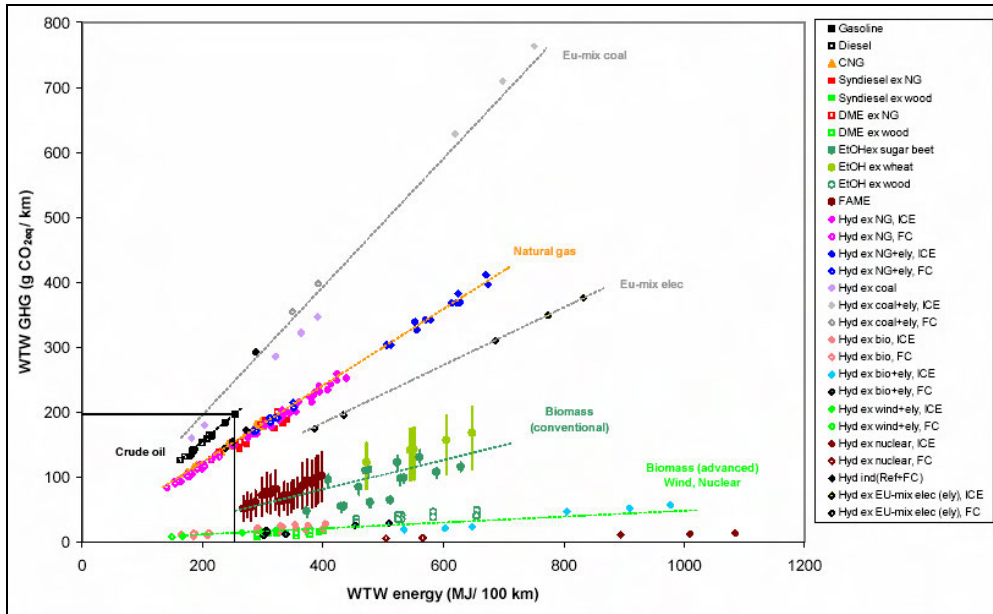
La forte defiscalizzazione necessaria per rendere economicamente sostenibile la miscelazione diretta di etanolo con la benzina può infine costituire un ostacolo alla sua diffusione.

3.9.3 Consumi diretti ed indiretti e bilancio della CO₂ per i combustibili alternativi

In proposito si faccia riferimento allo studio prodotto congiuntamente dalla Commissione Europea e dai produttori automobilistici (JRC) e di carburanti (CONCAWE), disponibile ad esempio sul sito del CONCAWE.

Nella Figura 3.48 sono riportati i risultati dell'analisi Well-To-Wheel, riferita ad una vettura media, per 7 diverse tipologie di vettore energetico primario (elettricità da carbone, elettricità da tutte le fonti (mix europeo), elettricità da nucleare ed elettricità da rinnovabili, gas naturale, biomasse convenzionali e biomasse innovative, più l'idrogeno, che è un vettore energetico secondario e come tale può derivare da tutti i vettori energetici primari precedentemente considerati. Per l'idrogeno sono state poi considerate due diverse modalità di utilizzo a bordo del veicolo, nei motori a combustione interna e nelle celle a combustibile.

Figura 3.48: Consumi energetici ed emissioni gas serra



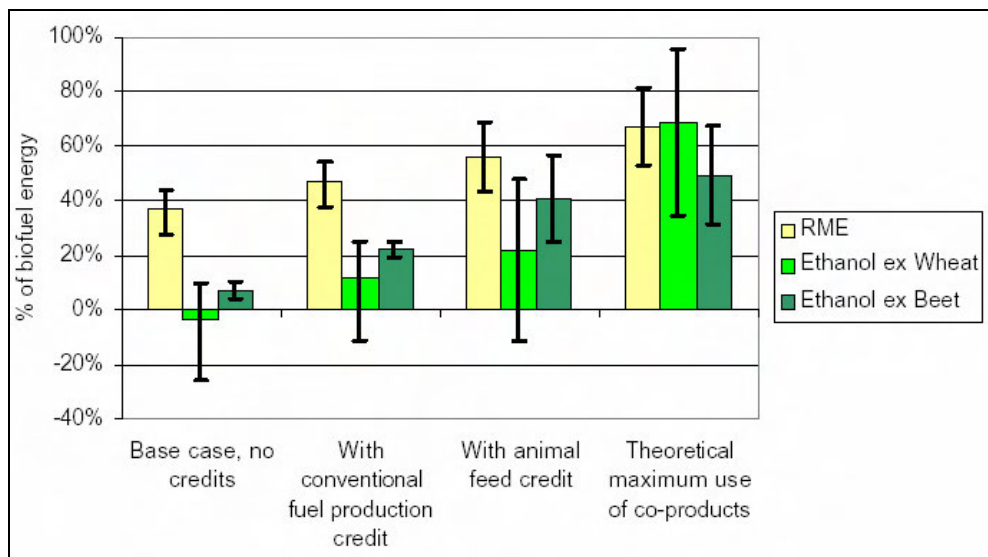
Per ognuna delle 29 alternative di motorizzazione elencate a destra, è stato quindi calcolato il consumo di energia in MJ/100 km e l'emissione di gas serra in grammi equivalenti di anidride carbonica per chilometro, riportati rispettivamente in ascisse ed ordinate.

Per un confronto più approfondito tra alcuni dei biocombustibili più diffusi (RME = olio di semi di colza, etanolo da cereali ed etanolo da barbabietole) si consideri la Figura 3.49, tratta dallo studio già citato JRC/EUCAR/CONCAWE.

Come si vede, nel caso del bioetanolo prodotto da cereali, il risultato netto, quando non si consideri l'introduzione di crediti, è addirittura negativo! Inoltre la produzione di biocarburanti in paesi senza una legislazione ambientale adeguata può portare a gravi danni sociali ed ecologici (deforestazione, minaccia delle risorse d'acqua, competizione per il terreno coltivato, monocolture ecc.). Al contrario, i biocarburanti prodotti a livello regionale hanno in genere un impatto positivo sull'occupazione.

In definitiva, la produzione e la fornitura di carburanti alternativi è sempre, direttamente o indirettamente, collegata al consumo di risorse come il suolo, la biomassa, le zone, il lavoro umano ecc. e quindi il loro utilizzo è sensato e sostenibile se questi carburanti vengono prodotti e consumati tenendo presenti tutti i diversi aspetti (logistica, veicoli innovativi ecc.).

Figura 3.49: Bilancio energetico netto per 3 tipi di biocombustibile



Riferimenti bibliografici

- [1] APAT, Annuario dei dati ambientali 2005-2006
- [2] "Monitoring of ACEA's Commitment on CO₂ Emission Reductions from Passenger Cars (2002). Final Report", 2003 Joint Report of the European Automobile Manufacturers Association and the Commission Services
- [3] T&E, European Federation for Transport and Environment, a cura degli Amici della Terra, 2006
- [4] Batteries Energy. Storage Technology, Autumn 2006
- [5] Victor Wouk "Hybrids: Then and Now", IEEE Spectrum, July 1995
- [6] SpecialAutoTechnology, FISITA Magazine, volume 5, 2005
- [7] Honda Insight, Press Information, September 1999
- [8] A. Genovese, R. Ragona, ENEA, "Experimentation of Hybrid Buses", 10th International Symposium "Transport and Air Pollution" 2001 – Boulder, Colorado
- [9] "New York City Transit Diesel Hybrid-Electric Buses: Final Results" DOE/NREL Transit Bus Evaluation Project, 2002
- [10] A. Genovese, R. Ragona ENEA, "Hybrid Fuel Cell us Experience in Turin: "On-road" experimental results", Electric Vehicles Symposium (EVS) -22, Yokohama, 2006
- [11] C. Fonsati, F. Lucidi, Micro-Vett "Applicazioni di architetture ibride a combustione interna e a cella a combustibile su veicoli da trasporto merci", ANAE, Bressanone, 2006
- [12] Gruppo PSA, Media Presentation, 7 Settembre 2004
- [13] "More details on GM Precept, GM's PNGV", SAE Autom. Magaz., Marzo 2000
- [14] L. Martellucci, La Sapienza, M. Santoro, ENEA, "MAGICA II Project: Experimental Results Analysis and Electronic Management Optimization", EVS-21, Monte Carlo, 2005
- [15] M. Ceraolo, Università di Pisa, E. Rossi, G. Pedè, ENEA, "Control of series Hybrid Electric Vehicles: algorithms and experimental test", EVS-17, Montreal, 2000
- [16] G. Lo Bianco, G. Pedè, A. Puccetti, E. Rossi, ENEA, G. Mantovani, ALTRA,. "Vehicle testing in ENEA drive train test facilities", SAE Conference, San Diego, 1999
- [17] M. Pasquali, G. Pedè, E. Rossi, ENEA, M. Ceraolo, S. Barsali, University of Pisa, "Control Experiences And Energetic Optimization Studies For A Series Hybrid Electric Vehicle" FISITA 2006, Yokohama
- [18] A. Consoli, Università di Catania "Gestione energetica del veicolo ibrido", 1997
- [19] G. Bernardini, M. Conte, L. De Andreis, F. Di Mario, G. Pedè, E. Rossi e R. Vellone, ENEA, "On the bench", Electric & Hybrid Vehicle Technology '97

- [20] M.Conte, G. Pede, V. Sglavo, ENEA, G.Mantovani, D. Gostoli, ALTRA, D.Macerata, Fiat Research Center, "High power lead-acid battery for heavy-duty HEV, on the road and laboratory performance and reliability assessment", SAE 2003 Transaction, Journal of Engines
- [21] M.Conte, E. Rossi, ENEA, "Safety and performance assessment for promotional introduction of electric scooters and power-assisted bikes in Italy", EVS-21, 2005, Monte Carlo
- [22] M. Ceraolo, G. Pede, "Techniques for Estimating the Residual Range of an Electric Vehicle", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 50, N. 1, January 2001.
- [23] A.Di Napoli, F.Crescimbeni, A. Lidozzi, L.Solero, University of Rome "ROMA TRE", M.Pasquali, G. Pede, M.Santoro, ENEA "Multi Input Power Electronic Converter", AutoTechnology 6/2004
- [24] G.Pede, M.Romanazzo, ENEA, E.Sciubba, La Sapienza, G.Giannini, AnsaldoBreda, "Sistema di accumulo elettrico "on board": un esempio di applicazione dei supercondensatori", "Technology. Memorie presentate da AnsaldoBreda a manifestazioni scientifiche", 2006
- [25] M.Pennese, M.Raimondi, MagnetiMarelli, A.Puccetti, ENEA "Sistema Starter-Alternator 12 V, Ibridizzazione dei Veicoli Convenzionali", Ingegneria dell'Autoveicolo, ATA, Gennaio 2007
- [26] P. Bolognesi, F.V. Conte, Università di Pisa, G. Lo Bianco, M. Pasquali, ENEA, "Hy-Sim: a Modular Simulator for Hybrid-Electric Vehicles "EVS 18, Berlin, 2001
- [27] A. Di Napoli, A. Lidozzi, L. Solero, University of Rome "ROMA TRE", M. Aresti, V. Ravello, Fiat Research Center, M.Pasquali, G.Pede, A. Puccetti, M.Santoro, ENEA, "A "Hardware-Emulated" Test Analysis of a PEM-Fuel-Cell Hybrid Powertrains" ICE 2005, Capri,
- [28] R. Cheli, G. Grande, Trenitalia SpA, R. Giglioli, Università di Pisa, R. Manigrasso, Politecnico di Milano, G. Pede, ENEA, "Rail-car hybrid trains to reduce fuel consumption and emissions", 7th World Congress on Railway Research, Montreal, 2006
- [29] A. Iacobazzi, S.Passerini, G.Pede, ENEA, A.Bobbio, G.Botto, Ansaldo Ricerche, "FC Vehicle Hybridisation: an affordable solution for an energy-efficient FC powered drive train", Journal of Power Sources 125 (2004), 280-291
- [30] The increasing demand of near-zero emissions for urban transportation, Gary Smyth (General Motors), ATA International Congress 2008
- [31] Future mobility from a fuels perspective Wolfgang Warnecke (Shell Global Solutions); Jörg Adolf, Karsten Wilbrand (Shell Germany), ATA International Congress 2008
- [32] A fuel cell vehicle that opens the door to the future: the Honda FCX Clarity becomes a reality, Thomas Brachmann (Honda R&D Europe), Sachito Fujimoto (Honda R&D Co.)

- [33] Sustainable biofuels for auto ignition combustion engines, Wolfgang Steiger (Volkswagen); Ingo Scholz (Volkswagen Group of America)
- [34] “Status and trends of Li-Ion battery technology for *automotive* applications”, Uwe Koehler (Johnson Controls), Global Powertrain Congress, 2008
- [35] “System concepts and components for powertrain electrification” Matthias Küssel, Dieter Kraft, Peter Zimmermann, Simon Czerny, Matthias Leiblein (Robert Bosch), ATA International Congress 2008
- [36] “Review of the strategic growth in the hybrid market for 2012 and beyond” Nicholas Tebbutt, Roberto Bruno-Bossio (Ricardo), ATA International Congress 2008
- [37] Toyota hybrid system - Review of mass production Experience”, Yoshiki Hashimoto (Toyota Motor Europe), ATA International Congress 2008
- [38] “Contribution of Suppliers to CO₂ Reduction”, Dr. Wolfgang Reik, LuK GmbH & Co. oHG, Bühl, Global Powertrain Congress, 2008
- [39] “How Can We Secure Sustainable Mobility in the Future?”, Christian Mohrdieck, Daimler, Global Powertrain Congress, 2008
- [40] “Sustainable Mobility – A Two Way Vision for the Future of Powertrain” Dr. Wolfgang Steiger VW, ATA Congress 2008
- [41] “Environmental Improvement of Passenger Cars (IMPRO-car)”, F. Nemry, G. Leduc, I. Mongelli, A. Uihlein, JRC-IPTS (2008) e bibliografia annessa
- [42] “On the road in 2020 - A life-cycle analysis of new automobile technologies”, Malcolm A. Weiss, John B. Heywood, Elisabeth M. Drake, A. Schafer, Felix F. AuYeung, MIT (2000)
- [43] Anup Bandivadekar et al., “ON THE ROAD IN 2035: Reducing Transportation’s Petroleum Consumption and GHG Emissions”, MIT (2008)

4 INDIRIZZI E PROVVEDIMENTI DI GOVERNO

4.1 L'Unione Europea

4.1.1 *Obiettivi e linee d'intervento*

Per molti decenni l'Unione Europea ha stentato ad elaborare una concreta azione nel settore dei trasporti; la svolta è avvenuta con il Trattato di Maastricht (noto anche come Trattato sull'Unione Europea, TUE), firmato il 7 febbraio 1992 ed entrato in vigore nel 1993, che ha sancito la creazione delle reti trans-europee come strumento per rafforzare la coesione economica fra gli Stati membri della Unione, annoverando fra esse anche la rete di trasporto (TEN-T). Nel Libro Bianco del presidente Delors per lo sviluppo delle reti trans-europee, il trasporto è indicato come prioritario rispetto ad energia e telecomunicazioni.

La politica comunitaria in materia di trasporti è stata rivolta a quattro obiettivi principali:

- l'accessibilità e la competitività di tutti i territori dell'Unione;
- la liberalizzazione degli scambi;
- lo sviluppo e l'armonizzazione delle condizioni di concorrenza dei servizi;
- la sostenibilità dello sviluppo.

Per quanto riguarda l'obiettivo di accessibilità territoriale, l'azione più importante è stata il co-finanziamento di progetti infrastrutturali, sia sulla rete trans-europea TEN-T sia sulle reti interne alle regioni in ritardo di sviluppo, attraverso le politiche di coesione.

Per la liberalizzazione degli scambi, principalmente l'Unione ha abolito i controlli alle frontiere interne ai paesi aderenti al trattato di Schengen.

Per stabilire condizioni di equa concorrenza è stato liberalizzato il mercato dei servizi di trasporto.

Infine, riguardo alla sostenibilità dello sviluppo del settore trasporti, l'azione comunitaria si è concentrata sulla sicurezza del trasporto, sulla certificazione ambientale dei veicoli stradali, sulla promozione di combustibili alternativi ai derivati del petrolio e delle modalità di trasporto a minor impatto energetico ed ambientale, sull'internalizzazione dei costi esterni (applicazione del principio di "chi inquina paga").

Trasversalmente, l'Unione Europea ha incentivato lo sviluppo di Intelligent Transportation Systems (ITS) per il monitoraggio ed il controllo della circola-

zione (stradale, ferroviaria, aerea e marittima) e per la gestione delle flotte commerciali.

Nel seguito del paragrafo saranno esaminati dapprima i principali documenti di indirizzo strategico susseguiti dai primi anni 90 ai giorni nostri, seguendo così l'evoluzione storica della politica comunitaria in tema di trasporti; successivamente sarà fornito il quadro dei provvedimenti finanziari e normativi adottati per aree tematiche; infine verrà dato conto delle iniziative più recenti in tema di sostenibilità (Greening Transport Package) e del dibattito intorno ad esse.

4.1.2 Documenti d'indirizzo

4.1.2.1 I "Libri Bianchi"

Il *primo Libro Bianco* della Commissione sullo sviluppo della politica comune dei trasporti, pubblicato nel 1992, mette l'accento sull'apertura del mercato del trasporto.

Più recentemente, nell'ottobre del 1999, il *Consiglio Europeo di Helsinki* stabilisce la necessità di integrare i criteri di salvaguardia ambientale e di sostenibilità dello sviluppo all'interno della politica comunitaria sui trasporti, indicando i seguenti obiettivi settoriali e relativi provvedimenti:

- contenimento della crescita del traffico attraverso misure di pianificazione territoriale e tariffazione d'uso delle infrastrutture;
- riequilibrio modale mediante la promozione del trasporto pubblico in città e del trasporto combinato ed intermodale per le merci;
- riduzione delle emissioni specifiche di CO₂ e del rumore attraverso l'*improvement* tecnologico dei veicoli.

Il *Libro Bianco dei Trasporti del 2001* [1] ribadisce gli obiettivi di Helsinki e completa l'elenco aggiungendovi la riduzione della congestione e l'aumento della sicurezza stradali, l'aumento del livello di soddisfazione degli utenti dei servizi di trasporto.

Rispetto al primo Libro Bianco il quadro di riferimento è molto mutato: la mobilità delle persone e delle merci è cresciuta a tassi molto sostenuti, con conseguenze sui consumi energetici, sugli impatti ambientali, sui livelli di servizio delle reti; d'altro canto, il mercato dei servizi ferroviari è diventato una realtà, la rete trans-europea dei treni ad alta velocità è in fase di realizzazione avanzata, il traffico aereo presenta il livello di sicurezza più elevato del mondo, sono migliorate le prestazioni energetiche ed ambientali dei veicoli, la ricerca ha sviluppato le tecniche più moderne per realizzare il programma di navigazione via satellite e nuovi sistemi telematici applicati ai trasporti (ITS).

Il programma d'azione del Libro Bianco comprende una sessantina di azioni per realizzare un sistema di trasporto in grado di riequilibrare i modi, rilanciare le ferrovie, promuovere il trasporto marittimo e fluviale e gestire con successo la crescita del trasporto aereo, rispondendo alla strategia di sviluppo sostenibile concordata dal Consiglio Europeo di Göteborg nel giugno del 2001.

Per quanto riguarda il settore stradale, il trasporto di merci è un settore target, poiché le previsioni per il 2010 indicano un aumento del 50%, con gravi ripercussioni su congestione, consumi ed impatti sull'ambiente; alcune piccole imprese hanno difficoltà a mantenere la loro redditività.

Le proposte della Commissione mirano a:

- uniformare il tempo di guida degli autotrasportatori con un massimo di 48 ore alla settimana in media (eccetto per i conducenti liberi professionisti);
- avvicinare le norme nazionali in materia di divieto di circolazione degli autocarri il fine settimana;
- introdurre un attestato di conducente che permette di verificare la regolarità della situazione occupazionale del conducente;
- sviluppare la formazione professionale;
- promuovere l'uniformità della legislazione nel settore dei trasporti su strada;
- armonizzare le sanzioni e le condizioni di immobilizzazione dei veicoli;
- aumentare il numero di controlli;
- incoraggiare gli scambi d'informazione;
- rafforzare la sicurezza stradale per dimezzare il numero di morti entro il 2010;
- garantire tasse armonizzate del carburante da trasporto per uso professionale riducendo le distorsioni concorrenziali sul mercato liberalizzato del trasporto stradale.

Per la sicurezza stradale si esprime la volontà di armonizzare segnaletica normativa, sanzioni e controlli sulla rete stradale trans-europea, introducendo sanzioni penali univoche per comportamenti di guida pericolosa e lo stato di ebbrezza o l'uso di stupefacenti; inoltre si auspica un accordo con l'industria automobilistica per l'introduzione di sistemi di sicurezza attiva sui nuovi veicoli (controllo della distanza, anticollisione e sorveglianza del livello di attenzione dei conducenti) e per l'elaborazione di norme nella progettazione delle parti anteriori dei veicoli per la protezione di ciclisti e pedoni; le misure sarebbero state definite all'interno di un nuovo programma d'azione sulla sicurezza stradale.

Nel settore ferroviario, sebbene il successo dei nuovi servizi di treni ad alta velocità abbia permesso una crescita significativa del trasporto di viaggiatori su lunga distanza, rimangono diverse problematiche da affrontare: la mancanza di infrastrutture adeguate al trasporto moderno, l'assenza d'interoperabilità tra le reti ed i sistemi, le scarse ricerche sulle tecnologie innovative e la dubbia affidabilità di un servizio che non risponde alle necessità dei cittadini. Per farvi fronte la Commissione propone un pacchetto di cinque misure (secondo pacchetto ferroviario) per la liberalizzazione e l'armonizzazione tecnica delle ferrovie, al fine di rilanciare le ferrovie grazie alla costruzione in tempi rapidi di uno spazio ferroviario europeo integrato. Questo "pacchetto ferrovia" dovrebbe essere completato da altre misure previste nel Libro bianco, intese a:

- garantire servizi ferroviari di grande qualità;
- eliminare gli ostacoli all'entrata del mercato dei servizi ferroviari di merci;
- migliorare le prestazioni ambientali del trasporto merci ferroviario;
- dedicare gradualmente al trasporto merci una rete di linee ferroviarie;
- aprire gradualmente il mercato del trasporto ferroviario di passeggeri;
- migliorare i diritti dei passeggeri ferroviari.

Per il trasporto aereo, i problemi sono il tasso di crescita, la saturazione del cielo e il mantenimento dei livelli di sicurezza e la tutela dell'ambiente: la quota del trasporto aereo nel trasporto di passeggeri dovrebbe raddoppiare tra il 1990 ed il 2010 e passare dal 4% all'8%. Il trasporto aereo è responsabile del 13% delle emissioni di CO₂ attribuite ai trasporti. I ritardi causano un sovrac consumo di carburanti del 6%.

La creazione del cielo unico europeo costituisce una delle priorità attuali, da perseguire attraverso:

- un quadro regolamentare basato su regole comuni di uso dello spazio aereo;
- una gestione comune civile/militare del traffico aereo;
- un dialogo con le parti sociali per stabilire accordi tra le organizzazioni interessate;
- una cooperazione con Eurocontrol;
- un sistema di sorveglianza, ispezioni e sanzioni per garantire l'attuazione effettiva delle norme.

Oltre alle misure per ristrutturare lo spazio aereo, la Commissione auspica l'armonizzazione del livello tecnico dei controllori, mediante la creazione di una licenza comunitaria per i controllori di volo. Parallelamente alla realizzazione del cielo unico, l'uso più efficace delle capacità aeroportuali presuppone la creazione di un nuovo quadro regolamentare concernente:

- la modifica dell'attribuzione delle fasce orarie, ossia il diritto di atterrare a/decollare da un aeroporto ad un'ora specifica; a tal fine, la Commissione proporrà dei nuovi regolamenti;
- una modifica degli oneri aeroportuali per incoraggiare la ripartizione dei voli nel corso della giornata;
- norme ambientali per limitare le conseguenze nocive per l'ambiente. Il trasporto aereo è confrontato a problemi come l'inquinamento acustico generato dal traffico. L'UE deve tenere conto degli impegni internazionali nel quadro dell'ICAO (International Civil Aviation Organisation). A tale riguardo, la Commissione Europea ha appena adottato una proposta di direttiva che permetterà agli aeroporti europei di vietare gli aerei più rumorosi. Entro il 2020 l'ICAO dovrà anche prendere misure concrete per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra. Sono anche all'esame la tassazione del kerosene e la possibilità di applicare l'IVA ai biglietti aerei;
- l'intermodalità con la ferrovia ai fini di una complementarità tra questi due modi di trasporto, in particolare ogni qualvolta si presenti un'alternativa ferroviaria ad alta velocità;
- la creazione di un responsabile europeo della sicurezza aerea (EASA) per preservare l'alto livello di sicurezza;
- la promozione dei diritti di passeggeri, tra cui l'eventuale corresponsione di indennità quando sono vittime di ritardi o negato imbarco.

Il trasporto marittimo e fluviale sono considerati elementi chiave per lo sviluppo dell'intermodalità e la sostenibilità del settore; consentono di aggirare le strozzature tra la Francia e la Spagna nei Pirenei o tra l'Italia ed il resto dell'Europa nelle Alpi, come pure tra la Francia ed il Regno Unito ed in futuro tra la Germania e la Polonia. La creazione di una rete di *Autostrade del Mare* è indicato fra i progetti TEN-T prioritari.

La Commissione propone un nuovo quadro legislativo per i porti che miri a:

- stabilire nuove norme più chiare in materia di pilotaggio, manutenzione, docker ecc.;

- semplificare le norme di funzionamento dei porti e riunire tutti i soggetti interessati della catena logistica (caricatori, armatori, trasportatori ecc.) in uno sportello unico.

Per il trasporto fluviale, gli obiettivi sono:

- eliminare le strozzature;
- uniformare le prescrizioni tecniche;
- armonizzare i certificati di guida e le condizioni sul tempo di riposo;
- creare sistemi di aiuti alla navigazione.

Per la promozione dell'intermodalità merci è invocato più sostegno agli integratori del trasporto merci e preannunciata la standardizzazione delle Unità di Carico Intermodali; inoltre, in sostituzione del programma PACT (azioni pilota per il trasporto combinato), viene lanciato il programma di sostegno Marco Polo, con un quadro finanziario per il periodo 2003–2006 pari a 75 milioni di euro. A differenza del programma PACT, Marco Polo fissa obiettivi quantificati e verificabili di trasferimento modale. In maniera più specifica si tratta di mantenere, per il 2010, la ripartizione del traffico tra i vari modi di trasporto ai livelli del 1998. Il programma è incentrato sulla promozione di servizi commerciali sul mercato del trasporto merci e non concerne né ricerca e sviluppo né le misure a favore delle infrastrutture.

Il programma contribuisce al finanziamento di tre tipi di progetto:

- aiuti per la fase di avviamento di nuovi servizi di trasporto merci non stradale; i costi di creazione di un nuovo servizio possono essere finanziati a concorrenza del 30%;
- azioni catalizzatrici per progetti innovativi volti a compensare le insufficienze strutturali dei mercati. Ad esempio la creazione di *Autostrade del Mare* o di servizi internazionali di trasporto ferroviario di merci di qualità, gestiti sulla base di uno sportello unico. Queste azioni dovrebbero modificare la maniera di praticare il trasporto non stradale di merci e di gestire le reti trans-europee di trasporto o i corridoi paneuropei. L'importo massimo dell'aiuto è del 35%;
- azioni comuni di apprendimento. L'obiettivo è di consolidare la cooperazione e lo scambio di know-how fra gli operatori del mercato della logistica del trasporto merci al fine di migliorare le prestazioni ambientali del settore. Il contributo finanziario comunitario è limitato al 50%.

Il programma Marco Polo è applicato ad azioni che riguardano il territorio di almeno due Stati membri o che riguardano il territorio di almeno uno Stato membro e il territorio di un paese terzo vicino.

Nel settore del finanziamento delle infrastrutture e delle regolamentazioni tecniche, la Commissione propone:

- una modifica delle regole di finanziamento per la rete transeuropea portando al 20% il tasso massimo di finanziamento comunitario, con riguardo ai progetti ferroviari transfrontalieri che attraversano barriere naturali, catene di montagne o tratti di mare ed ai progetti relativi alle zone di frontiera dei paesi candidati all'adesione;
- la realizzazione di un quadro comunitario che permetta di finanziare progetti ferroviari mediante la tariffazione sugli itinerari concorrenti;
- una direttiva per garantire l'interoperabilità dei sistemi di pedaggio sulla rete stradale transeuropea.

Il primo obiettivo è la realizzazione delle grandi infrastrutture previste dal programma di reti transeuropee (TEN) e delle priorità individuate dal Consiglio europeo di Essen nel 1994 (eliminazione delle strozzature nei grandi assi)⁶⁷. Le priorità individuate sono le seguenti:

- completare gli attraversamenti alpini per ragioni di sicurezza e di capacità;
- garantire la permeabilità dei Pirenei, ultimando il collegamento ferroviario Barcellona-Perpignan;
- TGV⁶⁸/trasporto combinato Stuttgart-Munich-Salzburg/Linz-Vienna, Fehmarn che collegano la Danimarca alla Germania; navigabilità del Danubio tra Straubing-Vilshofen; sistema di radionavigazione Galileo; rete TGV iberica; linea ferroviaria Verona-Napoli e Bologna-Milano; estensione verso Nîmes del TGV Europa meridionale;
- rafforzare la sicurezza nei tunnel grazie a norme di sicurezza specifiche sia sui tunnel ferroviari che stradali.

Fra le linee di intervento di carattere trasversale si ricordano l'internazionalizzazione dei costi esterni e l'armonizzazione delle tariffe dei servizi di trasporto e delle accise sui carburanti.

In materia di tariffazione dell'uso delle infrastrutture, la Commissione propone:

⁶⁷ Vedi par. successivo.

⁶⁸ TGV è l'acronimo di Train of Grand Vitesse (treno ad alta velocità delle ferrovie statali francesi).

- una direttiva quadro sui principi di tariffazione dell'uso delle infrastrutture e la struttura degli oneri, comprese una metodologia comune per la tariffazione dei costi interni ed esterni che miri a creare una concorrenza equa tra i modi. Nel settore dei trasporti stradali, gli oneri saranno modulati in funzione delle prestazioni ambientali dei veicoli (emissioni di gas e di rumore), del tipo di infrastruttura usata (autostrade, strade nazionali ed urbane), della distanza percorsa, del peso e del livello di congestione. Nel settore ferroviario, gli oneri saranno modulati secondo la penuria delle capacità di infrastruttura e degli inconvenienti ambientali. Nel settore marittimo, le misure proposte saranno collegate alla sicurezza marittima.
- una direttiva sull'interoperabilità dei sistemi di pedaggio applicati alle reti stradali trans-europee.

In materia di fiscalità dei carburanti, la Commissione propone di differenziare la tassazione dei carburanti per uso privato e professionale (direttiva sulle accise) e di stabilire tasse armonizzate per il carburante per uso professionale.

Il Libro Bianco, inoltre, dichiara la necessità di promuovere l'utilizzo di carburanti alternativi, con particolare riferimento al trasporto stradale urbano; indica nei biocarburanti la risposta di breve periodo, nel gas naturale la risorsa di medio periodo, nell'idrogeno la speranza per il futuro.

Riguardo alle tecnologie applicate ai trasporti, le priorità di ricerca sono attribuite alla sicurezza del trasporto aereo, al miglioramento delle prestazioni ambientali dei velivoli, alle fonti energetiche rinnovabili, all'efficienza energetica dei veicoli e del sistema nel suo complesso.

I sistemi di trasporto intelligenti (ITS) sono indicati come uno strumento interessante per rendere più sicuro e efficiente il sistema di trasporto europeo; il loro sviluppo è previsto all'interno del piano d'azione comunitario eEurope, essendo Galileo il progetto catalizzatore; sono indicati come prioritari i sistemi di gestione del traffico, i servizi d'informazione all'utenza, i sistemi ITS per il trasporto merci e il pagamento elettronico; è previsto lo sviluppo rapido di una rete europea di centri di gestione del traffico e di informazione stradale, con un finanziamento di circa 200 milioni di euro ed una mobilitazione di capitale per circa 1,2 miliardi di euro. Il sistema europeo ERTMS di gestione del traffico ferroviario, sviluppato a partire dagli anni 90, viene considerato un elemento essenziale per l'interoperabilità delle reti nazionali; analogamente, si prevede il coordinamento del traffico marittimo attraverso la creazione di una rete trans-europea di gestione e informazione del traffico marittimo che dovrebbe permettere di rafforzare la gestione e la sorveglianza del traffico, di ridurre il carico amministrativo dei comandanti delle navi e di ridurre i tempi di reazione in caso di incidenti in mare.

Nel Riesame del Libro Bianco [2] del 2006, la Commissione, pur ribadendo i principi già enunciati nel 2001, sottolinea che il contesto della politica comunitaria dei trasporti è nuovamente cambiato:

- con l'allargamento l'UE ha assunto una dimensione continentale;
- la mondializzazione dell'economia ha modificato i flussi commerciali e incrementato la domanda, in particolare verso i paesi emergenti, creando grandi imprese logistiche di respiro mondiale;
- la *governance* europea è in evoluzione; il quadro giuridico di base del mercato interno è ampiamente stabilito e attualmente molto dipende dalla sua applicazione effettiva e concreta; la Commissione si sforza d'altro canto di semplificare la regolamentazione;
- gli accordi internazionali in materia di ambiente pongono obiettivi stringenti che devono essere integrati nella politica dei trasporti;
- il livello elevato dei prezzi del petrolio influisce sul settore e costituisce un incentivo a migliorare il rendimento energetico;
- si assiste a un consolidamento a livello europeo, in particolare nel settore aereo e in quello marittimo;
- i trasporti si trasformano rapidamente in un settore di alta tecnologia; fra i settori prioritari di ricerca, i più promettenti sono: i sistemi di trasporto intelligenti, che usano la comunicazione, la localizzazione satellitare e l'automazione per migliorare le prestazioni e le condizioni d'uso delle infrastrutture e dei veicoli; le tecnologie che permettono di migliorare il rendimento energetico dei veicoli; la formulazione di carburanti alternativi ai derivati del petrolio;
- la minaccia rappresentata dal terrorismo ha avuto ripercussioni sul settore dei trasporti.

Secondo il nuovo documento della Commissione, le misure previste nel 2001 non saranno sufficienti per conseguire gli obiettivi fissati inizialmente; è necessario quindi disporre di una serie più ampia e flessibile di strumenti di azione. Inoltre, visto che il settore dei trasporti è per sua stessa natura legato a problematiche internazionali, la Commissione desidera inserire la propria politica nell'ambito di relazioni più ampie con i paesi terzi.

La Commissione intende sviluppare forme di cooperazione politica e di dialogo industriale con i principali partner commerciali e gruppi regionali, soprattutto in vista della conclusione di accordi. Inoltre desidera elaborare un quadro strategico per estendere i principali assi del mercato interno dei trasporti e creare una rete con i paesi vicini che lo desiderano.

Nel settore del trasporto stradale la Commissione intende istituire regole comuni in materia di qualifiche professionali e condizioni di lavoro, che attualmente variano molto da uno Stato membro all'altro. Inoltre intende intervenire per ridurre le differenze eccessive fra i livelli di tassazione sui carburanti.

Per il trasporto ferroviario la Commissione mira prioritariamente ad attuare l'acquis comunitario grazie al sostegno degli organismi di regolamentazione negli Stati membri, accelerare gli sforzi per eliminare gli ostacoli tecnici e operativi al traffico internazionale, istituire una rete dedicata al trasporto merci per ferrovia nell'ambito di una politica della logistica dei trasporti, organizzare la sorveglianza del mercato ferroviario, con l'introduzione di un quadro di indicatori.

Anche se la ristrutturazione e l'integrazione del mercato interno del settore aereo sono giunte a buon punto e la clientela beneficia degli sviluppi relativi, in questo campo la Commissione esprime la volontà di ampliare il mercato interno ed estenderne gli effetti positivi ai collegamenti aerei con i paesi terzi; completare l'istituzione del cielo unico europeo per migliorare l'efficienza del trasporto aereo nell'UE; investire per aumentare le capacità aeroportuali, chiarendo contemporaneamente le regole relative alle tasse; ridurre l'impatto ambientale della rapida crescita del traffico.

Secondo la Commissione, lo sviluppo del trasporto marittimo deve affrontare due grandi sfide:

- la realizzazione di uno spazio interno della navigazione. In virtù delle regolamentazioni internazionali, le rotte marittime fra Stati membri sono considerate come rotte esterne. La Commissione desidera quindi avviare una consultazione per elaborare una strategia completa per l'istituzione di uno « spazio marittimo comune »;
- lo sviluppo delle capacità portuali. Per assorbire la crescita marittima prevista, è necessario effettuare investimenti nei porti per migliorarne ed estenderne i servizi, puntando sulla concorrenza e sull'introduzione di norme chiare in materia di contributi del servizio pubblico.

Anche la logistica figura fra i punti su cui la Commissione intende concentrare la propria azione, mediante l'elaborazione di un quadro strategico, seguito da una consultazione finalizzata a produrre un piano di azione.

In materia di finanziamento delle infrastrutture, secondo la Commissione le prospettive finanziarie per il periodo 2007–2013 prevedono una crescita limitata del bilancio disponibile per le TEN. L'UE dovrà quindi concentrare i propri mezzi di cofinanziamento sulle sezioni transfrontaliere critiche e sulle principali strozzature. Sarà inoltre necessario elaborare nuovi modelli di ingegneria finanziaria .

La Commissione propone di riesaminare le regole in materia di condizioni di lavoro, in un contesto in cui si riscontrano variazioni notevoli nel costo della mano d'opera. La Commissione desidera inoltre avviare un dialogo per applicare anche nel settore marittimo la convenzione dell'Organizzazione internazionale del lavoro.

Pur rilevando che i diritti dei passeggeri sono stati rafforzati negli ultimi anni, la Commissione ritiene che le autorità nazionali debbano trattare i reclami con maggiore attenzione. Pertanto desidera esaminare i possibili strumenti di intervento per promuovere una migliore qualità del servizio e assicurare i diritti fondamentali per i passeggeri di tutti i modi di trasporto, in particolare per le persone a mobilità ridotta.

La Commissione sottolinea i progressi compiuti nel settore della sicurezza, soprattutto con la creazione di una "lista nera" delle compagnie aeree poco sicure. La Commissione desidera completare le norme di sicurezza, nel settore marittimo con il terzo pacchetto legislativo e in quello stradale con le iniziative CARS 21 e eSafety.

In materia di protezione, la Commissione intende perfezionare l'insieme delle misure attuate dopo gli attentati dell'11 settembre 2001, estendendo le norme di protezione ai trasporti terrestri e intermodali così come alle infrastrutture critiche.

La Commissione desidera integrare in modo trasversale l'innovazione nella politica dei trasporti, per accelerare la messa a punto di alcune soluzioni.

Dispositivi di sicurezza intelligenti e nuovi modi di comunicazione e gestione del traffico potrebbero agevolare la mobilità e l'integrazione delle reti europee; nel contempo è necessario fare progressi nell'efficienza energetica dei veicoli e nell'utilizzo di nuovi combustibili; tutti i modi di trasporto devono poter beneficiare di mezzi perfezionati di comunicazione, navigazione e automazione, che si appoggiano in particolare sul sistema Galileo. In questa ottica rientrano i programmi Automobile Intelligente, SESAR per il trasporto aereo, il sistema ERTMS per il settore ferroviario e il SIF per il trasporto su idrovia. La Commissione desidera inoltre sviluppare iniziative analoghe nel settore marittimo (programma marittimo elettronico - "e-marittime"); nel contempo è necessario fare progressi nel campo dell'efficienza energetica dei veicoli e nell'uso di fonti energetiche alternative al petrolio.

Nel luglio 2008 la Commissione ha approvato il "Greening Transport Package" nel quale viene definito un modello unico, trasparente e comprensibile per la valutazione di tutti i costi esterni.

4.1.2.2 Il Libro Verde sulle politiche dei trasporti in ambito urbano e la Strategia Tematica sull'Ambiente Urbano

Come annunciato nella revisione del Libro Bianco, a fine 2007 la Commissione presenta un Libro Verde sulle politiche dei trasporti in ambito urbano [3].

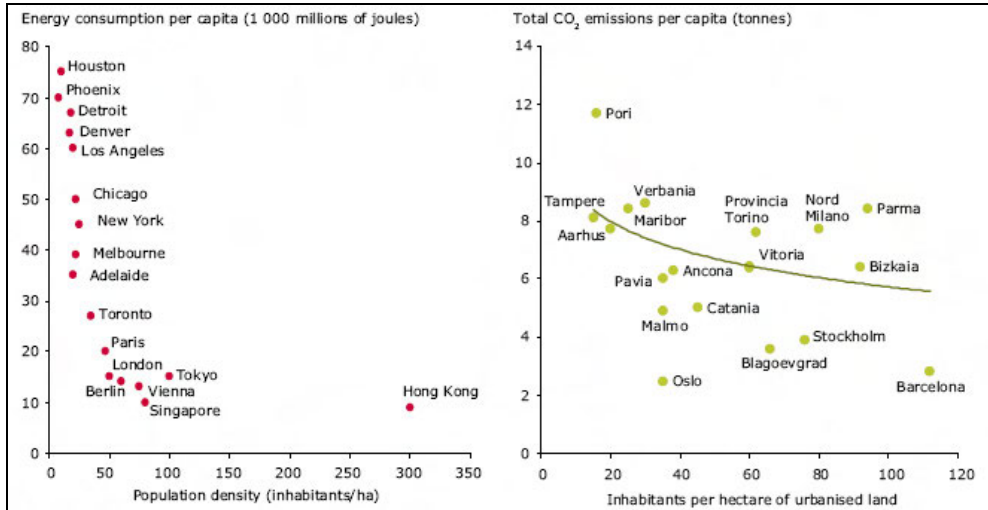
Nel gennaio del 2006 la Commissione aveva emanato una comunicazione dal titolo "Strategia tematica sull'ambiente urbano" (STAU) [4], nella quale i trasporti erano citati come una delle principali cause dei problemi ambientali delle aree urbane e veniva sottolineata l'insostenibilità delle continue situazioni di congestione del traffico. Fra le cinque misure d'intervento previste nel documento della Commissione figuravano i piani per il trasporto urbano sostenibile, con una visione di lungo periodo e lo scambio di esperienze positive ("best practice") attraverso uno specifico programma di circolazione e certificazione delle informazioni da inserire all'interno delle politiche di coesione 2007-2013; tuttavia i nuovi strumenti integrati di pianificazione e gestione ambientale non sono resi obbligatori.

Con il nuovo Libro Verde, la Commissione intende rivendicare la propria competenza in un campo d'azione che, secondo il principio di sussidiarietà sarebbe appannaggio delle Amministrazioni Locali; secondo la Commissione, però, nelle politiche comunitarie non si può ignorare un settore fondamentale della mobilità quale il trasporto urbano, soprattutto a causa delle sue importanti implicazioni energetiche, ambientali e sulla sicurezza; inoltre le problematiche da affrontare sono simili in tutti i paesi membri, nonostante le diverse realtà.

Secondo le analisi della Commissione, circa il 60% della popolazione comunitaria vive in città con più di 50.000 abitanti e circa l'80% vive in contesti comunque urbanizzati; dai dati delle Nazioni Unite, le città consumano il 75% delle risorse e producono il 75% dei rifiuti dell'intero pianeta; il 40% delle emissioni di gas serra su strada deriva dal trasporto urbano; nonostante la sensibile riduzione delle emissioni nocive del traffico stradale, conseguente all'adozione di standard emissivi comunitari per le autovetture, le concentrazioni dei principali inquinanti (PM₁₀ e NO_x) nelle aree urbane rimangono elevate, con frequenti "sforamenti" dei limiti consentiti; un incidente fatale su tre avviene in area urbana; i costi complessivi della mobilità urbana sono stimati pari a circa il 2% del PIL comunitario.

La questione fondamentale, attualmente scarsamente considerata, è il processo di dispersione territoriale delle residenze urbane: dal 1996 al 2001 quasi tutte le città europee hanno perso popolazione a vantaggio delle aree periurbane; attualmente un terzo degli impiegati dell'Unione è pendolare.

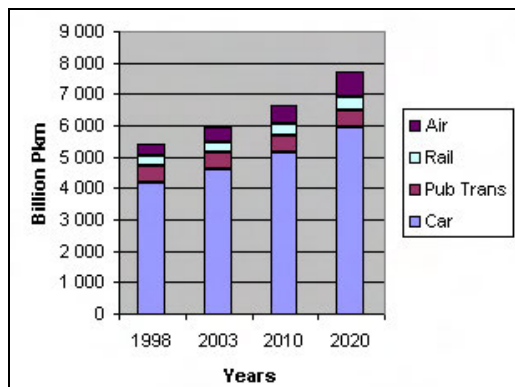
Figura 4.1: Consumo energetico ed emissioni di gas serra pro-capite per densità abitativa



Fonte: EEA

Questa situazione produce un aumento delle esternalità, per maggiori consumi energetici di esercizio, maggiori costi di infrastrutturazione, maggiore domanda di mobilità e più forte dipendenza dal mezzo di trasporto privato; in Figura 4.1 i due grafici mostrano i valori di consumo energetico e di emissioni di gas serra pro-capite al variare della densità di popolazione nelle città. Sino ad oggi la domanda di trasporto merci è cresciuta più rapidamente di quella passeggeri; secondo alcune previsioni comunitarie, tuttavia, questa tendenza potrebbe cambiare e verificarsi una crescita esponenziale della domanda di trasporto passeggeri sino al 2020, con un aumento della quota modale del trasporto stradale e aereo (grafico di Figura 4.2).

Figura 4.2: Previsioni al 2020 della domanda passeggeri nella EU25



Fonte: EU-DGTREN

Il Libro Verde sul trasporto urbano fa seguito a tutta una serie di iniziative pregresse della Commissione fra le quali il cofinanziamento del Programma di Ricerca City of Tomorrow e i dimostrativi finanziati dal progetto di ricerca CIVITAS; rispetto alle precedenti iniziative, però, il nuovo Libro Verde affronta la materia in modo più sistematico dopo un'ampia consultazione pubblica avvenuta fra il 2006 e il 2007.

Secondo tale documento, le città europee devono affrontare cinque grandi sfide:

- ridurre la congestione;
- ridurre l'inquinamento atmosferico;
- utilizzare al meglio le potenzialità degli ITS;
- migliorare l'accessibilità;
- aumentare la sicurezza del trasporto.

Per il primo obiettivo, la Commissione indica la promozione del trasporto ciclo-pedonale, del *car pooling* e del *car sharing*, una migliore regolazione del traffico mediante uso di ITS, una migliore gestione della domanda anche mediante politiche di tariffazione delle infrastrutture, un'oculata politica dei parcheggi; un particolare accento viene posto sull'importanza della componente merci del traffico, sinora meno considerata nelle politiche locali.

Per la limitazione dell'inquinamento atmosferico, la via indicata dalla Commissione è nuovamente il ricorso a veicoli più puliti ed efficienti, il cui acquisto dovrebbe essere incentivato attraverso strumenti sia economici sia normativi; per le flotte del Trasporto Pubblico Locale si potrebbe introdurre un criterio di selezione dei veicoli di nuovo acquisto sulla base di un'analisi costi-benefici che tenesse conto anche delle esternalità ambientali; inoltre si dovrebbe incoraggiare uno stile di guida "ecologico".

Le applicazioni ITS da utilizzare per la gestione della mobilità urbana riguardano l'esercizio del trasporto pubblico, nuovi servizi all'utenza (sistemi d'informazione, bigliettazione), lo scambio di dati, una gestione dinamica dell'infrastruttura, la logistica urbana.

Il miglioramento dell'accessibilità è da affidarsi prima di tutto ad una buona pianificazione della rete di trasporto pubblico, accompagnata da una gestione efficiente dei servizi in grado di garantire la competitività del trasporto collettivo rispetto a quello individuale; possono essere esplorate nuove soluzioni come servizi a chiamata per le aree a domanda debole, taxi collettivi, linee di autobus veloci in alternativa a tram e metropolitane.

Per una maggiore sicurezza del trasporto è necessario agire sul comportamento degli utenti della strada, sulla qualità delle infrastrutture, sui dispositivi di bordo veicolo, seguendo le indicazioni della Commissione nell'ambito dell'iniziativa eSafety e "automobile intelligente".

In questo quadro, la Commissione si riserva il compito di favorire lo scambio delle buone pratiche, supportare l'armonizzazione degli standard, semplificare ed integrare la legislazione esistente, supportare le Amministrazioni che necessitano maggiormente di aiuti finanziari. In particolare la Commissione si propone di promuovere una campagna in favore della mobilità urbana sostenibile e di istituire un Osservatorio comunitario sulla mobilità urbana per l'acquisizione sistematica e standardizzata di dati.

Riguardo alle risorse finanziarie certamente le amministrazioni locali rivestiranno il ruolo principale ma saranno supportate da un quadro normativo più definito relativamente al co-finanziamento pubblico-privato, dall'estensione ai contesti urbani della normativa Eurovignette, dalla possibilità di effettuare *emission trading* delle emissioni di gas serra; inoltre potranno usufruire di contributi comunitari sui fondi di coesione 2007-2013, sui finanziamenti per R&S del VII Programma Quadro, sul programma CIVITAS e su quello "Intelligent Energy Europe".

È annunciato un programma d'azione concreto con la chiara definizione di ruoli e responsabilità dei diversi attori, dall'Unione alle Amministrazioni Locali, dall'Industria ai singoli cittadini.

4.1.2.3 L'"Agenda" sul trasporto merci

A pochi giorni dalla pubblicazione del Libro Verde sul trasporto urbano, e precisamente il 18 ottobre 2007, la Commissione Europea adotta la Comunicazione "*Agenda Comunitaria sul trasporto merci*" [5]; secondo le dichiarazioni della stessa Commissione, le motivazioni di un'azione comunitaria sul trasporto merci risiedono nella necessità di accrescere la competitività e la prosperità dei paesi dell'Unione evitando frammentazioni del mercato, nelle previsioni di crescita degli scambi intra ed extra comunitari, nella necessità di affrontare unitariamente gli impatti ambientali e sociali transfrontalieri, nell'opportunità di ottimizzare i flussi di traffico sulle medie e lunghe distanze.

L'agenda della Commissione contiene a sua volta cinque documenti programmatici volti a migliorare l'efficienza e la sostenibilità del trasporto merci nell'Unione.

Le iniziative presentate sono le seguenti:

- il Piano d'azione per la logistica del trasporto merci [6], che propone una serie di misure volte a promuovere la gestione delle merci e del traffico, la qualità e l'efficienza sostenibili, la semplificazione delle prassi amministrative, la revisione delle vigenti norme sul carico e il riesame – ed eventualmente la revisione – della direttiva 96/53/CE relativa al peso e alle dimensioni dei veicoli (sempre tenendo presenti le conseguenze su altri modi di trasporto);
- una comunicazione sulla rete ferroviaria con priorità per le merci [7], che mira ad accrescere la competitività del trasporto merci su rotaia, in particolare garantendo tempi di transito più brevi e rafforzando l'affidabilità e la reattività del trasporto alle esigenze della clientela;
- una comunicazione sulla politica portuale europea [8], che indica strategia e strumenti per migliorare le prestazioni dei porti europei in quanto punti nodali del sistema trasporti dell'UE, aiutandoli ad attrarre nuovi investimenti, creare un dialogo stabile tra tutte le parti interessate e migliorare la loro immagine; tale comunicazione fa seguito ad una precedente comunicazione sulla politica marittima integrata per l'Unione Europea che preconizza un'impostazione olistica e transettoriale per la politica marittima;
- un documento di lavoro sulla possibilità di creare uno spazio marittimo comunitario senza barriere;
- un documento di lavoro sulle *Autostrade del Mare*.

Pur affrontando ciascuna di esse problemi specifici al proprio contesto, tutte seguono un'impostazione comune caratterizzata da:

- la centralità dei corridoi che collegano anche le catene di trasporto dirette e provenienti dai paesi vicini e dell'oltremare;
- la promozione di tecnologie e prassi innovative nell'infrastruttura, nei mezzi di trasporto (veicoli, carri ferroviari, navi) e nella gestione del carico, la semplificazione delle catene di trasporto merci e delle relative procedure amministrative;
- il rafforzamento della qualità.

In particolare il *Piano d'azione per la Logistica* si focalizza su sei aree d'intervento e precisamente:

- eFreight e Intelligent Transport Systems
- Qualità, efficienza e sostenibilità dei servizi
- Semplificazione della catene logistiche

- Corridoi Verdi per il trasporto merci
- Logistica urbana
- Dimensioni e standardizzazione delle Unità di Carico.

Per quanto riguarda il primo punto, sono indicate diverse priorità fra le quali la standardizzazione delle terminologie del trasporto e della logistica merci a fini normativi ed operativi, la definizione di un'architettura dati per gli scambi fra le amministrazioni e fra operatori ed amministrazioni, il tracciamento di un programma di sviluppo e diffusione degli ITS per la logistica ed il trasporto merci, la proposta di un quadro normativo per lo sviluppo di mappe digitali per i conducenti di automezzi pesanti per fornire informazioni circa le limitazioni di accesso, di dimensioni, peso e sagoma, la definizione di uno standard su una piattaforma di bordo che agevoli gli scambi informativi con l'esterno, la promozione di una rete internet per lo scambio documentale elettronico che accompagna la distribuzione delle merci (B2A e B2B).

Riguardo alla qualità ed efficienza dei servizi, si dovrà agire soprattutto sulla rimozione dei "colli di bottiglia" operativi, amministrativi ed infrastrutturali, su una migliore preparazione professionale, sull'adozione di indicatori comuni di prestazione; inoltre, entro il 2010 saranno effettuate una ricognizione dei terminal intermodali, un'attività di diffusione delle "best practices" nonché una revisione delle modalità di raccolta dei dati statistici.

Per semplificare la catena del trasporto la principale attività riguarderà l'elaborazione di una proposta tecnica per rendere possibile il commercio senza utilizzo di documenti cartacei, definendo le specifiche di un formato dati ed un documento di trasporto unico per tutti i modi di trasporto; inoltre sono previste una proposta legislativa per semplificare lo *short sea shipping*⁶⁹ nello "Spazio del Trasporto Marittimo Europeo senza barriere" e la valutazione di attività parallele all'UNCITRAL⁷⁰ per adattare la legislazione internazionale al contesto comunitario.

Per la realizzazione dei "Corridoi Verdi" la Commissione propone di rafforzare il peso di tali corridoi all'interno delle priorità della rete TEN-T e del programma Marco Polo, di sviluppare una rete ferroviaria dedicata al trasporto merci (entro il 2012) di attivare nel breve periodo nuove rotte delle *Autostrade del Mare*, di dare corso al programma NAIADES per il trasporto su vie d'acqua interne.

Riguardo alla logistica urbana, la Commissione ravvisa la necessità di rendere più efficiente l'interfaccia fra il trasporto di lunga distanza e la distribuzione;

⁶⁹ Short Sea Shipping: trasporto marittimo di breve-corto raggio.

⁷⁰ UNCITRAL è l'abbreviazione di United Nations Commission on International Trade Law ossia la Commissione delle Nazioni Unite per il Diritto Commerciale Internazionale, con sede a Vienna.

inoltre è necessario dare più forza alla parte merci del programma di ricerca CIVITAS; infine è importante incoraggiare lo scambio di esperienze, effettuare analisi di benchmark e stabilire degli indicatori prestazionali per misurare la sostenibilità del trasporto merci in città.

Infine, sul tema delle dimensioni di veicoli e unità di carico, la Commissione osserva che lo sviluppo tecnologico e i cambiamenti nelle esigenze del trasporto merci richiedono un aggiornamento della Direttiva 96/53/EC sulle dimensioni dei veicoli e di quella del 2003 sulla standardizzazione delle Unità di carico Intermodali; a riguardo la Commissione ha avviato uno studio su pesi e dimensioni dei veicoli stradali pesanti per il trasporto merci, in particolare sugli autotreni a due veicoli, per verificare gli impatti di possibili estensioni dei limiti di peso e di sagoma su sicurezza efficienza energetica ed ambientale, usura delle infrastrutture, nuove possibilità per i trasporti intermodali.

Oltre a tale studio, anche altre attività previste nell'Agenda comunitaria sul Trasporto merci sono state già avviate, come la gara per creare un network dei diversi Istituti nazionali per la Logistica, lo studio sulle buone pratiche relative all'ottimizzazione della catena logistica, lo studio sulla qualità dei dati statistici.

La Comunicazione sulla *rete ferroviaria merci* prosegue le azioni intraprese con il primo ed il secondo pacchetto ferroviario (rispettivamente del 2001 e del 2004) per la creazione di un mercato del trasporto merci su ferrovia a scala europea, i cui primi risultati sono già tangibili nella riduzione dei costi operativi (-2%/anno dal 2001 al 2004) e ancor più delle tariffe (-3%/anno). Inoltre persegue gli obiettivi dell'interoperabilità tecnica e di un quadro normativo unitario e stabilisce la creazione di una rete ferroviaria che dia priorità al trasporto merci.

Infine la Comunicazione su una *politica europea dei porti* affronta il problema del coordinamento dell'offerta portuale in Europa, puntando sull'aumento della capacità nel rispetto dell'ambiente, sulla semplificazione delle procedure dello *short sea shipping*, sulla creazione di condizioni operative eque per investitori, operatori e utenti, sull'integrazione fra porti e tessuto urbano, sul miglioramento della qualità e della sicurezza del lavoro nei porti; inoltre affronta il problema della qualità dell'aria in ambito portuale e quello delle emissioni di gas serra del trasporto navale, segnalando soluzioni tecnologiche come l'alimentazione elettrica delle navi in banchina e il miglioramento delle prestazioni dei natanti.

4.1.2.4 I trasporti nelle strategie per risparmio energetico e salvaguardia ambientale

Oltre che nei documenti di settore sin qui analizzati, molte indicazioni di carattere strategico sui trasporti sono contenute all'interno di documenti d'indirizzo nel campo dell'energia e della salvaguardia ambientale.

In particolare si ricordano, fra i più recenti, le conclusioni del Consiglio europeo del 9 marzo 2007 sull'efficienza energetica e le energie rinnovabili per ridurre le emissioni di gas a effetto serra, secondo le quali il settore dei trasporti deve dare il suo significativo contributo al raggiungimento degli obiettivi posti. Il Consiglio ritiene che le priorità per una strategia energetica europea nel settore dei trasporti siano le seguenti:

- miglioramento dell'efficienza energetica di tutti i modi di trasporto;
- aumento dell'utilizzazione di carburanti alternativi e rinnovabili nonché di sistemi di propulsione efficaci;
- elaborazione di strumenti per promuovere un comportamento degli utenti dei trasporti che sia improntato alla consapevolezza del problema dell'energia e del cambiamento climatico;
- promozione di una pianificazione integrata dei trasporti al fine di ridurre al minimo il consumo di energia.

Il Consiglio giudica altresì necessarie misure intermodali. Ciò richiederebbe in particolare un'interconnessione ottimale dei modi mediante l'applicazione della telematica, nonché del programma Marco Polo.

Inoltre le misure di pianificazione urbana, la promozione dei trasporti pubblici locali e la costruzione di piste ciclabili, unitamente a strumenti basati sul mercato, possono parimenti contribuire a ridurre in modo significativo il consumo di carburanti.

L'assegnazione di fondi sufficienti per gli investimenti in infrastrutture, segnatamente in linee ferroviarie e vie navigabili, costituisce un'importante condizione preliminare per servizi attraenti per il trasporto di merci e passeggeri in tutti gli Stati membri.

In termini concreti, il Consiglio invita la Commissione a proporre misure adeguate a promuovere l'impegno di tutta l'industria *automotive* nella riduzione delle emissioni di CO₂ dei veicoli stradali e invita gli Stati membri a creare opportune condizioni per la commercializzazione di veicoli efficienti; appoggia la modifica della direttiva sulla qualità dei biocarburanti e chiede alla Commissione una proposta sulla certificazione degli stessi biocarburanti.

Per il settore aeronautico, il Consiglio richiede un esame della fattibilità tecnica ed economica e le implicazioni ambientali dell'utilizzo di carburanti alternativi e rinnovabili.

Nel campo del settore navale, il Consiglio esorta a fissare limiti emissivi ambiziosi per le navi, ad introdurre una normativa relativa alle specifiche dell'olio combustibile, a studiare la possibilità di miscelare combustibili biogenici ai combustibili convenzionali.

Per il trasporto ferroviario, il Consiglio invita a migliorare la concorrenzialità rispetto alle altre modalità, in particolare attraverso un ulteriore sviluppo delle reti.

Agli inizi del 2008, l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) pubblica la relazione *Climate for a Transport change* [9] che riporta i risultati del monitoraggio sull'integrazione delle politiche ambientali in quelle del settore trasporti, coprendo tutti i paesi membri dell'EEA. La relazione lancia un grido d'allarme sul rischio che sia proprio il settore trasporti a compromettere il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra (Kyoto e post-Kyoto); vi si legge anche che, se le emissioni di gas serra dei trasporti, nel periodo 1990–2005 avessero seguito lo stesso andamento complessivo di tutti i settori energetici dell'EU27, la riduzione sarebbe stata intorno al 14% piuttosto che al 7,9% registrato; le proiezioni al 2010, tenendo in considerazione gli effetti di misure già adottate, parlano di circa 950 Mt CO₂ eq.⁷¹ e al 2020, secondo il trend di crescita della domanda e senza prendere ulteriori provvedimenti, di 1090 Mt CO₂ eq.

Secondo l'EEA, la questione da dover affrontare nei prossimi anni, urgentemente, è il contenimento della crescita dei volumi di traffico e la loro ripartizione fra modalità di trasporto.

Infatti, il traffico merci cresce ad un ritmo più sostenuto di quello del Prodotto Interno Lordo. Nel frattempo, la ferrovia continua a perdere quote percentuali rispetto alla strada, sebbene in termini assoluti si registri un aumento del trasporto merci su ferro; il trasporto marittimo è in crescita sia in valori assoluti che percentuali e attualmente svolge circa il 40% del traffico merci interno all'Unione Europea; tuttavia questa modalità di trasporto presenta alcuni problemi relativamente agli impatti in ambientali, particolarmente per le emissioni di solfuri e per il rischio di sversamenti in mare; inoltre la recente tendenza ad aumentare le prestazioni delle navi riduce il vantaggio in termini di emissioni di CO₂.

Per il traffico passeggeri, la crescita è leggermente meno veloce rispetto all'economia ma continua ad aumentare il tasso di motorizzazione privata che nel 2005 è stato di 460 autovetture ogni 1000 abitanti, contro i 335 del Giappone e i 777 degli USA; la motorizzazione privata è in crescita soprattutto nei nuovi Stati membri e in Turchia. In campo extraurbano si registra una crescita molto rapida del trasporto aereo, secondo un trend che è di respiro mondiale:

⁷¹ CO₂ eq è l'unità di misura universale usata per indicare il potere climalterante di tutte le specie di gas serra. Si ottiene moltiplicando le emissioni di ogni tipo di gas per il Global Warming Potential (GWP), ovvero il fattore di riscaldamento in un periodo di tempo definito, ad es. 100 anni, rispetto a quello della CO₂ (GWP=1). Nel settore trasporti, i gas serra emessi, oltre la CO₂, sono il metano (CH₄) con un GWP=21, il protossido di azoto (N₂O) con GWP=310, e gli idrofluorocarburi (HFC) usati per i condizionatori d'aria con GWP=11.700.

nel decennio 1995 – 2005 il traffico aereo intra europeo è cresciuto di circa 50 punti percentuali; le proiezioni indicano un tasso di crescita del 4,5% annuo sino al 2020; il miglioramento dell'efficienza energetica dei veicoli non riesce a bilanciare questo sviluppo del traffico, con la conseguenza che le emissioni climalteranti di questa modalità sono in sostanziale aumento; dal 1995 al 2005 le emissioni totali dell'aviazione europea sono aumentate del 73%; l'aviazione intra-Unione contribuisce per il 12% alle emissioni di gas serra di tutti i trasporti; un certo vantaggio potrebbe essere ottenuto migliorando la gestione del traffico aereo.

L'EEA sottolinea che le passate e presenti politiche settoriali si sono concentrate quasi esclusivamente sull'aspetto delle tecnologie veicolari e della qualità dei combustibili ma è necessario cambiare rotta e concentrarsi anche sulle misure di contenimento della domanda; il raggiungimento degli obiettivi ambiziosi post-Kyoto, posti nella conferenza di Bali (dicembre 2007), richiederebbe che la crescita dei volumi di traffico nel periodo 2010–2020 si mantenesse in un range fra + 4% e - 2% anziché sul previsto valore di + 15%. Il contenimento della domanda non può essere ottenuto solo attraverso politiche dei trasporti ma deve coinvolgere le politiche di quei settori dai quali la domanda stessa è originata.

I provvedimenti per migliorare ancora l'efficienza dei veicoli non devono comunque essere abbandonati, visto che dai dati 2006, il target dei 140 g CO₂/km sul venduto posto entro il 2009 è ancora lontano, nonostante la crescita esponenziale dal 1998 di nuove autovetture con un'emissione nominale inferiore ai 120 g CO₂/km.

Riguardo ai biocombustibili, per i quali la Commissione Europea ha indicato precisi target sia in relazione alle necessità di approvvigionamento energetico sia come strumento per ridurre le emissioni di gas serra, l'Agenzia Europea per l'Ambiente esprime alcune perplessità, dichiarando la necessità di approfondire le analisi sul ciclo di vita delle biomasse; in ogni caso sembra opportuno abbandonare l'idea dell'uso di prodotti agricoli per la produzione di biocombustibili e rivolgersi alle biomasse disponibili, non solo per una maggiore efficacia nella riduzione delle emissioni di gas serra complessive ma anche per evitare distorsioni inaccettabili del mercato delle produzioni agricole a livello mondiale.

Nel marzo del 2008, ad un anno dalle conclusioni del Consiglio Europeo e poco dopo la pubblicazione dell'analisi dell'EEA, il Parlamento Europeo approva una *Risoluzione sulla politica europea del trasporto sostenibile*, tenendo conto delle politiche europee dell'energia e dell'ambiente.

Secondo il Parlamento i settori del sistema su cui concentrare l'attenzione sono: a) i corridoi interurbani europei, dove si concentrano il maggior numero degli scambi commerciali intra-UE ed internazionali; b) le zone sensibili dal

punto di vista ambientale (la regione alpina, il Mar Baltico ecc.); c) le aree metropolitane e urbane congestionate, dove avvengono la maggior parte degli spostamenti; il problema della congestione urbana, responsabile del 40% delle emissioni di CO₂ e del 70% delle restanti emissioni inquinanti prodotte dagli autoveicoli, dovrebbe essere affrontato, sempre nel rispetto del principio di sussidiarietà, in modo più ambizioso attraverso una strategia di cooperazione e coordinamento a livello europeo.

A livello di strategie, il Parlamento si esprime in favore di una combinazione di diverse politiche che si sostengano e compensino a vicenda, coinvolgendo un numero sempre maggiore di attori, rappresentanti del settore dei trasporti, dell'amministrazione, dei cittadini; è convinto, infatti, che solo una adeguata combinazione di diverse misure possa mitigare gli effetti negativi dei singoli interventi contribuendo nel contempo a favorirne l'accettabilità da parte dei cittadini.

Nel merito delle linee di intervento, secondo il Parlamento europeo è necessario agire sia sulle tecnologie (misure per aumentare l'efficienza energetica; nuovi standard/norme per motori e combustibili; utilizzo di nuove tecnologie e di combustibili alternativi) sia sul mercato (tasse/tariffazione basate sull'impatto ambientale o sulla congestione, incentivi fiscali, sistema di scambio di emissioni che tenga conto delle specificità dei diversi modi di trasporto); inoltre è necessario promuovere un cambiamento nelle abitudini delle imprese e dei cittadini, completare l'adeguamento infrastrutturale nonché ottimizzare l'utilizzo dei mezzi di trasporto e delle infrastrutture.

La misura più immediata per *l'improvement* tecnologico del parco veicolare è il collegamento fra tassazione delle auto ed emissioni inquinanti ed efficienza energetica.

L'Unione e gli Stati membri dovrebbero intensificare gli investimenti per il completamento, quanto prima possibile, dei progetti prioritari delle Reti Trans-Europee e per la dotazione di ITS.

Le aree urbane offrono potenziali economicamente ragionevoli per ulteriori politiche di trasferimento modale a favore del trasporto pubblico, degli spostamenti a piedi e in bicicletta e di una nuova impostazione per gli aspetti logistici urbani; fondamentale, in tale contesto, è ritenuto l'investimento sull'innovazione tecnologica (maggiore impiego degli ITS), su un migliore sfruttamento delle infrastrutture esistenti, in particolar modo attraverso misure di gestione della domanda (ricorso alla tariffazione tipo ecopass) e su soluzioni innovative per ottimizzare l'integrazione del flusso urbano di merci e infine sulla promozione di nuove modalità per incentivare l'uso dell'auto privata, come la condivisione dell'automobile (*car sharing*) o il suo uso in comune (*car pooling*), e disposizioni per consentire il lavoro a domicilio; importante che i cittadini possano effettuare scelte informate sul mezzo di trasporto

e sulla condotta di guida; chiede di migliorare l'informazione dei consumatori e di intensificare le campagne di educazione e di promozione di nuovi comportamenti in favore dei mezzi o modelli di trasporto più sostenibili.

Nel settore ferroviario le priorità indicate sono:

- il completamento di uno spazio unico o di un mercato unico ferroviario europeo privo di barriere tecniche;
- la realizzazione di un sistema unico europeo di gestione del traffico ferroviario (ERTMS);
- il miglioramento delle prestazioni e della qualità del servizio sia per il trasporto merci che per quello passeggeri.

Per il settore aereo la maggiore preoccupazione deriva dalla crescita del traffico e dell'impatto globale dell'aviazione civile sull'ambiente; pertanto vengono sollecitate:

- l'inclusione del trasporto aereo nel sistema di scambio di emissioni di gas serra e un maggior uso del sistema europeo di nuova generazione per la gestione del traffico aereo (SESAR, Single European Sky Atm Research);
- la differenziazione a seconda delle emissioni tra tasse di decollo e di atterraggio negli aeroporti;
- l'istituzione di "Clean Sky, un'iniziativa tecnologica congiunta" volta a ridurre le emissioni di CO₂ e NO_x e l'inquinamento acustico;
- la rapida creazione di un vero Cielo unico europeo per porre fine alla frammentazione dello spazio aereo europeo;
- misure concrete per alleviare la congestione aeroportuale;
- migliore integrazione co-modale e logistica degli aeroporti agevolando i loro accessi ferroviari.

Per il settore marittimo, essendo stato constatato un aumento continuo delle emissioni, si raccomanda in particolar modo:

- di ridurre le emissioni di CO₂, SO₂, ossidi di azoto delle navi;
- di introdurre e promuovere l'utilizzo di fonti rinnovabili, come l'energia eolica e solare;
- di provvedere all'approvvigionamento energetico da terra delle navi alla fonda;

- di prendere in seria considerazione la possibilità di contenere le emissioni attraverso il sistema di scambio delle quote di emissione, senza penalizzare tale modo di trasporto che è il più rispettoso dell'ambiente (insieme alle vie navigabili interne), né favorire altri modi che sono più inquinanti;
- di stabilire una politica fluviale integrata europea e conseguentemente sostiene iniziative quali NAIADES (programma d'azione europeo integrato per il trasporto sulle vie navigabili interne), che migliorano ulteriormente la navigazione interna e le prestazioni ambientali della navigazione;
- di investire nell'ammodernamento delle infrastrutture portuali sia per i porti marittimi che per quelli delle vie navigabili interne allo scopo di permettere il rapido trasferimento di merci e di passeggeri da un sistema di trasporto all'altro, realizzando così una riduzione del consumo energetico nel settore dei trasporti.

Il Parlamento, inoltre, esorta la Commissione a sviluppare quanto prima il piano di azione per la logistica del trasporto merci in Europa, sottolineando in particolare lo sviluppo del concetto dei "corridoi verdi" e chiede, nella revisione 2009 del quadro finanziario pluriennale, di aumentare in modo significativo lo sforzo finanziario complessivo a favore della R&S nei settori dell'ambiente, dell'energia e dei trasporti.

Precedentemente, a febbraio 2007, la Commissione si era espressa sulle possibili strategie di riduzione delle emissioni di gas serra dai trasporti [10], puntando molto sull'aumento dell'efficienza energetica del parco veicolare, non più attraverso gli accordi volontari delle case automobilistiche ma sulla base dell'imposizione di standard e accorgimenti tecnologici precisi, da utilizzare anche su veicoli già in circolazione; nel documento la Commissione ridefinisce il limite di emissione di CO₂ delle autovetture vendute dal 2012, originariamente fissato a 120 g/km come media del venduto di ogni casa automobilistica ed ora posto pari a 130 g/km come media sulle vendite all'interno dell'Unione; in compenso, definisce tutta una serie di misure accessorie, come l'introduzione di standard di efficienza energetica sui condizionatori dei nuovi veicoli, l'installazione obbligatoria sui veicoli di nuova immatricolazione di sistemi per il monitoraggio della pressione degli pneumatici e di indicatori di cambio marcia, l'utilizzo di lubrificanti a bassa viscosità e di pneumatici a bassa resistenza al rotolamento per tutti i veicoli, che dovrebbero nel loro complesso consentire un risparmio medio di ulteriori 10 g CO₂/km. L'obiettivo al 2020 per le autovetture nuove viene fissato a 95 g CO₂/km mentre per i veicoli commerciali la Commissione pone un limite di 175 g CO₂/km dal 2012 e di 160 g CO₂/km al 2015.

A dicembre 2007 la Commissione sottopone al Parlamento una proposta di regolamento per l'imposizione di standard emissivi sulle autovetture immesse nel mercato [11]; rispetto alla politica annunciata agli inizi dell'anno, il limite di emissione specifica (a km) per i veicoli di nuova immatricolazione non è più un valore fisso (pari a 130 g CO₂/km) ma è calcolato sulla base della massa del veicolo, un ulteriore onere di riduzione di 10 g/km è attribuito alle altre misure riguardanti sia le auto nuove (condizionatori efficienti, indicatori di pressione pneumatici, indicatori di cambio marcia) sia il parco già circolante (pneumatici a bassa resistenza, lubrificanti a bassa viscosità, biocarburanti). Il limite di emissione specifica è riferito alla media del venduto di ogni singola industria automobilistica che sarebbe tenuta a pagare una multa per ogni unità di emissione specifica eccedente il proprio target (fissato in relazione alla massa dei veicoli venduti) moltiplicata per il numero di pezzi venduti la multa è fissata in 20 euro nel 2012, 35 nel 2013, 60 nel 2014 e 95 dal 2015 in poi. È reso possibile uno scambio di permessi di emissioni fra costruttori virtuosi e costruttori inadempienti.

La proposta della Commissione è stata molto criticata, sia dai costruttori di veicoli che dagli ambientalisti: i costruttori temendo le sanzioni e che lo sforzo tecnologico necessario a raggiungere gli obiettivi ricada sul prezzo di vendita dei veicoli, frenando il mercato⁷²; gli ambientalisti osservando che i nuovi standard, invece di premiare coloro che già sono virtuosi in merito alle emissioni di CO₂, li punisce, ritrovandosi essi con un target di riduzione in proporzione equiparabile a quello di costruttori molto meno virtuosi.

Nonostante il tentativo di accordo promosso dalle case automobilistiche per posticipare l'entrata in vigore del limite dei 130 g CO₂ al 2015, a fine 2008 la proposta di regolamento è passata al vaglio della Commissione Ambiente del Parlamento europeo con l'inclusione anche delle auto di peso superiore ai 2.610 kg.

Insieme alla proposta di regolamento sui limiti delle emissioni di gas serra dai veicoli leggeri, a fine 2007 la Commissione ha emanato una proposta di direttiva [12] relativa alla promozione di veicoli puliti e a basso consumo energetico nel trasporto su strada. La proposta riguarda la possibilità di rendere obbligatoria per gli enti pubblici o a capitale pubblico e le pubbliche amministrazioni una procedura di valutazione prima dell'acquisto di nuovi veicoli di servizio; la procedura consisterebbe in un'analisi costi-benefici che contempli anche i costi esterni prodotti nel corso del ciclo di vita del veicolo; obiettivo della proposta è di favorire l'acquisto di veicoli di nuova concezione o, comunque, a ridotto impatto energetico e ambientale.

⁷² Secondo le valutazioni di A. Molocchi, responsabile trasporti dell'associazione "Amici della Terra", il prezzo di vendita delle auto più piccole salirebbe di un 10-12%.

La recente profonda crisi dell'industria *automotive* ha poi indotto la Commissione Europea a varare una proposta di armonizzazione degli aiuti dei diversi Stati membri nei confronti del settore [13], anche in questo caso suscitando le reazioni di molte associazioni ambientaliste per la mancata coerenza del rispetto dei limiti di emissioni di CO₂ predisposti nel regolamento del 19 dicembre 2007.

Nello stesso periodo in cui venivano formulate e dibattute le strategie per la riduzione delle emissioni di CO₂ dei veicoli stradali leggeri, la Commissione proponeva al Parlamento europeo un pacchetto di misure di attuazione degli obiettivi relativi ai cambiamenti climatici ed alle energie rinnovabili, la cosiddetta direttiva 20-20-20 del 23 gennaio 2008 [14].

I target definiti dalla Commissione per l'anno 2020 possono essere così riassunti:

- emissioni gas serra: -20% rispetto al 1990 (-14% rispetto al 2005)
 - Settori Emission Trading Scheme (ETS): - 21% rispetto 2005
 - Settori non-ETS: -10% rispetto 2005 (variabile da -20 a + 20% nei diversi Stati membri, Italia -13%)
- consumo energetico da fonti rinnovabili 20% (nel 2005 lo share era 8,5%)
 - 10% biofuel nei trasporti (seconda generazione, produzione sostenibile)
- efficienza energetica + 20% al 2020 rispetto alle previsioni (target indicativo nazionale -9% consumi finali dal 2008 al 2016)

Le strategie nuove rispetto a quelle definite nell'European Climate Change Program del 2000 riguardano il sequestro della CO₂ e l'aggiornamento dell'Emission Trading Scheme a partire dal 2013 attraverso:

- l'inclusione di altri settori (fra cui l'aviazione e, forse, il trasporto marittimo) sino ad arrivare al 50% del totale emissioni;
- l'estensione ad altri gas serra oltre alla CO₂;
- l'implementazione dell'European Allocation Plan;
- Auctioning vs Grandfathering⁷³;

⁷³ Distribuzione dei diritti di vendita all'asta fra gli stati membri (prezzo di mercato) piuttosto che concessioni del Grande Fratello (Stato); in sostanza i permessi non saranno più concessi gratuitamente agli operatori, bensì saranno dati agli Stati membri e messi all'asta. Gli operatori dovranno pertanto acquistare sul mercato i permessi. È previsto un meccanismo redistributivo nell'assegnazione agli Stati membri delle quote che possono essere messe all'asta. Il 10% delle quote

- Estensione dell'uso dei meccanismi di flessibilità (Clean Development Mechanism e Joint Implementation)⁷⁴.

Il nucleare è rimesso alla volontà degli Stati, escluso dalla politica comune su energia e clima. Gli Stati non potranno erogare incentivi per l'installazione di impianti nucleari con la motivazione della riduzione delle emissioni, in quanto le nuove linee guida sugli aiuti di Stato, varate insieme al pacchetto, non contemplano il nucleare fra le tecnologie che sarà possibile incentivare con risorse pubbliche.

È stato osservato che “nella ripartizione degli impegni non si è tenuto conto di indicatori di efficienza energetica ed emissiva ...(omissis)... il pacchetto è impostato in maniera non ottimale sotto il profilo dell'efficienza economica (dei costi necessari per un dato risultato ambientale), e questo rischia di ridurre l'effettiva attuazione del pacchetto energia, la sua efficacia” (A. Molocchi, 2008).

Infatti, nel rapporto Primes (Capros e altri, giugno 2008), realizzato dagli stessi consulenti della Commissione si legge che “.....i consulenti hanno segnalato il fatto che l'ottimizzazione della ripartizione degli obiettivi e dei relativi costi poteva essere ulteriormente ottimizzata rispetto al PIL pro capite degli Stati membri (e sono state fatte delle simulazioni PRIMES in proposito), ma la Commissione non ne ha tenuto conto, preferendo andare avanti con una soluzione sub-ottimale, che ovviamente presta il fianco alle critiche dei paesi relativamente più svantaggiati e ai comportamenti opportunistici di quelli avvantaggiati. Una scelta molto pericolosa in caso di automatismo nel ricalcolo degli obiettivi nazionali nel dopo Copenhagen (passaggio dal -20% all'eventuale -30%), perché in quest'ipotesi le distorsioni esistenti verrebbero ulteriormente amplificate.

europee da mettere all'asta sarà decurtato agli Stati membri per essere poi riallocato agli Stati membri con reddito pro capite < 120% della media EU27. Ai settori più esposti alla concorrenza globale è concessa una quota di permessi gratuiti, diversa da settore a settore, decrescente dal 2013 al 2020. La quota di permessi da assegnare gratuitamente agli operatori richiede di mantenere in via transitoria un meccanismo di allocazione delle quote al livello dei singoli operatori, che tuttavia sarà ora gestito dalla Commissione (non più dagli Stati membri) in base a criteri di efficienza sotto il profilo energetico e delle emissioni di gas serra. In media, già dal 2013, almeno il 66% delle quote sarà messe all'asta, per arrivare al 100% al 2020. L'obiettivo è quindi di dare un valore economico a tutte le emissioni dei settori ETS entro il 2020. Si tratta della piena applicazione del principio “Chi Inquina Paga”: tutti gli operatori dovranno pagare le loro emissioni e non sono quelli meno efficienti. Siccome gli Stati membri godranno di un gettito notevole derivante dalle aste, la Commissione propone che almeno il 20% di questo gettito sia reinvestito nelle politiche climatiche e nell'innovazione tecnologica.

⁷⁴ Possibilità per gli Stati membri di soddisfare l'obiettivo nazionale vincolante ricorrendo all'acquisto da altri Stati membri di certificati che attestano la produzione di energia da fonti rinnovabili (cosiddetta Garanzia di Origine, GO).

Le maggiori implicazioni del “Pacchetto energia” nel settore trasporti riguardano certamente l'estensione dell'ETS anche al settore aeronautico e marittimo e il target del 10% relativo ai biocombustibili nella trazione veicolare.

L'8 luglio 2008, infatti, il Parlamento europeo ha reso esecutiva la Direttiva che inserisce dal 2012 le emissioni prodotte da tutti i voli in arrivo o in partenza da aeroporti UE nell'ETS, ponendo un target di riduzione del 3% rispetto alla media del periodo 2004–2006 al 2012 e di un ulteriore 2% al 2013. L'85% delle quote utilizzabili dalle compagnie aeree sarà assegnato gratuitamente alle aerolinee, mentre il restante sarà posto all'asta con il sistema della “borsa” delle emissioni. Gli Stati membri sono obbligati dalla direttiva a investire i proventi ricavati dalla compravendita di quote in tecnologie verdi, in iniziative anti-deforestazione nei paesi in via di sviluppo e in trasporti a bassa emissione. Il provvedimento è stato accolto negativamente dalle Associazioni delle compagnie aeree che hanno lamentato un aumento dei costi che rischierebbe di diminuire la competitività delle compagnie UE. Anche in considerazione di ciò, la UE punta ad un accordo con gli Stati Uniti in modo da creare un sistema comune di riduzione delle emissioni tra i due maggiori mercati mondiali dell'aviazione.

Lo stesso giorno, la Commissione Europea ha approvato il “Greening Transport Package” [15] comprendente un documento sulle modalità di valutazione dei costi esterni e la strategia di internalizzazione seguita dalla Commissione, una proposta di modifica della direttiva eurovignette sulla tariffazione dei veicoli merci pesanti, una proposta di direttiva per la riduzione del rumore ferroviario intervenendo sui prezzi degli slot; in pratica si tratta di un ulteriore passo verso l'applicazione del principio di “chi inquina paga”. In pratica, entro il 2011, il pedaggio stradale per i veicoli pesanti dovranno essere calcolati anche in base alle esternalità effettivamente prodotte in relazione alla tipologia di veicolo ed al contesto territoriale.

I benefici attesi sono stimati in un 6–8% di riduzione di emissioni di gas serra, NO_x e SO_x dai veicoli merci pesanti e in -50% di rumore ferroviario, attraverso una diversa distribuzione del traffico e l'uso di veicoli meno inquinanti e più efficienti.

Per quanto riguarda il settore marittimo, in attesa di stabilire definitivamente la sua inclusione nell'ETS, il 21 gennaio 2009 la Commissione Europea ha presentato al parlamento il “Piano per la politica dei Trasporti marittimi” [16], un percorso decennale sino al 2018 finalizzato a migliorare la competitività e le prestazioni ambientali del trasporto marittimo di matrice comunitaria. La Commissione intende promuovere un Sistema europeo di gestione ambientale dell'impresa di trasporto marittimo (EMS–MT), basato sul monitoraggio e miglioramento continuo delle prestazioni ambientali delle navi e ricorrere a strumenti di incentivazione basati sulla modulazione ambientale delle tariffe portuali e delle tasse che gravano sullo shipping.

Inoltre la Commissione conferma che, qualora l'IMO non approvi uno strumento internazionale legalmente vincolante per il trasporto marittimo entro la Conferenza ONU di Copenhagen (dicembre 2009), interverrà autonomamente con una proposta di provvedimenti a livello europeo, inevitabilmente allineata alla legislazione vigente per il settore terrestre e per l'aviazione. Infine, per dare attuazione al Piano IMO di riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo e di azoto (SO₂ e NO_x) approvato a ottobre 2008, la Commissione promuoverà la valutazione dei Mari europei ai fini di una loro eventuale qualifica come Aree di Controllo delle Emissioni, ferma restando la necessità di evitare impatti economici che possano determinare uno “spostamento modale a ritroso”, dal mare alla terra.

4.1.3 *Provvedimenti attuativi*

4.1.3.1 Sviluppo delle Reti Trans-europee

La definizione di una rete europea di trasporto viene decisa nel 1992 a Maastricht, nel 1994 il Consiglio di Essen avvia il programma d'interesse comunitario “Trans-European Transport Network”, individuando la rete nella sua configurazione attuale e futura al 2010 e definendo 14 progetti prioritari sulla rete individuata a Maastricht⁷⁵; tali progetti, suddivisi per aree modali (ferrovia, strada, trasporto aereo), riguardano essenzialmente lo sviluppo infrastrutturale sino al 2010 mentre i progetti relativi alla gestione del traffico e a migliorare l'utilizzo dell'infrastruttura sono rimandati ad una fase successiva della programmazione comunitaria (Tabella 4.1).

Nel 1996, una decisione del Parlamento europeo ed il Consiglio, fissa gli obiettivi, le priorità di azione e i criteri di selezione dei progetti. Con la Decisione 1346/2001/EC i porti sono integrati nella TEN-T. Nel 2001, nel nuovo Libro Bianco sulle politiche europee dei Trasporti, la Commissione propone di includere all'interno della rete TEN-T dieci corridoi plurimodali di collegamento alle reti dei paesi membri di prossimo ingresso.

Nel giugno del 2003, il Gruppo di Alto Livello presieduto da Karel Van Miert presenta alla Commissione una relazione sui progetti prioritari dell'Unione Europea allargata sino al 2020, contenente anche lo stato di attuazione dei 14 progetti individuati ad Essen, dei quali i primi tre riportati nel precedente elenco risultano già completati, i successivi 5 da completare entro il 2010, gli ultimi 6 da completare dopo il 2010 ma con significativi livelli di avanzamento.

⁷⁵ Con la Decisione n. 1692/96/CE il Parlamento Europeo e il Consiglio di fatto ratificano i progetti di Essen.

Tabella 4.1: I 14 progetti prioritari del Consiglio di Essen

1.	Linea ferroviaria Cork–Dublino–Belfast–Stranraer
2.	Aeroporto di Malpensa
3.	Raccordo dell’Oresund
4.	Linea Betuwe
5.	TGV Parigi–Bruxelles–Colonia–Amsterdam–Londra
6.	Autostrade greche
7.	Collegamento stradale UK/IRL/Benelux
8.	Linea ferroviaria costa occidentale britannica
9.	Berlino–Verona
10.	TGV Sud
11.	TGV est
12.	Linea ferroviaria Lione–Torino–Trieste
13.	Corridoio multimodale Portogallo–Spagna–Europa
14.	Triangolo nordico

Le nuove priorità, 18 in tutto (Tabella 4.2), contemplano numerose linee ferroviarie, la rete delle *Autostrade del Mare* e la realizzazione del sistema satellitare europeo Galileo; inoltre il Gruppo di Alto Livello identifica alcune misure prioritarie orizzontali per migliorare l’organizzazione e la gestione del traffico: riservare una parte delle reti ferroviarie al trasporto merci, realizzare l’interoperabilità delle reti ferroviarie nazionali, integrare la gestione del traffico aereo, controllare il traffico marittimo ed eliminare gli ostacoli che limitano la capacità aeroportuale.

A fine 2003, la Commissione fa proprie le proposte del Gruppo Van Miert; secondo la Commissione, l’ampliamento dei grandi assi verso i futuri Stati membri contribuirebbe al successo dell’allargamento e offrirebbe all’Unione una nuova opportunità di decongestionare le vie di comunicazione favorendo l’intermodalità. La proposta presentata al Parlamento include anche la revisione delle regole finanziarie per consentire un cofinanziamento più elevato delle tratte transfrontaliere dei progetti prioritari.

Nell’aprile 2004, per tener conto dell’allargamento dell’Europa veniva portato a 30 l’elenco dei progetti prioritari inserendo anche le *Autostrade del Mare*, inoltre veniva fissato l’anno 2020 per il completamento rete.

**Tabella 4.2: Progetti prioritari per la rete trans-europea di trasporto fino al 2020
(Elenco 1)**

1.	GALILEO
2.	Eliminare le strozzature sui bacini di Reno, Meno e Danubio
3.	Autostrade del Mare
4.	Linea ferroviaria mista Lione–Trieste/Koper–Lubiana–Budapest
5.	Linea ferroviaria mista Berlino–Verona–Napoli/Milano–Bologna
6.	Linea ferroviaria mista frontiera Grecia/Bulgaria–Sofia–Budapest–Vienna–Praga–Norimberga
7.	Linee ferroviarie ad alta velocità, Europa sudoccidentale
8.	Linea ferroviaria mista Danzica–Varsavia–Brno/Zilina
9.	Linea ferroviaria mista Lione/Genova–Basilea–Duisburg–Rotterdam/Anversa
10.	Linea ferroviaria mista Parigi–Strasburgo–Stoccarda–Vienna–Bratislava
11.	Interoperabilità della rete ferroviaria ad alta velocità nella penisolaiberica
12.	Collegamenti multimodali Irlanda/UK/Europa continentale
13.	Ponte stradale e ferroviario sullo stretto di Messina
14.	Raccordo fisso stradale/ferroviario sul Fehmarn Belt
15.	Triangolo nordico
16.	Collegamento multimodale Portogallo/Spagna con il resto d’Europa
17.	Autostrada frontiera Grecia/Bulgaria –Sofia – Nadlac (Budapest)/(Costanza)
18.	Autostrada Danzica –Katowice –Brno / Zilina –Vienna

Fonte: Commissione Europea Direzione Generale dell’Energia e dei Trasporti, 2003

Le proposte relative alle *Autostrade del Mare* prevedono collegamenti marittimi tra gli Stati membri che si affacciano sul Baltico e gli Stati membri dell’Europa centrale; tra il Mar Adriatico e lo Ionio e il Mediterraneo orientale – Cipro compreso – e collegamenti tra Europa sud-occidentale con Malta e l’Europa sud-orientale. In particolare il nuovo quadro TEN-T identifica 4 grandi direttrici di *Autostrade del Mare* a livello infraeuropeo:

- Autostrada del Mar Baltico (per collegare gli Stati membri affacciati sul Mar Baltico con l’Europa centrale e occidentale) (2010);
- Autostrada del Mare dell’Europa occidentale (per collegare la penisola iberica, tramite l’Arco atlantico, al Mare del Nord e al Mare d’Irlanda) (2010);

- Autostrada del Mare dell'Europa sudorientale (per collegare il Mar Adriatico al mar Ionio e al Mediterraneo orientale, includendo Cipro) (2010);
- Autostrada del Mare dell'Europa sud-occidentale (Mediterraneo occidentale), per collegare Spagna, Francia, Italia (compresa Malta), collegata all'Autostrada del Mare dell'Europa sud-orientale) (2010).

Il costo totale dei 30 progetti prioritari è stimato in circa 220 miliardi di euro, di cui 20.35 miliardi finanziati direttamente dalla UE per il periodo 2007–2013. Il costo totale di realizzazione della Rete Trans-europea di Trasporto compresi i progetti di interesse comune *non* classificati come prioritari (escludendo l'importo per la realizzazione delle *Autostrade del Mare*) è di 600 miliardi di euro.

4.1.3.2 Le politiche di coesione

L'obiettivo centrale della politica di coesione territoriale dell'Unione Europea è la promozione di un progresso economico e sociale equilibrato e sostenibile mediante la creazione di uno spazio senza frontiere interne ed il rafforzamento della coesione economica e sociale nell'intero territorio. A tal fine l'UE ha istituito due fondi "strutturali" (FESR e FSE) e un Fondo di Coesione.

Fra i fondi di coesione il principale è attualmente il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), istituito nel 1975. Esso finanzia la realizzazione di infrastrutture e investimenti produttivi generatori di occupazione a favore in particolare delle imprese; il Fondo Sociale Europeo (FSE), invece, istituito nel 1958, favorisce l'inserimento professionale dei disoccupati e delle categorie sociali meno favorite finanziando in particolare azioni di formazione.

Il Fondo di Coesione è stato istituito nel 1994 per accelerare i tempi della convergenza economica, sociale e territoriale; esso è destinato ai paesi con un PIL medio pro capite inferiore al 90% della media comunitaria e si propone di concedere finanziamenti a favore di progetti infrastrutturali nei settori dell'ambiente e dei trasporti. Gli aiuti nell'ambito del Fondo di Coesione sono tuttavia soggetti ad alcune condizioni: nel caso in cui lo Stato membro beneficiario presenti un deficit pubblico superiore al 3% del PIL (regole di convergenza dell'Unione Economica e Monetaria), non verrà approvato alcun progetto nuovo fino a quando il deficit non sia di nuovo sotto controllo.

Il nuovo ciclo delle politiche di coesione ha preso avvio nel 2007 e si svilupperà sino al 2013. Secondo le dichiarazioni d'indirizzo, è necessario orientare i finanziamenti ad una maggiore coerenza con gli obiettivi strategici dell'Unione stabiliti dai Consigli Europei di Lisbona e di Göteborg⁷⁶ ossia competitività e sostenibilità dello sviluppo; vengono individuate tre finalità principali:

⁷⁶ Marzo 2000 e giugno 2001.

- aumento della creazione di nuovi posti di lavoro nelle regioni meno sviluppate;
- incremento di competitività delle regioni, sostenendo le autorità ad anticipare e promuovere i mutamenti economici;
- promozione dello sviluppo equilibrato ed armonioso del territorio.

Ciò si traduce nella formulazione di tre programmi differenziati in relazione all'ambito territoriale di applicazione:

- obiettivo Convergenza: riguarda gli Stati membri e le regioni meno sviluppate le quali rappresentano la prima priorità della politica di coesione comunitaria; è finanziato da FESR, FSE e Fondo di Coesione. Corrisponde, nella precedente programmazione, all'obiettivo 1, sviluppo e adeguamento strutturale delle regioni in ritardo di sviluppo;
- obiettivo Competitività Regionale e occupazione: riguarda il territorio dell'Unione che non rientra nell'obiettivo Convergenza; è finanziato da FESR e FSE. Corrisponde, nella precedente programmazione, all'obiettivo 2, riconversione socio-economica delle regioni con problemi strutturali, e all'obiettivo 3, formazione-occupazione;
- obiettivo Cooperazione territoriale europea: riguarda tutte le regioni comprendenti frontiere terrestri o marittime nonché zone di cooperazione transnazionale; è finanziato dal FESR.

Attraverso i Fondi strutturali, alle politiche di coesione 2007-2013 vengono destinati circa 863 miliardi di euro in stanziamenti di impegno, ripartiti secondo le seguenti percentuali: l'81,7% per l'obiettivo Convergenza, il 15,8% per quello Competitività regionale e dell'occupazione, il 2,4% all'obiettivo Cooperazione territoriale europea. I programmi operativi dovranno essere sviluppati intorno a tre temi: innovazione e conoscenza, ambiente e prevenzione dei rischi, accessibilità territoriale e servizi d'interesse economico generale. L'intreccio tra obiettivo della sostenibilità dello sviluppo e questione urbana comporta la possibilità di cofinanziare anche i sistemi di trasporto urbani e la loro accessibilità regionale, dando applicazione ad interventi in favore della tutela ambientale e dell'uso efficiente dell'energia.

4.1.3.3 Interventi settoriali

Dopo la pubblicazione del Libro Bianco del 2001, la Commissione e gli organi legislativi europei hanno dato corso ad una serie di iniziative coerenti con le indicazioni programmatiche.

Per il settore ferroviario, il 2004 è stato un anno ricco di iniziative, con l'istituzione dell'Agenzia Ferroviaria Europea (ERA) [17] avente il compito di avvicinare progressivamente le procedure d'esercizio e di sicurezza delle reti dei 25 membri dell'Unione, le Direttive [18] sullo sviluppo delle ferrovie co-

munitarie, sull'interoperabilità del sistema ferroviario europeo e sulla sicurezza delle ferrovie ("secondo pacchetto ferroviario"), l'insieme di proposte della Commissione [19], noto come "terzo pacchetto ferroviario" riguardanti la liberalizzazione del mercato del trasporto passeggeri, la certificazione dei macchinisti, i diritti e gli obblighi dei passeggeri, la qualità dei servizi; nel 2005 la Commissione ha elaborato una comunicazione [20] sulla realizzazione del sistema europeo di segnalamento ferroviario, evidenziando la portata industriale di tale iniziativa; nel 2006 la Commissione ha promosso la definizione di uno standard europeo di omologazione dei locomotori [21].

Sul fronte del trasporto stradale i documenti di maggior rilievo riguardano la sicurezza: tutti gli Stati membri, infatti, si devono confrontare con problematiche molto simili, come la velocità eccessiva, il consumo di alcool e di stupefacenti, il mancato uso delle cinture di sicurezza e del casco, insufficiente protezione offerta dai veicoli, punti ad alto rischio di incidenti nella rete stradale (cosiddetti Black Points), l'inosservanza dei tempi di guida e di riposo per il trasporto professionale, la cattiva visibilità; in particolare i nuovi paesi membri presentano un basso livello di sicurezza stradale; a fronte di ciò, regole, controlli e sanzioni sono estremamente diversificati.

Il Programma d'azione europeo per la sicurezza stradale per il periodo 2003–2010 [22] si pone l'obiettivo di dimezzare il numero di morti per incidenti stradali attraverso una maggiore sensibilizzazione e una migliore formazione degli utenti della strada, una maggiore efficacia dei controlli, il miglioramento tecnologico dei veicoli, l'eliminazione dei punti pericolosi della rete stradale, il miglioramento delle procedure di primo soccorso.

L'impostazione di fondo è quella di creare un sistema di infrastrutture/veicoli /conducenti adattato per proteggere meglio gli utenti contro le "debolezze umane". L'Unione Europea può legiferare in questo senso adottando misure in grado di migliorare la sicurezza dei trasporti; dispone di mezzi finanziari per sostenere iniziative per la sensibilizzazione; svolge un importante ruolo nella determinazione e diffusione delle buone pratiche.

Secondo la Commissione Europea, l'inosservanza da parte degli utenti della legislazione di base in materia di sicurezza stradale è di gran lunga la principale causa degli incidenti gravi.

Intervenire con un'azione mirata sulle tre cause principali degli incidenti stradali (alcool al volante, mancato uso della cintura di sicurezza e del casco, eccesso di velocità) potrebbe consentire di raggiungere la metà dell'obiettivo di riduzione del numero di morti. La Commissione dà priorità alle campagne di educazione e di sensibilizzazione per incoraggiare l'uso del casco e delle cinture e per evitare la velocità eccessiva e il consumo di alcool e droghe e ai corsi di formazione dei conducenti professionisti.

Non si può prescindere dal rafforzamento della normativa sulle condizioni di lavoro dei conducenti professionali, soprattutto relativamente ai tempi di guida e di riposo. Per il miglioramento dei comportamenti individuali è necessario sottolineare lo stretto legame esistente tra sicurezza e controlli; tanto è vero che gli Stati membri con i migliori risultati in termini di sicurezza stradale sono proprio quelli che hanno anche un ottimo ed efficiente sistema di controllo: tra gli obiettivi comunitari c'è proprio quello di uniformare queste forme di intervento, attualmente molto varie da uno Stato all'altro; la commissione intende intervenire contribuendo alla realizzazione di una rete di informazione tra le Amministrazioni nazionali.

Il secondo campo di azione individuato riguarda il progresso tecnologico e tutte quelle attività necessarie per sfruttare al meglio le evoluzioni della scienza. L'obiettivo è quello di fissare migliori livelli di sicurezza per i veicoli intervenendo con armonizzazioni della sicurezza sia passiva che attiva. Le informazioni oggettive sul livello di sicurezza dei veicoli devono divenire un elemento cardine su cui investire. A tale proposito, la Commissione continua a sostenere il Programma Europeo di valutazione dei nuovi modelli di automobili (EU-RONCAP) per testare la sicurezza secondo protocolli armonizzati di prova. In tema di sicurezza passiva, l'uso delle cinture deve essere fortemente incoraggiato attraverso l'utilizzo di dispositivi di segnalazione visiva e auditiva. Incoraggiare la prevenzione e la sicurezza attiva attraverso le nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ITS – Intelligent Transport System) è un altro importante obiettivo come la diffusione di dispositivi di sicurezza (es. l'ABS e l'ESP).

Grazie al miglioramento delle infrastrutture stradali con la completa eliminazione dei tratti pericolosi, si può contribuire sensibilmente a diminuire la frequenza e la gravità degli incidenti. Lo sviluppo delle cosiddette "strade intelligenti" e la messa in servizio del sistema Galileo (per il posizionamento via satellite) permetteranno di sviluppare sistemi più precisi di navigazione e di orientamento.

Per il soccorso e l'assistenza alle vittime della strada, l'obiettivo fissato è quello di esaminare le migliori prassi nel campo delle cure mediche post-trauma e diffonderle tra gli Stati membri: migliaia di vittime potrebbero essere salvate migliorando la rapidità di intervento e di diagnosi al momento dell'incidente.

Infine, la Commissione Europea si pone l'obiettivo di migliorare la raccolta e l'analisi dei dati relativi agli incidenti stradali, per individuare i campi di azione prioritari. Per tale ragione ha definito dei metodi di indagine sugli incidenti (cosiddetto "progetto Stairs") e la creazione di un database CARE. Il progetto di ricerca europeo del V Programma Quadro Rosebud nasce allo scopo di conoscere opinioni e diffondere l'utilizzo dell'analisi costi-benefici e costi-efficacia degli interventi a favore della sicurezza.

In applicazione di alcuni dei criteri stabiliti dal Programma Europeo per la Sicurezza Stradale, la Direttiva 2004/54/CE [23] stabilisce i requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale trans-europea.

Per il trasporto marittimo, l'attività di programmazione e normazione è stata molto intensa dal 2001 ad oggi, coerentemente con le indicazioni del Libro Bianco; nel 2002 il Parlamento ed il Consiglio hanno approvato l'istituzione di un'Agenzia Europea per la sicurezza marittima [24], con il compito di fornire assistenza agli Stati membri ed alla Commissione per una corretta applicazione della legislazione comunitaria in materia di sicurezza marittima, controllarne l'attuazione e valutarne l'efficacia; quasi contemporaneamente, sulla spinta del disastro della petroliera Erika, veniva emanata la Direttiva comunitaria [25] per lo sviluppo e l'adozione di un sistema informativo di monitoraggio e controllo del traffico marittimo a livello comunitario; a fine 2002 la Commissione pubblicava la Strategia per la riduzione delle emissioni atmosferiche dalle navi marittime [26]; l'anno successivo la Commissione ha varato il Programma di promozione del trasporto marittimo a corto raggio 2003–2010 [27], che indica 14 misure suddivise per tipo di attività (legislative, tecniche, operative) e per ogni misura indica i soggetti attuatori ed il calendario previsto; a fine 2003 la Commissione ha emanato un regolamento [28] sul sistema satellitare di monitoraggio dei natanti da pesca (VMS); a partire del maggio 2004 entrano in vigore i nuovi orientamenti in materia di aiuti di Stato ai trasporti marittimi stabiliti dalla Commissione Europea; nel 2006, in linea con l'agenda di Lisbona, è stata la volta del Libro Verde della Commissione "Verso la futura politica marittima dell'Unione: oceani e mari nella visione europea" [29], in cui si dà atto del ruolo da protagonista dell'Unione come prima potenza marittima mondiale in quanto a volume degli scambi, tecniche di costruzione navale, produzione di energia offshore, qualità dei servizi e si individuano obiettivi di tutela dell'ambiente marino e delle regioni costiere, indicando nella ricerca e nell'innovazione tecnologica, nella qualificazione del personale marittimo e nella semplificazione del quadro regolamentare gli strumenti dell'evoluzione; a metà del 2007, è la volta del Libro Verde della commissione sulla Demolizione delle navi [30]: prendendo atto dei rischi ambientali e per la salute dei lavoratori connessi alle attività di demolizione delle navi, il documento suggerisce l'inserimento di criteri ecologici negli appalti per la demolizione, la promozione della cooperazione e del trasferimento di conoscenze all'interno dell'Unione, la costituzione di un fondo per la demolizione "pulita" delle navi da parte dei proprietari.

Nel campo del trasporto per vie d'acqua interne, la Commissione Europea [31] impone lo sviluppo e l'adozione di un River Information Service per vie di navigazione interne all'Unione; pochi mesi dal Libro Verde sul trasporto marittimo, la Commissione approva il programma NAIADÉ per la promozione del trasporto per vie d'acque interne.

Per il trasporto aereo, nel 2005 la Commissione ha presentato una Comunicazione [32] nella quale considera le diverse opzioni per ridurre l'impatto del trasporto aereo sul consumo energetico e sulle emissioni climalteranti; fra le possibilità delineate: la gestione del traffico e la tassazione dell'energia, oltreché *l'improvement* tecnologico dei veicoli.

Per il trasporto intermodale il Parlamento ed il Consiglio europei hanno approvato, nel 2006, la Direttiva per la standardizzazione delle unità di carico intermodali [33] e precedentemente nel 2003 il programma finanziario Marco Polo [34] (circa 75 milioni di euro) di sostegno al trasporto intermodale⁷⁷; il programma Marco Polo è stato rifinanziato nel 2006 per 400 milioni di euro per il periodo 2007–2013 [35] con il secondo programma Marco Polo: obiettivi prioritari del programma sono la riduzione della congestione stradale e il miglioramento delle prestazioni ambientali del trasporto intermodale. Rispetto al programma precedente il nuovo strumento di finanziamento dispone una più ampia copertura geografica in quanto richiede azioni che si applichino almeno al territorio di due Stati membri e di uno Stato membro e un paese terzo. Inoltre considera fra le azioni ammissibili anche la realizzazione di nuove linee di *Autostrade del Mare* e la riduzione del trasporto via strada.

Nel mese di ottobre 2007 è stato presentato dalla Commissione Europea il piano di azione per la logistica che prevede sei aree di intervento per migliorare il trasporto delle merci. Tra i temi principali la creazione di corridoi verdi e lo sviluppo della logistica urbana.

Riguardo alla mobilità urbana, nel nuovo ciclo delle politiche di coesione 2007–2013 troveranno spazio non solo le opere prioritarie integrate nelle reti trans-europee ma anche i sistemi di trasporto urbani e la loro accessibilità a livello regionale.

⁷⁷ Il primo programma Marco Polo contribuisce al finanziamento di tre tipi di progetto:

- Azioni che mirano al trasferimento di una parte del traffico stradale verso altri modi di trasporto, mediante aiuti per la fase di avviamento di nuovi servizi di trasporto merci non stradale. I costi di creazione di un nuovo servizio possono essere finanziati a concorrenza del 30%.
- Azioni catalizzatrici per progetti innovativi volti a compensare le insufficienze strutturali dei mercati. Ad esempio la creazione di autostrade del mare o di servizi internazionali di trasporto ferroviario di merci di qualità, gestiti sulla base di uno sportello unico. Queste azioni dovrebbero modificare la maniera di praticare il trasporto non stradale di merci e di gestire le reti trans-europee di trasporto o i corridoi paneuropei. L'importo massimo del finanziamento è del 35%.
- Azioni comuni di apprendimento. L'obiettivo è quello di consolidare la cooperazione e lo scambio di know-how fra gli operatori del mercato della logistica del trasporto merci al fine di migliorare le prestazioni ambientali del settore. Il contributo finanziario comunitario è limitato al 50%.

Sul fronte dei veicoli, sono state approvate le direttive per la riduzione delle emissioni inquinanti secondo le scadenze della Direttiva Quadro del '70 [36] e dei successivi emendamenti; nel dicembre del 2005 la Commissione ha proposto di rinforzare i limiti di emissione dei veicoli leggeri, con particolare riferimento al particolato e agli ossidi di azoto; i nuovi standard per le emissioni inquinanti dei veicoli leggeri (Euro V ed Euro VI sono stati approvati con regolamento CE [37] a giugno del 2007.

Con un'iniziativa del febbraio 2006 [38] la Commissione promuove l'uso delle nuove tecnologie telematiche per la produzione di autovetture più sicure, efficienti e pulite.

L'anno successivo, la Commissione presenta al Parlamento la sua posizione in merito al quadro normativo competitivo nel settore automobilistico [39]; nella comunicazione si legge anche che è essenziale incoraggiare la ricerca industriale⁷⁸ e lo sviluppo tecnologico nei settori strategici quali veicoli intelligenti, veicoli puliti, biocarburanti della seconda generazione, celle a idrogeno, pile a combustibile; i finanziamenti sono da ricercarsi nei fondi per il VII Programma Quadro della ricerca europea.

Dei recenti indirizzi in merito al contenimento delle emissioni climalteranti dai veicoli stradali si è discusso precedentemente.

Nel 2003 era stata approvata dal Parlamento e dal Consiglio una Direttiva per la promozione dell'uso dei biocarburanti; la direttiva fissa una minima percentuale di biocarburanti per trazione per ognuno degli Stati membri [40].

4.1.3.4 Finanziamenti per R&S

I programmi di ricerca europei hanno sempre dato spazio alla ricerca nel settore dei trasporti, riconoscendone l'importanza strategica per lo sviluppo sostenibile.

Gli investimenti nella R&S delle industrie dei trasporti dell'UE sono indispensabili per assicurare il vantaggio tecnologico competitivo nei mercati mondiali. Le attività a livello europeo favoriranno inoltre la ristrutturazione dell'industria e comporteranno altresì l'integrazione della catena di approvvigionamento, in particolare per le PMI.

I programmi di ricerca elaborati dalle piattaforme tecnologiche europee confermano la necessità di adottare una nuova prospettiva dei «sistemi di trasporto», che tenga conto delle possibili interazioni tra veicoli o natanti, reti di trasporto o infrastrutture e uso dei servizi di trasporto, prospettiva che può essere sviluppata soltanto a livello europeo.

⁷⁸ Già oggi l'industria automobilistica rappresenta il primo investitore industriale nel campo della ricerca e dello sviluppo, con circa il 5% del fatturato del settore.

I costi della RST in tutti questi settori tendono ad aumentare considerevolmente e la collaborazione a livello UE è fondamentale per raggiungere la «massa critica» di esecutori di RST diversi in grado di affrontare le sfide pluridisciplinari e su vasta scala in modo economicamente efficiente, nonché le sfide di natura politica, tecnologica e socioeconomica poste ad esempio dal «veicolo pulito e sicuro» del futuro, l'interoperabilità e l'intermodalità con particolare riferimento al trasporto per via navigabile e ferroviario, l'accessibilità dei prezzi, la sicurezza tecnica, le capacità, i sistemi di protezione e l'impatto ambientale in un'Unione allargata. Inoltre, lo sviluppo di tecnologie a sostegno del sistema Galileo e delle sue applicazioni sarà un elemento fondamentale nell'attuazione delle politiche europee. Oltre alla loro elevata rilevanza per l'industria, i temi e le attività indicate di seguito rispondono anche alle esigenze dei responsabili politici in modo integrato, tenendo conto degli aspetti economici, sociali e ambientali della politica dei trasporti. Inoltre, sarà fornito un sostegno per rispondere alle esigenze strategiche, attuali e future, ad esempio in relazione all'evoluzione della politica marittima o all'attuazione del cielo unico europeo.

L'ultimo Programma Quadro, il settimo, stanziava per i trasporti 4160 milioni di euro, a cui va aggiunta una parte della quota destinata al settore energetico per l'implementazione del programma Idrogeno e celle a combustibile e per lo sviluppo di motori più efficienti.

Il budget indicativo relativo al programma di lavoro del 2007 è rispettivamente di 155 M€ per il trasporto aereo e di 165 M€ per il trasporto di superficie (ferroviario, stradale e delle vie d'acqua).

Obiettivo del programma di ricerca sui trasporti è lo sviluppo di sistemi paneuropei di trasporto integrati, più sicuri, più ecologici e «intelligenti» a vantaggio di tutti i cittadini, della società e della politica in materia di clima, nel rispetto dell'ambiente e delle risorse naturali; consolidare e approfondire la competitività che le industrie europee hanno raggiunto nel mercato mondiale.

Le principali linee di ricerca indicate per i trasporti di superficie possono essere così riassunte:

- motori e apparati propulsori puliti ed efficienti, compresa la tecnologia ibrida e l'utilizzo di combustibili alternativi per le applicazioni relative ai trasporti quali l'idrogeno e le celle a combustibile, tenendo conto di considerazioni in tema di efficienza dei costi ed energetica;
- strategie per la dismissione "sostenibile" dei veicoli al termine del loro ciclo di vita;
- strumenti telematici per gli scambi di informazione tra veicoli/navi e infrastrutture di trasporto;

- strumenti per l’ottimizzazione dell’utilizzo delle infrastrutture;
- veicoli «puliti» e sicuri per il trasporto urbano;
- strumenti per la pianificazione integrata dell’urbanistica e dei trasporti tenendo conto della loro relazione con la crescita e l’occupazione;
- migliorare la sicurezza tecnica e i sistemi di protezione: miglioramenti inerenti al sistema di trasporto, delle condizioni di trasporto per i conducenti, i passeggeri, gli equipaggi, i ciclisti e pedoni, nonché per le merci, della progettazione e del funzionamento dei veicoli, delle navi e delle infrastrutture, nell’ambito del sistema generale dei trasporti;
- tecnologie avanzate per apparati propulsori, veicoli e navi;
- sistemi di produzione innovativi ed economici e costruzione e manutenzione di infrastrutture; architetture integrative;
- sostegno al sistema europeo di navigazione via satellite (Galileo e E-GNOS): servizi accurati di sincronizzazione e di navigazione per una vasta gamma di settori; uso efficiente della navigazione via satellite e sostegno alla definizione delle tecnologie e delle applicazioni di seconda generazione.

4.2 Le istituzioni italiane

4.2.1 Ripartizione delle competenze giuridico–amministrative⁷⁹

Il DLgs 31 marzo 1998 n. 112 “Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59” (legge Bassanini) ha avviato il processo di decentramento amministrativo–funzionale che si è concluso con la riforma del Titolo V della Costituzione e la successiva Legge attuativa n. 131/2003; fra gli ambiti considerati dal decreto del 1998 figurano anche le opere pubbliche, la viabilità e i trasporti.

In effetti, nel settore dei trasporti pubblici locali il decentramento amministrativo era già stato avviato dal DLgs 19 novembre 1997, n. 422 (decreto Burlando) “Conferimento alle Regioni ed agli enti locali di funzioni e compiti in materia di trasporto pubblico locale, a norma dell’articolo 4, comma 4, della L. 15 marzo 1997, n. 59”. Secondo tale decreto sono riservate allo Stato competenze tassativamente individuate, quali la stipula di accordi internazionali, le funzioni in materia di sicurezza, l’adozione di linee guida e principi quadro in materia di inquinamento, la formulazione del piano generale dei trasporti, la

⁷⁹ Sintesi del Quaderno n. 2 della collana predisposta da Uniontrasporti [41].

definizione di standard e prescrizioni tecniche in materia di sicurezza. Le Regioni, alle quali sono conferite tutte le competenze amministrative non espressamente riservate allo Stato, assumono, sostanzialmente, un ruolo di programmazione, definendo i piani di bacino ed i piani regionali di trasporto, disciplinando il livello dei servizi minimi essenziali (secondo le modalità stabilite con legge regionale) ed aspetti quali l'integrazione modale, le risorse da destinare all'esercizio, le modalità di determinazione delle tariffe, le modalità di attuazione e revisione dei contratti di servizio pubblico, il sistema di vigilanza sul servizio, i criteri per la riduzione dell'inquinamento. Agli enti locali, le Regioni trasferiscono tutte le funzioni ed i compiti in materia di trasporto pubblico locale "che non richiedano l'unitario esercizio a livello nazionale".

La riforma del Titolo V della parte seconda della Costituzione, approvata attraverso referendum confermativo e sancita dalla legge costituzionale del 18 ottobre 2001, ha successivamente consolidato e esteso le competenze regionali in materia di territorio, porti e aeroporti, grandi reti di trasporto e navigazione, concorrentemente con lo Stato.

Più precisamente, in base alla nuova formulazione dell'art. 117 della Costituzione, le funzioni legislative degli enti territoriali che compongono la Repubblica sono ripartite su tre livelli:

- competenza esclusiva dello Stato nelle materie indicate al comma 2 (es. politica estera e rapporti internazionali, tutela della concorrenza, difesa e forze armate, moneta, tutela dell'ambiente, perequazione finanziaria ecc.);
- competenza concorrente tra Stato e Regioni nelle materie espressamente elencate nel comma 3 (es. tutela del territorio, porti e aeroporti civili; grandi reti di trasporto e di navigazione, tutela e sicurezza del lavoro ecc.): in tale ambito, allo Stato compete la determinazione dei principi fondamentali mentre alle Regioni spetta l'adozione, nel rispetto dei principi statali, della legislazione di dettaglio;
- competenza residuale (o esclusiva) delle Regioni "con riferimento ad ogni materia non espressamente riservata", in via esclusiva o concorrente, alla legislazione dello Stato (comma 4); tra queste vi rientrano i lavori pubblici.

Sia per la competenza legislativa dello Stato, sia per quella delle Regioni, è previsto il limite dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dagli obblighi internazionali (art. 117, 1° comma).

Per quanto concerne la potestà regolamentare, essa spetta allo Stato soltanto nelle materie di legislazione esclusiva, salvo delega alle Regioni, mentre spetta alle Regioni in ogni altra materia. Ampie potestà regolamentari vengono attribuite agli enti locali minori (Comuni, Province e Città metropolitane) riguardanti non solo, come è comprensibile, la disciplina della loro organizzazione,

ma anche “lo svolgimento delle funzioni loro attribuite” (art. 117, 6° comma)⁸⁰.

Si aggiunga che nelle materie di sua competenza la Regione può concludere accordi con Stati e intese con enti territoriali interni ad altro Stato, seppure nei casi e con le forme disciplinati da leggi dello Stato (art. 117, 5° comma).

Le grandi opere infrastrutturali rientrano tra le materie di legislazione concorrente.

Su tale punto il più recente riferimento normativo è rappresentato dalla legge 21 dicembre 2001 n. 443, recante “Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive” (legge Obiettivo); dal DLgs 20 agosto 2002 n. 190 “Attuazione della legge 21 dicembre 2001 n. 443 per la realizzazione delle infrastrutture e degli insediamenti produttivi strategici e di interesse nazionale”, e dalla delibera del CIPE 21 dicembre 2001, avente ad oggetto “Legge Obiettivo: I° Programma delle infrastrutture strategiche”.

Tale complesso normativo disciplina:

- le infrastrutture strategiche pubbliche di preminente interesse nazionale;
- gli insediamenti produttivi strategici e le infrastrutture strategiche private di preminente interesse nazionale;
- le infrastrutture strategiche pubbliche in cui l’interesse regionale è concorrente con il preminente interesse nazionale;
- gli insediamenti produttivi e le infrastrutture strategiche private in cui l’interesse regionale è concorrente con il preminente interesse nazionale.

Sotto il profilo del procedimento o meglio, della sequenza dei procedimenti, volti ad identificare le infrastrutture e gli insediamenti produttivi strategici, la legge prevede:

- la predisposizione di un programma delle opere strategiche, che in sostanza ne contiene la individuazione specifica, redatto dal Ministro delle infrastrutture e dei trasporti d’intesa con i Ministri competenti o i Presidenti delle Regioni o Province autonome interessate, e inserito, previo parere del CIPE, nel DPEF. (v. art. 1, comma 10, l. 443/2001);

⁸⁰ Riguardo a tale competenza la legge n. 131 del 2003 (c.d. legge La Loggia) sembra avere circoscritto la potestà regolamentare dei Comuni, delle Province e della Città metropolitana, disponendo che i regolamenti devono mantenersi “nell’ambito della legislazione dello Stato o della Regione, che ne assicura i requisiti minimi di uniformità, secondo le rispettive competenze” (art. 4).

- l'individuazione degli insediamenti e delle infrastrutture in cui l'interesse regionale è concorrente con il preminente interesse nazionale, e che pure sono inseriti nel programma delle opere strategiche sulla base di intese generali tra il Governo e ogni singola Regione o provincia autonoma interessata (art. 1, comma 1 DLgs 190);
- l'approvazione dei progetti e delle infrastrutture d'intesa tra Stato e Regioni nell'ambito del CIPE, allargato ai Presidenti delle Regioni e delle Province autonome interessate; in questo caso, la novità della legge 443/2001 sta nell'aver introdotto una unica autorità, pur sempre mista (Governo e Regioni/Province Autonome): tale figura accentra i poteri ma li gestisce in un quadro di massima apertura alla valutazione di tutti i soggetti interessati, assumendo però la responsabilità di decisione finale.

Inoltre la legge Obiettivo prevede il ricorso alla tecnica del *project financing* (o finanza di progetto) per finanziare e realizzare, con il concorso del capitale privato, le infrastrutture e gli insediamenti produttivi. Il ricorso alla finanza di progetto è giustificata anche per il suo vasto ambito di applicazione, che va dalla realizzazione di opere pubbliche di notevole rilievo (ferrovie, metropolitane, ponti, autostrade, aree portuali attrezzate e aeroporti), ai piccoli progetti all'interno delle realtà territoriali minori (parcheggi, metropolitane di superficie).

La legge Obiettivo ed i decreti ad essa collegati pongono importanti questioni di natura giuridico-normativa.

Innanzitutto questi strumenti disciplinano materie che, secondo la riforma costituzionale, sarebbero oggetto di legislazione concorrente quali porti, aeroporti civili, grandi reti di trasporto e navigazione, produzione, trasporto e distribuzione nazionale dell'energia mentre la nuova formulazione dell'art. 117 della Costituzione, che limita la competenza dello Stato alla determinazione dei principi fondamentali della disciplina, non consentirebbe più allo Stato di legiferare il dettaglio nelle materie di competenza concorrente, salvo la possibilità-capacità per le Regioni di "espellere" tale legislazione (definita appunto "cedevole") facendo uso della propria competenza.

Inoltre la legge del 2001, pur facendo continuo riferimento ai contenuti del Piano Generale dei Trasporti, di fatto ne avoca alcune fra le più importanti competenze stabilite dalla legge n. 245 del 15 giugno 1984.

Riguardo al primo aspetto è stato tuttavia osservato che il principio di concorrenzialità è rappresentato dalla procedura (molto collaborativa) attraverso cui si determinano le scelte strategiche; inoltre nelle valutazioni sia di localizzazione sia specifiche dei progetti – atteso il rilevante impatto ambientale di tali opere – assume rilievo primario la competenza esclusiva dello Stato in materia di ambiente.

In data 11 giugno 2003 è entrata in vigore la legge 5 giugno 2003, n. 131, recante disposizioni per l'adeguamento dell'ordinamento della Repubblica alla menzionata legge costituzionale 18 ottobre 2001, n. 3 (di riforma del Titolo V). Fra le varie disposizioni di rilievo, tale provvedimento contiene un'ampia delega al governo (articolo 2) per adottare, "... uno o più decreti legislativi diretti alla individuazione delle funzioni fondamentali ai sensi dell'articolo 117, secondo comma, lettera p) della Costituzione essenziali per il funzionamento di Comuni, Province e Città Metropolitane...", nonché diretti alla "... revisione delle disposizioni in materia di enti locali per adeguarle alla legge costituzionale...".

Con riguardo al settore dei lavori pubblici spetterebbe alle Regioni, ex art. 117, comma 4 Cost., una potestà residuale affiancata comunque a quella dello Stato. Quest'ultimo infatti rimarrà competente in relazione alla disciplina e alla realizzazione delle opere di sua spettanza quali, a titolo esemplificativo, le grandi infrastrutture di interesse nazionale. Peraltro, a differenza di quanto avviene nelle materie di legislazione concorrente, nelle materie di legislazione residuale non sembra operare, per la potestà legislativa regionale, il vincolo dei principi fondamentali fissati dalla legge dello Stato. Ne conseguirebbe una notevole libertà per il legislatore locale che, in futuro, potrebbe addirittura emanare atti normativi sganciati da quanto prevede la legge Merloni ed i suoi regolamenti di attuazione. In particolare, il carattere di vincolo della legge quadro nazionale (legge 109/1994 s.m.i.) per il legislatore regionale dipenderà dall'importanza che verrà riconosciuta all'art. 120 della Costituzione, laddove attribuisce poteri sostitutivi al Governo "a tutela dell'unità giuridica o dell'unità economica" della Repubblica.

La materia dei lavori pubblici di interesse regionale non è più espressamente menzionata e ciò dovrebbe ricondurre tutto nell'ambito della legislazione esclusiva regionale per effetto della clausola generale di riserva del comma 4 dell'art. 117. Rientrano, però, nella legislazione concorrente i porti e aeroporti civili, le grandi reti di trasporto e di navigazione, l'ordinamento della comunicazione ed il trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. Dunque, le grandi opere infrastrutturali ed i lavori relativi alle grandi reti di erogazione dei servizi sono oggetto di una legislazione che chiama rispettivamente Stato e Regioni a fissare i principi fondamentali e la normativa di dettaglio.

Ciò pone anche in questa sede alcuni dubbi di ordine generale: se i principi fondamentali possano trarsi dall'ordinamento già vigente, se debbano essere posti da leggi-cornice ad hoc, se la fissazione di nuovi principi sia o meno condizione di esercizio della potestà legislativa regionale, se vi siano e quali siano i limiti di oggetto della legge statale sui principi.

La ripartizione delle competenze in materia di lavori pubblici delineata dal Legislatore è stata più volte oggetto, vista la riscontrata problematicità, di interventi chiarificatori della Corte Costituzionale. Le sentenze da questa emesse

in materia di contenzioso tra Stato e Regione a partire dall'anno 2002, sono state numerosissime, cosicché dal loro esame possono trarsi le seguenti principali indicazioni.

La Corte Costituzionale ha riconosciuto che esistono materie di competenza esclusiva statale di tipo "trasversale" (in particolare: tutela dell'ambiente, tutela della concorrenza, determinazione dei livelli essenziali delle prestazioni concernenti diritti civili e sociali). Vengono considerate materie trasversali quelle che, anziché individuare un dato settore della legislazione, sono caratterizzate da una finalità. Sono trasversali proprio perché esprimono dei valori che toccano oggetti tra loro diversi, e vari interessi, incidendo anche su materie di competenza regionale, sia concorrente che residuale. Proprio perché hanno una siffatta capacità di espansione, le materie statali trasversali non devono schiacciare, in senso verticale, le materie regionali ma devono, al contrario, rispettare dei limiti, in modo tale che le Regioni possano conservare spazi di attuazione garantiti dalla Costituzione. Così, per fare l'esempio probabilmente più significativo, la potestà statale di dettare norme a tutela dell'ambiente, non esclude il concorso della potestà legislativa regionale che può essere esercitata con la stessa finalità, ed autonomamente (Corte Cost. 20 dicembre 2002, n. 536; 7 ottobre 2003, n. 307; 24 giugno 2003, n. 222).

La materia dei lavori pubblici è anche materia di confine tra il diritto pubblico ed il diritto civile: l'esecuzione del contratto, la regolazione di peculiari aspetti del rapporto, l'attività della società di progetto e i suoi rapporti col pubblico dei risparmiatori, l'equilibrio delle clausole su cui si regge una operazione di *project financing* sono fenomeni rispetto ai quali non può dirsi che l'ordinamento civile (lettera i del art. 117) sia indifferente. E la disciplina sull'arbitrato e sui sistemi di definizione bonaria delle controversie è sul crinale dell'ambito occupato dalle norme processuali (ancora la lettera i del art. 117). I nodi irrisolti del nuovo impianto costituzionale, dunque, si riversano sui lavori pubblici e lasciano l'interprete nell'insicurezza sulla portata, nonché sulla legittimazione attuale e futura delle fonti. Per tacere ancora delle questioni sul potere regolamentare.

Tuttavia, è possibile muovere da una nota di conforto, che concerne proprio questo settore: se è vero, come è stato detto, che la legge statale ha ormai perso il suo ruolo nell'ordinamento, una funzione di questo tipo è adempiuta dall'ordinamento comunitario. Per gli appalti sopra-soglia resta, infatti, il parametro certo delle direttive comunitarie, che ovviamente si impongono con pari forza ed anche qui dovremo nuovamente interrogarci secondo quali presupposti e con quali effetti sulla legge statale e su quella regionale.

Riguardo alla ripartizione delle competenze amministrative definita dal Decreto Burlando nel 1997, la riformulazione del Titolo V della Costituzione impone oggi una valutazione sulla compatibilità della disciplina legislativa nazionale dei trasporti pubblici locali (e dei servizi pubblici locali in generale)

con la nuova disciplina costituzionale. Sembra, peraltro, che la coerenza del sistema possa, comunque, essere ristabilita grazie ad una lettura della disciplina di settore come funzionale all'apertura alla concorrenza (ambito che, in base alle previsioni costituzionali, resta alla potestà legislativa statale esclusiva), e ciò anche alla luce dell'esigenza di limitare il più possibile la frammentazione delle regolazioni regionali, suscettibile di ostacolare la piena attuazione della normativa comunitaria. È poi da rilevare che le Regioni, tenute ad individuare il livello minimo dei servizi secondo quanto previsto dal DLgs n. 422/1997, dovranno uniformarsi a quanto previsto a livello nazionale in ordine ai "livelli essenziali delle prestazioni concernenti diritti civili e sociali che devono essere garantiti su tutto il territorio nazionale".

La riforma costituzionale impone anche una nuova considerazione della ripartizione di competenze amministrative di interesse esclusivamente locale (che in base al precedente testo dell'art. 118 Cost. potevano essere attribuite con legge — le norme di attuazione della legge n. 57 — alle Province, ai Comuni o agli altri enti locali a fronte della generale attribuzione alle Regioni di competenze amministrative per le materie in cui esercitavano potestà legislativa concorrente), ma che l'art. 118 Cost. conferisce direttamente (ed in via esclusiva) ai Comuni, "salvo che, per assicurarne l'esercizio unitario, siano conferite a Province, Città metropolitane, Regioni e Stato, sulla base dei principi di sussidiarietà, differenziazione ed adeguatezza".

Dunque, in ordine alla ripartizione delle funzioni amministrative, il criterio di base resta quello della sussidiarietà, contemplato nell'articolo 118 della Costituzione, alla stregua del quale le funzioni amministrative sono attribuite al livello ritenuto più vicino alla collettività. In questo senso i principali interessati della ripartizione funzionale saranno i Comuni, salvo che, "per assicurarne l'esercizio unitario, siano interessate Province, Città metropolitane, Regioni e Stato", sulla base, oltre che del richiamato principio di sussidiarietà, anche dei principi di "differenziazione ed adeguatezza" (comma 1), la cui applicazione consente di tenere conto delle differenze che si riscontrano tra i diversi enti, in particolare tra i Comuni (assai diversi per dimensioni, e quindi per strutture e servizi). Si prevede altresì che gli enti locali minori possono avere attribuite funzioni amministrative con legge statale o regionale (comma 2).

Sulla base di tali presupposti, l'attribuzione delle funzioni amministrative, viene "decostituzionalizzata", in quanto la Costituzione si limita ad indicare dei criteri, lasciando alla legge statale o regionale di assegnare le funzioni amministrative ai diversi enti.

In secondo luogo viene meno il criterio del "parallelismo" che caratterizzava l'assetto originario, criterio in base al quale le competenze amministrative seguivano quelle legislative, sicché le Regioni esercitavano competenze amministrative nelle materie nelle quali avevano potestà legislativa.

Il criterio adesso adottato è, al contrario, quello della asimmetria tra funzione legislativa e funzione amministrativa.

4.2.2 *Gli strumenti della programmazione strategica*

4.2.2.1 Generalità

La pianificazione degli interventi sul sistema dei trasporti in Italia è strutturata per livelli gerarchici, con un vincolo di subordinazione tra i diversi livelli. In particolare sono definiti i seguenti livelli e relativi strumenti di piano:

- Livello nazionale: Piano Generale dei Trasporti (PGT), di cui è responsabile il Ministero competente;
- Livello regionale: Piano Regionale dei Trasporti (PRT);
- Livello provinciale: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP);
- Livello locale: Piano Urbano del Traffico (PUT), Piano Urbano dei Parcheggi, Piano del Bacino di Traffico, Piano Urbano della Mobilità (PUM).

Inoltre, in attuazione della delega al Governo in materia di opere pubbliche di preminente interesse nazionale prevista dalla Legge Obiettivo si è avuta una revisione delle attività programmatiche mediante l'individuazione delle opere strategiche attraverso un programma aggiornato annualmente da inserire nel DPEF.

Infine, assumono un ruolo non secondario altri strumenti di piano che agiscono in maniera parallela rispetto a quelli settoriali appena menzionati.

Fra questi si ricordano i programmi di attuazione dei Quadri Strategici Nazionali (QSN) per la politica regionale di sviluppo, di competenza del Ministero dello Sviluppo economico. La politica regionale di sviluppo è specificatamente diretta a garantire che gli obiettivi di competitività siano raggiunti da tutti i territori regionali, anche e soprattutto da quelli che presentano squilibri economico-sociali.

Essa è finanziata da risorse aggiuntive, comunitarie e nazionali, provenienti, rispettivamente, dal bilancio europeo (Fondi strutturali) e nazionali (Fondo di cofinanziamento nazionale ai fondi strutturali e Fondo per le aree sottoutilizzate).

4.2.2.2 Il Piano Generale dei Trasporti

Il Piano Generale dei Trasporti (PGT) è stato istituito dalla legge n. 245 del 15 giugno 1984, successivamente all'istituzione del Piano Regionale dei Trasporti avvenuta nel 1981 (cfr. par. succ), per *“assicurare un indirizzo unitario alla politica dei trasporti nonché di coordinare ed armonizzare l'esercizio delle*

petenze e l'attuazione degli interventi amministrativi dello Stato, delle Regioni e delle Province autonome di Trento e di Bolzano”.

L'elaborazione del PGT è affidata ad un Comitato interministeriale, integrato da cinque presidenti delle Regioni designati dalla Conferenza permanente dei presidenti delle Regioni. Sulla base delle indicazioni fornite dal Comitato al termine dei lavori, il Ministro dei Trasporti predispone lo schema del Piano Generale dei Trasporti che, previo esame del CIPE, viene trasmesso al Parlamento per l'acquisizione del parere delle commissioni permanenti che si pronunciano nei termini fissati dai regolamenti parlamentari. Infine, il piano è approvato dal Consiglio dei Ministri ed adottato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri.

All'aggiornamento del PGT provvede il CIPE, su proposta del Ministro dei Trasporti, e sentite la Conferenza Stato-Regioni e le Regioni interessate, con cadenza almeno triennale. Dopo questa fase, gli aggiornamenti del Piano sono trasmessi nuovamente al Parlamento per l'acquisizione del parere delle commissioni permanenti, successivamente approvati dal Consiglio dei Ministri e adottati con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri.

L'ultimo PGT, le cui indicazioni sono brevemente riportate nel seguito del capitolo, ha assunto la denominazione di Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGTL); esso ha individuato o meglio definito gli strumenti per la pianificazione dei trasporti di livello gerarchico inferiore: a livello regionale e a livello urbano.

4.2.2.3 Il Piano Regionale dei Trasporti⁸¹

Il Piano Regionale dei Trasporti (PRT) è stato istituito dalla legge n. 151 del 10 aprile 1981, “Legge quadro per l'ordinamento, la ristrutturazione ed il potenziamento dei trasporti pubblici locali”, che “stabilisce i principi fondamentali cui le Regioni a statuto ordinario devono attenersi nell'esercizio delle potestà legislative e di programmazione, in materia di trasporti pubblici locali”. Secondo questa legge, “le Regioni, nell'ambito delle loro competenze:

- definiscono la politica regionale dei trasporti in armonia con gli obiettivi del Piano Generale Nazionale dei Trasporti e delle sue articolazioni settoriali;
- predispongono Piani Regionali dei Trasporti in connessione con le previsioni di assetto territoriale e dello sviluppo economico, anche al fine di realizzare l'integrazione e il coordinamento con i servizi ferroviari ed evitare aspetti concorrenziali con gli stessi;
- adottano programmi pluriennali o annuali di intervento, sia per gli investimenti sia per l'esercizio dei trasporti pubblici locali.

⁸¹ Testo tratto dal Quaderno n. 1 della collana elaborata da Uniontrasporti [42].

Secondo la legislazione statale, le Regioni concorrono, altresì, alla elaborazione del Piano Nazionale dei Trasporti e dei Piani di Settore, e collaborano alla predisposizione delle direttive per l'esercizio delle funzioni delegate".

Con i successivi decreti legislativi n. 422 del 19 novembre 1997 e n. 112 del 31 marzo 1998 si è perfezionato normativamente l'ambito di programmazione delle Regioni.

Il decreto legislativo 422/1997 conferisce alle Regioni ed agli enti locali "compiti e funzioni in materia di trasporto pubblico locale" (paragrafo precedente), precisando che nell'ambito della programmazione, le Regioni:

- definiscono gli indirizzi per la pianificazione dei trasporti locali ed in particolare per i Piani di Bacino;
- redigono i Piani Regionali dei Trasporti e i loro aggiornamenti tenendo conto della programmazione degli enti locali ed in particolare dei Piani di Bacino predisposti dalle Province e, ove esistenti, dalle città metropolitane, in connessione con le previsioni di assetto territoriale e di sviluppo economico con il fine di assicurare una rete di trasporto che privilegi le integrazioni tra le varie modalità favorendo in particolar modo quelle a minore impatto sotto il profilo ambientale.

Con l'emanazione del decreto legislativo n. 400 del 20 settembre 1999, modificativo di quello 422/1997, lo Stato ha completato la riforma del trasporto pubblico locale, decentrando tutte le competenze in materia a soggetti pubblici locali per l'espletamento delle funzioni di programmazione, amministrazione e controllo, e riorganizzando la gestione dei servizi in un regime di concorrenza.

Da come definito nella normativa che lo disciplina, il PRT risulta, quindi, uno strumento dinamico che si armonizza con gli indirizzi del Piano Generale dei Trasporti (PGT) e con quelli della Regione, e stabilisce, inoltre, il ruolo che gli enti locali intendono attribuire al sistema regionale dei trasporti a sostegno del proprio sviluppo.

Questo strumento individua tempi, modalità e mezzi atti a superare i punti di crisi del sistema dei trasporti regionali attribuiti principalmente alle caratteristiche del territorio, alla distribuzione della popolazione, alla perdurante inadeguatezza del sistema stradale, alla carenza di infrastrutture ad impianto fisso nonché allo squilibrio tra i vari modi di trasporto. Le posizioni del PRT, in linea con le previsioni di sviluppo socio-economico e di assetto territoriale della Regione, e con gli indirizzi e gli obiettivi del PGT, vanno oltre l'individuazione di interventi, di opere e di criteri di localizzazione. Infatti, esso fornisce anche indicazioni necessarie per elaborare ed attuare progetti coordinati che coinvolgono più amministrazioni pubbliche e soggetti privati.

Il PRT, pertanto, oltre ai compiti sopra menzionati, predispone dei parametri di valutazione preventiva dei progetti e regola le modalità di attuazione (gestionale e finanziario) degli interventi, fornendo un feedback di verifica dei risultati dell'attuazione del Piano.

Nelle linee guida predisposte dal PGTL del 2001 vengono definiti i compiti del PRT, al fine di avere una pianificazione coordinata e coerente con la programmazione nazionale. La mobilità regionale, infatti, coinvolge sia infrastrutture di interesse nazionale, la cui competenza ricade sullo Stato, sia alcune infrastrutture di interesse preminente regionale, a carico delle Regioni.

Il PGTL 2001 indica, quindi, obiettivi, vincoli, metodologie e strategie per la pianificazione dei trasporti a livello regionale.

Gli obiettivi da perseguire tramite i PRT indicati dal PGTL sono:

- garantire l'accessibilità di merci e di persone;
- rendere minimo il costo generalizzato della mobilità individuale e collettiva;
- contribuire all'attuazione degli obiettivi prefissati dal Protocollo di Kyoto.

Da questi obiettivi ne discendono altri:

- riduzione del livello di inquinamento;
- protezione del paesaggio;
- riassetto urbanistici;
- piani di sviluppo economico e sociale.

Tra le strategie che il PGTL 2001 ritiene necessario siano da adottare nei PRT, risulta importante l'attuazione del decentramento amministrativo che porta le Regioni ad essere investite di tutte le competenze necessarie per pianificare i trasporti nel loro territorio, utilizzando il PRT.

4.2.2.4 Il Piano Urbano del Traffico e il Piano Urbano della Mobilità

Agli inizi degli anni novanta l'art. 36 del DLgs. n.285/927 dispone l'obbligo di redazione e adozione dei Piani Urbani del Traffico (PUT) ai Comuni con popolazione superiore ai 30.000 abitanti o, se inferiore, caratterizzati da considerevoli problemi di congestione; obiettivi principali sono: miglioramento delle condizioni di circolazione e della sicurezza stradale, riduzione dell'inquinamento acustico ed atmosferico ed il risparmio energetico; i PUT vanno aggiornati ogni due anni e prevedono interventi a breve termine di adeguamento infrastrutturale, modifiche alla circolazione, alla sosta e adozione di misure per il controllo della domanda privata da realizzarsi con un impegno economi-

co limitato; i criteri e le indicazioni per la realizzazione dei Piani Urbani del Traffico sono contenuti nelle Direttive del Ministero dei Lavori Pubblici emanate nel 1995, che definiscono anche le funzioni e le attività dell'Ufficio tecnico del traffico.

Una decina di anni dopo l'istituzione dei PUT, con la legge n. 340 del 24/11/2000, sono istituiti i Piani Urbani della Mobilità (PUM) *“al fine di soddisfare i fabbisogni di mobilità della popolazione, assicurare l'abbattimento dei livelli di inquinamento atmosferico ed acustico, la riduzione dei consumi energetici, l'aumento dei livelli di sicurezza del trasporto e della circolazione stradale, la minimizzazione dell'uso individuale dell'automobile privata e la moderazione del traffico, l'incremento della capacità di trasporto, l'aumento della percentuale di cittadini trasportati dai sistemi collettivi anche con soluzioni di car pooling e car sharing e la riduzione dei fenomeni di congestione nelle aree urbane”* I PUM sono da intendersi come *“progetti del sistema della mobilità comprendenti l'insieme organico degli interventi sulle infrastrutture di trasporto pubblico e stradali, sui parcheggi di interscambio, sulle tecnologie, sul parco veicoli, sul governo della domanda di trasporto attraverso la struttura dei Mobility Manager, i sistemi di controllo e regolazione del traffico, l'informazione all'utenza, la logistica e le tecnologie destinate alla riorganizzazione della distribuzione delle merci nelle città”*.

Secondo la legge, il PUM è uno strumento che si applica ai Comuni o aggregazioni di Comuni con più di 100.000 abitanti, che possono presentare richiesta di cofinanziamento sino al 60% dei costi d'investimento previsti. Il successivo Piano Generale dei Trasporti (PGTL) chiarirà che i finanziamenti saranno erogati non più per opere ma per obiettivi; inoltre il PUM dovrà integrarsi e coordinarsi con gli strumenti di pianificazione urbanistica.

Il fondo previsto dalla legge non è mai stato costituito e solo diversi anni dopo l'istituzione dei PUM, nel 2005, il competente Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture ha pubblicato le linee guida per la redazione dei piani che individuano quali debbano essere i sistemi compresi nei Piani: le infrastrutture stradali di competenza locale, le infrastrutture di trasporto pubblico ed i parcheggi, i sistemi di controllo e regolazione del traffico, quelli di informazione all'utenza, le tecnologie destinate alla riorganizzazione della distribuzione delle merci. Secondo le linee guida, il Piano dovrà contenere le strategie di intervento relative a quattro componenti del sistema dell'offerta:

- trasporto collettivo;
- rete stradale;
- sosta;
- distribuzione merci.

Secondo le norme ministeriali, la valutazione degli scenari d'intervento deve essere effettuata mediante l'utilizzo di indicatori quantitativi relativi alla funzionalità del sistema di trasporto, alla qualità dell'ambiente, all'uso del territorio, alle necessità finanziarie e gestionali, all'economia; gli indicatori permettono di misurare il raggiungimento degli obiettivi specificati nelle linee guida stesse. Sebbene la guida non definisca l'insieme degli indicatori da dover impiegare, essa ha il merito di ribadire il criterio della valutazione degli interventi di piano in termini quantitativi e in funzione di precisi obiettivi.

Nel frattempo, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) ha rilanciato un altro strumento di pianificazione integrata per le città, il Piano Strategico della Città (PSC) che si rifà alle indicazioni del Sesto Programma di Azione Comunitario in materia di ambiente, il cui elemento fondamentale è l'obbligo per le capitali e gli agglomerati urbani con popolazione superiore a 100.000 abitanti di adottare un Piano di gestione dell'ambiente urbano. Strumento, questo, orientato nel medio-lungo termine a stabilire gli obiettivi da conseguire per dare vita ad un ambiente sostenibile ed a consentire di introdurre anche un apposito sistema di gestione per assicurarne poi la praticabilità. Nel codificare i PCS, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti si impegna a sostenerne finanziariamente la redazione; più esattamente esso cofinanzia la redazione dei PUM sviluppati in stretta coerenza con i PCS.

4.2.3 *L'Amministrazione centrale*

4.2.3.1 Documenti di indirizzo e di piano

In Italia, il *Nuovo Piano Generale dei Trasporti e della Logistica* (PGTL) del 2001 [43] anticipa le indicazioni del Libro Bianco europeo circa l'importanza di rilanciare le modalità di trasporto alternative al trasporto stradale individuale, sia in città, promuovendo i sistemi di trasporto collettivo, sia nei collegamenti extraurbani di lunga distanza, dove la co-modalità, supportata dall'adeguamento delle rete ferroviaria e dei nodi portuali, da un miglioramento dei servizi su ferro e via mare e da una maggiore penetrazione della cultura logistica, deve subentrare al trasporto tutto-gomma, il meno efficiente, il più inquinante, il più pericoloso.

Nella Valutazione Ambientale Strategica del PGTL 2001, condotta dal Ministero dell'Ambiente con la partecipazione dell'ENEA, si dimostra che per conseguire gli obiettivi di Kyoto e contenere il potenziale d'impatto del sistema nazionale dei trasporti è necessario mettere in atto tutte le possibili sinergie, essendo necessario puntare sull'innovazione tecnologica dei veicoli tanto quanto sul riequilibrio modale di merci e passeggeri, sull'ottimizzazione dell'autotrasporto, sul miglioramento delle condizioni di circolazione stradale.

A pochi mesi dall'approvazione del nuovo PGT, con la Delibera CIPE n. 121 del 21 dicembre 2001, in attuazione della legge n. 443/2001, il Governo ha proce-

duto all'identificazione del primo programma di infrastrutture strategiche; nella stessa data, il CIPE ha approvato il "1° programma delle infrastrutture strategiche". Il Governo ha proseguito verso la stessa direzione emanando successivamente due decreti legislativi volti a definire l'iter procedurale finalizzato alla celere realizzazione delle opere strategiche.

Nell'ambito di questa legiferazione successiva al PGTL 2001 è presente anche la legge n. 166 del 1 agosto 2002 recante "Disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti", che contiene una serie di disposizioni, riguardanti il settore delle infrastrutture e dei trasporti.

La legge n. 166/2002 prevede uno stanziamento di settecentomila euro per ciascuno degli anni 2002, 2003 e 2004, per il finanziamento di ulteriori studi e consulenze di approfondimento relativamente ad alcune tematiche specifiche contenute nel PGTL, che necessitano di essere aggiornate rispetto all'evoluzione della domanda di trasporto: sviluppo dell'intermodalità e del trasporto pubblico locale, miglioramento della logistica e incentivazione della liberalizzazione del mercato.

All'art. 1, comma 3, di tale legge, si prevedono, inoltre, l'emanazione di disposizioni correttive ed integrative dei DLgs previsti dalla legge Obiettivo. Infatti, nel gennaio 2005 il Governo ha emanato il DLgs n. 9 recante "Integrazioni al decreto legislativo 20 agosto 2002, n. 190, per l'istituzione del sistema di qualificazione dei contraenti generali delle opere strategiche e di preminente interesse nazionale, a norma della legge 21 dicembre 2001, n. 443". Più recentemente, le linee guida del *Piano Generale della Mobilità* inserito nella Finanziaria 2007 indicano le seguenti aree di criticità su cui concentrare gli sforzi delle politiche di settore per il perseguimento degli obiettivi di sostenibilità:

- mobilità urbana, dove è necessario scoraggiare l'uso del mezzo privato e ridurre il peso del trasporto merci sulla congestione della rete viaria;
- mobilità pendolare, in rapida crescita e non ancora adeguatamente supportata dai servizi di trasporto collettivi;
- servizi aerei, ferroviari e marittimi di collegamento con le regioni meridionali;
- nodi d'interscambio ferro-strada per le merci al Centro e Sud Italia;
- collegamenti ferroviari transalpini inseriti nelle reti TEN-T.

Inoltre il documento segnala l'emergere di alcuni fenomeni importanti ai fini degli scambi di merce come la crescita delle economie dell'estremo oriente, l'avvio della zona di libero scambio nel Mediterraneo, il supergigantismo delle navi portacontaineri, la crescita dei porti del Nord-Africa, la crescente importanza del Mar Nero, i rapporti con i nuovi Stati membri dell'Europa dell'Est e con la Russia.

In ultimo, con decisione del 13 luglio 2007 la Commissione Europea ha approvato la proposta italiana di *Quadro Strategico Nazionale (QSN) per la politica regionale di sviluppo 2007–2013* in cui si legge che “Stato centrale e Regioni hanno deciso in Italia di dare seguito alla riforma della politica di coesione comunitaria – che rafforza il suo indirizzo strategico alla competitività e agli obiettivi di Lisbona e agli strumenti a sostegno di tale strategia – unificando la programmazione della politica regionale comunitaria con quella della politica regionale nazionale (al momento Fondo per le Aree Sottoutilizzate). Gli obiettivi, le priorità, le regole della politica regionale di sviluppo sono quindi stabilite in modo unitario in questo documento. La coerenza temporale e finanziaria sarà assicurata, come scrive l’Intesa, dall’assunzione come per la politica comunitaria, di un impegno programmatico settennale anche per la politica regionale nazionale” [44].

Sulla base di questi orientamenti, nel corso del 2005, Amministrazioni centrali, Regioni e Province Autonome, con il contributo istituzionale e del partenariato economico e sociale, hanno predisposto i documenti preliminari. Nel corso del 2006 ha avuto luogo il confronto fra Amministrazioni centrali, Regioni, Autonomie locali ed esponenti del partenariato economico e sociale sulle analisi e le prime ipotesi contenute nei documenti preliminari. Questo confronto si è sviluppato attorno alle otto aree tematiche di intervento, identificate a partire da quanto emerso nei documenti preliminari⁸².

Il Quadro 2007–2013 si attua attraverso:

- ventuno Programmi Operativi Regionali (POR) monofondo⁸³, uno per ciascuna regione italiana escluso il Trentino Alto Adige per il quale sono previsti due programmi separati per ciascuna delle due Province autonome;
- due Programmi Operativi Interregionali⁸⁴ con contributo comunitario FESR, sempre per le Regioni dell’Obiettivo “Convergenza” e per l’area del Mezzogiorno;

⁸² Istruzione e formazione; Ricerca e innovazione; Banche e aiuti di Stato; Ambiente, risorse naturali e culturali; Mercato dei servizi; Servizi sociali, Inclusione Sicurezza e legalità; Reti/collegamenti; Mercato del Lavoro, Sistemi produttivi, Sviluppo locale; Città, Sistemi produttivi; Internazionalizzazione e attrazione investimenti.

⁸³ Nel senso che ciascun intervento può essere cofinanziato solo a uno degli strumenti di finanziamento ammessi.

⁸⁴ Energie rinnovabili e risparmio energetico; Attrattori culturali, naturali e turismo.

- otto Programmi Operativi Nazionali (PON) per le Regioni dell'Obiettivo "Convergenza" e per l'area del Mezzogiorno⁸⁵, di cui cinque con contributo comunitario del FESR, due con contributo comunitario del FSE (per le medesime priorità cui sono indirizzati tre dei cinque PON FESR);
- il Programma Operativo Nazionale "Azioni di sistema" con contributo comunitario del FSE per le regioni dell'Obiettivo "Competitività regionale e occupazione".

Ai Programmi Operativi Nazionali è affidato il compito di promuovere, in attuazione delle singole priorità di riferimento, quelle politiche e azioni di natura sistemica e/o di rete, basate su una visione e prospettiva di area, che soddisfano la necessaria proiezione sovraregionale della strategia, ovvero assicurano omogeneità di standard e opportunità al territorio, mobilitando attori, conoscenze e strumenti, in grado di soddisfare questi requisiti. Il QSN ha declinato l'obiettivo "Reti e Mobilità" in tre obiettivi specifici, definiti anche in relazione ai livelli più idonei per la loro attuazione:

- nazionale per l'obiettivo specifico 6.1.1 "Contribuire alla realizzazione di un sistema logistico nazionale, supportando la costruzione di una rete nazionale di terminali di trasporto e di logistica, integrata, sicura, interconnessa ed omogenea";
- regionale per gli obiettivi specifici 6.1.2 "Promuovere la mobilità urbana sostenibile e la logistica urbana" e 6.1.3. "Favorire la connessione delle aree produttive e dei sistemi urbani alle reti principali, le sinergie tra i territori e i nodi logistici e l'accessibilità delle aree periferiche: migliorare i servizi di trasporto a livello regionale promuovere modalità sostenibili".

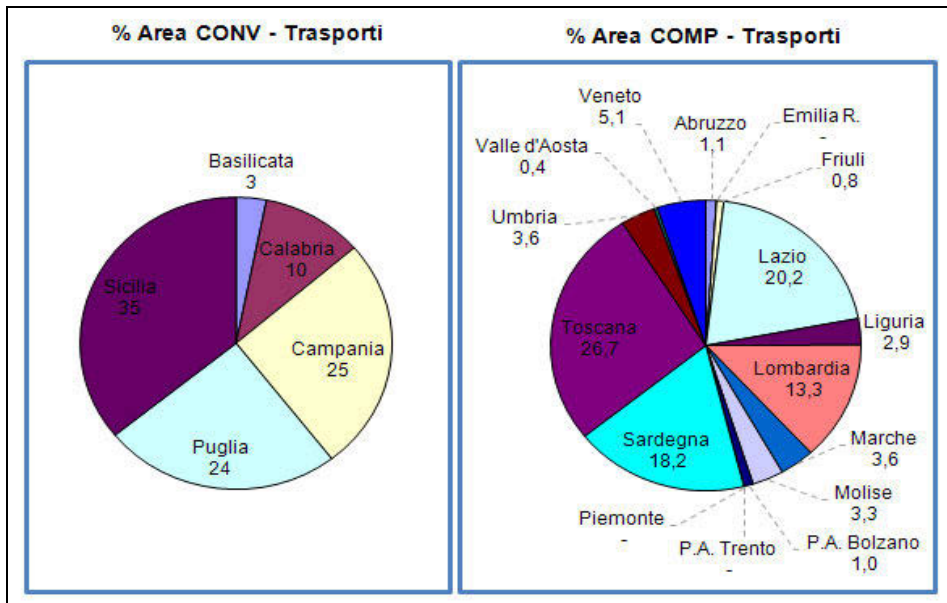
Al primo obiettivo specifico è finalizzato il PON "Reti e Mobilità" a titolarità del Ministero delle Infrastrutture, la cui programmazione e attuazione è partecipata dalle Regioni dell'area convergenza, in modo da garantire coordinamento e integrazione tra i diversi livelli e strumenti di intervento e con le stesse politiche ordinarie; tale programma beneficia di un cofinanziamento comunitario pari a circa 1.375 Meuro su fondi FESR.

I Programmi regionali, invece, sono dedicati all'attuazione degli obiettivi specifici 6.1.2 e 6.1.3. Le Regioni hanno elaborato precise linee di intervento relative al tema "Trasporti", al quale sono state attribuite delle categorie di spesa dedicate.

⁸⁵ Ricerca e competitività; Ambienti per l'apprendimento; Sicurezza per lo Sviluppo; Competenze per lo sviluppo; Reti e mobilità; Governance e assistenza tecnica; Governance e azioni di sistema.

I due grafici di Figura 4.3 mostrano la ripartizione delle risorse economiche fra le diverse regioni delle spese previste per il tema “Trasporti”, rispettivamente all’interno dell’area Convergenza (CONV) e dell’area Competitività (COMP). L’Emilia Romagna, la Provincia Autonoma di Trento, il Piemonte non prevedono impegni finanziari.

Figura 4.3: Ripartizione delle spese POR QSN 2007–2013 per il tema Trasporti



Fonte: elaborazione ENEA su dati POR regionali

4.2.3.2 I trasporti nelle strategie nazionali per efficienza energetica e contenimento dell’effetto serra

Gli impegni internazionali e le esigenze effettive inducono gli organismi governativi a definire con urgenza possibili linee d’azione per la riduzione di consumi energetici ed emissioni di gas serra.

La *Delibera del CIPE* della fine del 1998 sulle politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra [45] assegnava al settore trasporti un potenziale di riduzione fra 18 e 20 milioni di tonnellate di CO₂ eq. entro il 2012, sulla base dei risultati del gruppo di lavoro Interministeriale, partecipato anche dall’ENEA, secondo cui le misure da adottare dovevano riguardare:

- a) l'introduzione di biocombustibili (biodiesel e bioetanolo);
- b) il controllo del traffico urbano;
- c) la riduzione dei consumi energetici specifici dei nuovi veicoli, anche tramite il contenimento della potenza dei motori;
- d) la realizzazione di nuove linee per il trasporto rapido di massa nelle aree urbane e metropolitane;
- e) il trasferimento del trasporto merci da strada a ferrovia e cabotaggio.

In attesa della prossima Delibera del CIPE sull'aggiornamento delle Linee Guida per le Politiche e Misure Nazionali di Riduzione delle emissioni di Gas serra, nel seguito si riportano le indicazioni dei più recenti documenti d'indirizzo e di valutazione delle possibili misure.

Secondo la *IV Comunicazione Nazionale sui Cambiamenti Climatici* del Ministero dell'Ambiente presentato alle Nazioni Unite nel novembre 2007 nel quadro della Convenzione di Kyoto [46], le emissioni di gas serra dal settore trasporti nello scenario tendenziale⁸⁶ saranno pari a 138,9 Mt CO₂ eq. nel 2010, 148,1 Mt nel 2015, 151,8 nel 2020, confermando il dato secondo cui questo settore, più di altri, rischia di compromettere il successo delle politiche per il contenimento dei gas serra, se non verranno presi provvedimenti urgenti ed efficaci già nel breve periodo.

Considerando i provvedimenti già adottati per aumentare la produzione e l'utilizzo dei biocarburanti, i valori precedentemente esposti si ridurrebbero di circa 2,4 Mt CO₂ nel 2010 e 2015 e di circa 2,17 Mt nel 2020.

Il documento analizza poi gli effetti di ulteriori misure settoriali grazie alle quali nel 2010 il livello di emissioni scenderebbe a 134,3 Mt CO₂ nel 2010, a 131,8 Mt nel 2015, a 127,8 Mt nel 2020.

Le misure aggiuntive considerate sono:

- un maggiore utilizzo di biocombustibili;
- la realizzazione di nuove infrastrutture per il trasporto pubblico;
- l'imposizione del limite di 140 g CO₂/km sul venduto delle autovetture a partire dal 2007.

Nonostante tali sforzi aggiuntivi, il settore presenterebbe un incremento rispetto ai livelli di emissione del 1990 (+ 29% nel 2010) anche se si raggiungerebbe il notevole risultato di invertire il trend di crescita a partire dal 2010.

⁸⁶ Escluse anche misure già programmate per il futuro.

Qualche mese prima della Comunicazione sui Cambiamenti Climatici, nell'agosto del 2007 l'Italia aveva presentato a Bruxelles il *Piano d'azione per l'efficienza energetica* [47] per centrare il target previsto della Direttiva europea 2006/32 di ridurre i consumi energetici di 9 punti percentuali entro il 2016.

Una delle tre linee di forza del piano è relativa al settore dei trasporti e riguarda l'introduzione del limite obbligatorio di 140 g di CO₂/km sulle emissioni medie delle autovetture vendute; questa misura, secondo le valutazioni del MSE, produrrebbe un risparmio di 23.260 GWh nel 2016, confermando la stretta sinergia fra obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra e risparmio energetico.

Inoltre il Piano prevede di mantenere in atto misure già adottate in precedenza quali la riduzione del carico fiscale per il GPL e gli incentivi al rinnovo del parco veicolare secondo criteri di efficienza energetica ed ambientale.

Secondo il *Rapporto 2007 dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA)* [48], il nostro Paese ha dato corso a due sole Direttive Comunitarie, la 2003/30/EC per la promozione dei biocarburanti nei trasporti e la 2001/12/EC per il trasferimento modale verso la ferrovia, oltre ad aver siglato l'accordo con l'industria automobilistica europea per la riduzione delle emissioni specifiche di CO₂ dei veicoli di nuova immatricolazione.

Tuttavia tutta una serie di misure sono state già attivate e grazie ad esse il settore trasporti potrebbe conseguire una riduzione di 8,5 Mt CO₂ nel 2010 rispetto ai livelli tendenziali mentre per effetto di misure già pianificate ma non ancora in atto, la riduzione conseguibile nel 2010 salirebbe a 13,2 Mt CO₂. Le misure aggiuntive consistono in:

- l'eliminazione di tutti i veicoli costruiti prima del 1996 le cui emissioni siano superiori a 145 g CO₂/km (-9 Mt CO₂ eq. nel 2010)
- l'utilizzo dei biocombustibili (-6 Mt CO₂ eq. nel 2010)
- la realizzazione di nuove infrastrutture per il trasporto pubblico di massa (-4,5 Mt CO₂ eq. nel 2010).

La Tabella 4.3 riassume il potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra secondo le valutazioni governative e comunitarie del 2007.

Come si evince dalla precedente tabella, le stime di riduzione di gas serra dai trasporti sono estremamente variabili in funzione della tipologia di misure prese in considerazione e delle assunzioni poste a monte delle stime.

Tabella 4.3: Stato di attuazione e previsioni sull'efficacia delle misure adottate in Italia per il contenimento delle emissioni di gas serra dal settore trasporti [Mt CO₂ eq./anno]

Fonte	Misura	Stato	2010	2015	2016	2020
MSE	140 g CO ₂ /km dal 2009	NI	0,9		6,2	
MAT	140 g CO ₂ /km dal 2007	I	2,96	4,38		4,4
	120 g CO ₂ dal 2010	NI	-	2,7		4,7
	Biocarburanti	I	2,4	2,4		2,2
	Ulteriori biocarburanti	NI	-	6,0		8,7
	Nuove infrastrutture per il TPL	NI	-	1,35		4,5
Report EEA	Cluster 1	I	4,6			4,8
	Cluster 2 (ZTL e piste ciclabili)	I	1,2			3,3
	Cluster 3	I	0,9			0,9
	Cluster 4 (nuove infrastrutture)	I	1,8			4,2
	Eliminazione veicoli costruiti ante 1996	NI	9,0			9,0
	Impiego biofuel	NI	6,0			6,0
	Nuove infrastrutture per TPL	NI	4,5			4,5

Legenda: I = implementata; NI = pianificata ma non implementata

Fonte: elaborazione ENEA su dati MSE, MinAmb e EEA

4.2.3.3 I provvedimenti attuativi

Di seguito si riportano le principali misure già adottate dal Governo Italiano per la sostenibilità dei trasporti.

Misure in favore della sicurezza stradale

Nel nostro Paese è attivo dal 1990, anno di istituzione del CCISS (Centro di Coordinamento Informazioni per la Sicurezza Stradale), un servizio nazionale di informazione sul traffico creato dall'allora Ministero dei Lavori Pubblici per la raccolta e la diffusione di informazioni sul traffico e la viabilità finalizzate a promuovere la sicurezza della circolazione.

Le informazioni all'utenza sono diffuse dal CCISS attraverso la Centrale operativa "Viaggiare Informati" tramite programmi televisivi, via etere e via satellite, televideo, programmi radio, Internet, call-center e il sistema RDS-TMC, canale digitale sovrapposto alle trasmissioni radio FM attivo nelle regioni settentrionali. Numerosi servizi di Infomobilità sul traffico e i trasporti, anche di tipo personalizzato, sono infine gestiti da operatori privati attraverso la telefonia cellulare e portali Internet (tra questi, Infotraffic, Infoviabilità, Movitrack).

Il Piano Nazionale della Sicurezza Stradale (PNSS) è stato istituito dalla legge numero 144 del 17 luglio 1999, recependo l'obiettivo del secondo programma per la sicurezza stradale elaborato dalla Commissione Europea nel 1997: riduzione del 40% del numero di morti entro il 2010⁸⁷ rispetto ai valori di inizio decennio; in termini assoluti, l'obiettivo di riduzione è pari a circa 2.600 morti. L'onere statale per la redazione e l'attuazione del Piano nazionale è stato fissato in 17.000 milioni annui delle vecchie lire a decorrere dall'anno 1999.

Secondo la legge, il Piano viene predisposto dal Ministero dei Lavori Pubblici e attuato attraverso programmi annuali predisposti dallo stesso dicastero; sia il Piano che i programmi di attuazioni sono sottoposti ad approvazione del CIPE.

Il Piano, di durata decennale, è stato approvato dal CIPE solo nel 2002 [49], dopo la costituzione di una Consulta nazionale sulla Sicurezza Stradale e il finanziamento di alcune sperimentazioni pilota, previsto nel documento di indirizzo generale approvato nel marzo 2000.

Il Piano prevede cinque canali di finanziamento:

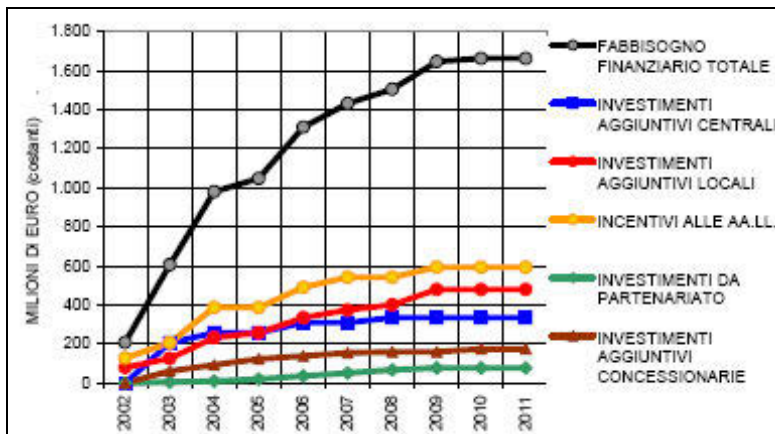
- l'assunzione diretta degli oneri da parte dei ministeri competenti (Trasporti, Infrastrutture, Interno, Sanità, Pubblica Istruzione, Politiche Giovanili, Lavoro);
- l'erogazione di incentivi economici a Regioni, Province e Comuni;
- l'impegno delle Amministrazioni Locali su fondi propri;
- gli impegni di spesa dell'ANAS e delle Società Concessionarie dei servizi autostradali;
- gli impegni volontari di organismi pubblici e privati nell'ambito di accordi di partenariato.

⁸⁷ Nel 2001, il Libro Bianco della Commissione ha rilanciato l'obiettivo di sicurezza portando a 50% la riduzione del numero di morti e feriti per incidenti stradali.

La Figura 4.4 illustra la ripartizione delle spese prevista nel documento di Piano del 2002; gli investimenti aggiuntivi ammontano complessivamente a circa 12.000 milioni di euro, di cui circa 7.200 a carico dello Stato, circa 3.200 a carico di Regioni ed Enti locali ed i restanti 1.600 a carico di società di gestione stradale e soggetti privati in partnership con il pubblico.

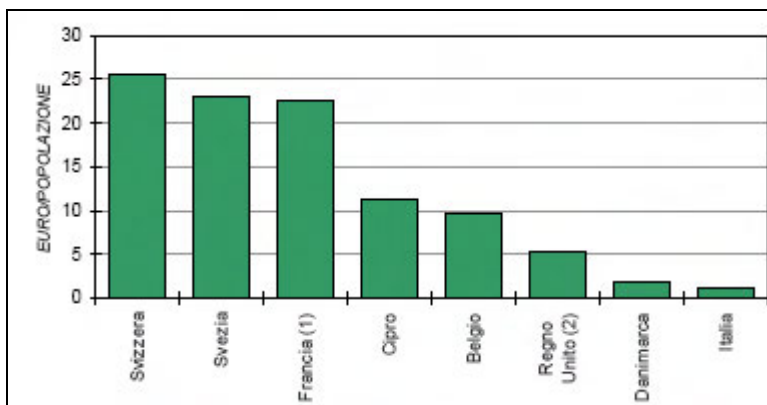
Tali investimenti, nelle previsioni di Piano, genererebbero una riduzione dei costi sociali dell'incidentalità stradale con un saldo positivo sempre più ampio dall'ottavo anno, per un beneficio complessivo alla fine dei dieci anni di attuazione del Piano pari a circa 18.000 milioni di euro.

Figura 4.4: Fabbisogno finanziario del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale



Fonte: Ministero LL.PP – Piano Nazionale della Sicurezza Stradale

Figura 4.5: Spesa pro-capite in sicurezza–confronti internazionali



Fonte: elaborazioni RST

Con i primi due programmi d'attuazione (2002 e 2003) [50] il CIPE ha assegnato alle Regioni il compito della ripartizione dei finanziamenti statali a Province e Comuni, della programmazione annuale, del monitoraggio e dell'individuazione delle "best practices".

In questo biennio si è verificata una piena rispondenza fra finanziamenti previsti e attivati mentre nel successivo triennio 2004–2006 non è stato registrato alcun finanziamento; la Finanziaria 2007 ha previsto per l'attuazione del PNSS, e in particolare per l'orientamento e l'incentivazione della spesa locale, 53 milioni di euro l'anno per il triennio 2007–2009; in totale, gli stanziamenti effettivi per le spese aggiuntive in sicurezza sono stati ad oggi 522,9 milioni di euro.

Secondo le recenti analisi commissionate dalla Consulta nazionale sulla Sicurezza Stradale sullo stato di attuazione del PNSS, la spesa italiana pro-capite in sicurezza è fra le più basse d'Europa (Figura 4.5). Non meraviglia, dunque, che l'Italia, pur avendo registrato una sensibile riduzione delle vittime per incidenti stradali, abbia perso posizioni nella classifica dei livelli di sicurezza europei.

La Consulta Nazionale sulla Sicurezza Stradale ha individuato alcuni aspetti fondamentali: educazione stradale nella scuola, informazione di particolari categorie di utenti, formazione e informazione dei tecnici e dei decisori (sia dei responsabili del governo della mobilità e della sicurezza stradale sia delle strutture pubbliche e private che possono contribuire al miglioramento della sicurezza stradale).

Per quanto riguarda l'informazione la Consulta ha ritenuto opportuno proporre il rafforzamento e la razionalizzazione attraverso la costituzione di un centro di coordinamento e diffusione delle notizie, sui principali media, a supporto della mobilità sicura e sostenibile. In questo senso, un'importante campagna di comunicazione è stata messa in campo dal Ministero delle Infrastrutture attraverso iniziative pubblicitarie di informazione.

A proposito della formazione dei tecnici e dei decisori delle Amministrazioni competenti, il PNSS si prefigge l'obiettivo di definire un sistema formativo rivolto ai cosiddetti "Mobility Manager".

Nello specifico il PNSS indica tre livelli per la formazione tecnico-amministrativa: master per tecnici della mobilità con responsabilità decisionali di pianificazione, progettazione e gestione; lauree triennali, istruzione e formazione tecnica superiore; corsi di formazione e aggiornamento riservati ai tecnici degli enti proprietari o gestori della rete e dei servizi di trasporto.

Nel corso dei primi tre anni di attuazione del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale, sono stati istituiti alcuni Centri di Monitoraggio, con l'obiettivo di individuare, grazie anche all'aiuto di un'équipe di psicologi, quali siano gli stili di guida che precedono gli incidenti, soprattutto tra i giovani.

Nel 2003 sono state introdotte modifiche circa l'inasprimento delle sanzioni e l'aumento del potere di intervento della Polizia Stradale. Il Nuovo Codice della Strada ha anche istituito la patente a punti, ha introdotto l'obbligo del conseguimento del patentino per la guida di ciclomotori, ha regolamentato l'uso del telefono cellulare durante la guida, l'obbligo dei fari accesi su autostrade e strade extraurbane, il divieto di somministrazione di bevande superalcoliche nelle aree di servizio. Prevede, inoltre, che in caso di emergenza, l'automobilista in panne dovrà utilizzare, una volta sceso dall'auto, dispositivi retro-riflettenti o luminosi per rendersi visibile.

Per quanto riguarda i limiti di velocità, le società autostradali potranno decidere che in alcuni tratti a tre corsie con determinate caratteristiche potranno elevare i limiti di velocità da 130 fino a 150 km/h, diminuiti invece fino al 110 sulle autostrade in caso di nebbia, pioggia o neve. In materia di autotrasporto, è stato introdotto il raddoppio delle sanzioni pecuniarie per i conducenti professionali che non osservano i periodi di guida, riposo e pausa. È stato previsto il ritiro immediato della carta di circolazione e della patente per chi supera i tempi massimi di guida previsti. Viene revocata la patente anche per chi modifica il cronotachigrafo o il limitatore di velocità, per chi guida in stato di ebbrezza o sotto l'effetto di droghe. Infine, per i veicoli superiori a 3,5 tonnellate è stato introdotto l'obbligo delle strisce posteriori e laterali retroriflettenti per aumentarne la visibilità.

Nell'estate del 2007, il Ministero dei Trasporti ha emanato un decreto di irrigidimento delle sanzioni dei comportamenti più rischiosi e di aumento dei controlli; inoltre è migliorata la dotazione di strumenti di controllo alla Polizia Stradale e l'installazione del sistema "Tutor" su alcune tratte autostradali; grazie a queste misure il numero di morti del periodo agosto-settembre 2007 si è ridotto di quasi 14% rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente.

Secondo le ultime valutazioni, l'obiettivo di sicurezza posto a livello europeo non sarà raggiunto: nel 2010 la riduzione del numero di morti sarà del 35% e non del 50%; l'Italia, in particolare, è rimasta ancora più indietro della media europea anche a causa di comportamenti indisciplinati degli utenti della strada (mancato uso delle cinture di sicurezza, del casco, utilizzo di cellulare alla guida, mancato rispetto dei limiti di velocità, guida in stato di ubriachezza).

Fra le cause di questo parziale fallimento è una preoccupante dicotomia tra le due fasi del processo: la normazione e l'applicazione pratica. Spesso mancano sia gli strumenti sia le risorse necessarie per poter rendere pienamente operativa le riforme introdotte.

I dati storici di rilevamento mostrano un Paese che acquisisce comportamenti virtuosi in occasioni di campagne di controllo ma perde rapidamente le proprie abitudini non appena l'attenzione si allenta.

Dunque è necessario diffondere una nuova “cultura” della sicurezza stradale. L’ACI evidenzia la connessione tra comunicazione ed incidenti: “guardando i risultati ottenuti dalle campagne pubblicitarie e informative sulla Sicurezza Stradale introdotte nel Regno Unito dal 1998, a distanza di soli quattro anni (nel 2002), il numero di morti per incidenti stradali si era ridotto del 17%, quasi la metà dell’obiettivo del 2010, posto dalla Commissione Europea.”

Alla base di questi risultati, ci sono strategie di comunicazione che comprendono programmi di educazione stradale continuamente aggiornati e differenziati in rapporto ai target a cui si rivolgono (bambini, adolescenti, adulti).

In Italia, un’interessante iniziativa in questo senso è l’attivazione del primo portale per l’educazione alla sicurezza stradale ideato dal MIUR-ERG che nasce per supportare un ampio progetto di educazione che ha coinvolto, in tre edizioni, più di 22.000 studenti in circa 65 scuole medie e superiori nei Comuni di Genova, Catania, Roma e Siracusa.

In questo contesto di crescita della cultura sulla sicurezza stradale occupa un ruolo di estremo rilievo l’Automobile Club Italia, quale principale soggetto interessato alla diffusione di una maggiore informazione sul tema della mobilità sostenibile e senza rischi. Numerosi sono gli esempi, tra cui si ricordano le campagne nazionali di informazione e comunicazione presentate in questi anni, soprattutto nel 2004-2005: “Il pallino della sicurezza”, presentata al 3° Salone Internazionale della Sicurezza Stradale (Riva del Garda, 13-15 ottobre 2005); “Progettazione stradale e sicurezza di esercizio” presentata a Roma il 18-19 febbraio 2005; “La sicurezza nella mobilità: pianificare la formazione”, presentata a Roma il 20-21 febbraio 2004.

Va segnalato, inoltre, il progetto “Sicurezza nella nebbia”, dell’ANAS e del Centro Ricerche Fiat, che si propone di sperimentare un sistema ITS integrato volto a garantire la sicurezza di guida in contesti a scarsa visibilità, utilizzando sensori per il rilevamento di nebbia, code ed incidenti; centrali per la ricostruzione in tempo reale della visibilità; vetture dotate di sistemi anticollisione e dispositivi telematici per la comunicazione con le centrali di terra.

La Società concessionaria dell’Autostrada Brescia-Padova ha messo a punto uno dei sistemi informativi per la sicurezza tra i più avanzati in Europa, si tratta di un sistema di segnalazione che, attraverso una infrastruttura di raccolta automatica dei dati, permette di affrontare i problemi connessi alla presenza di nebbia, code, incidenti, lavori in corso nella Autostrada A4.

Sulla rete di Autostrade SpA è in corso di sperimentazione il sistema “Tutor” di controllo della velocità media su tratte di una certa estensione; secondo i dati della sperimentazione nelle tratte monitorate è diminuito sostanzialmente il numero di incidenti e di vittime.

I contributi statali per rinnovo del parco veicolare privato

Il lungo corso dei contributi statali per incentivare il rinnovo del parco veicolare anche ai fini di ridurre le emissioni inquinanti da trasporto veicolare privato è stato inaugurato con la Legge Finanziaria 1997 che stabiliva un contributo di 1,500 milioni di lire (con l'aggiunta di uno sconto di pari entità da parte del venditore) per chi acquistasse un veicolo nuovo in cambio di uno usato con più di dieci anni di età.

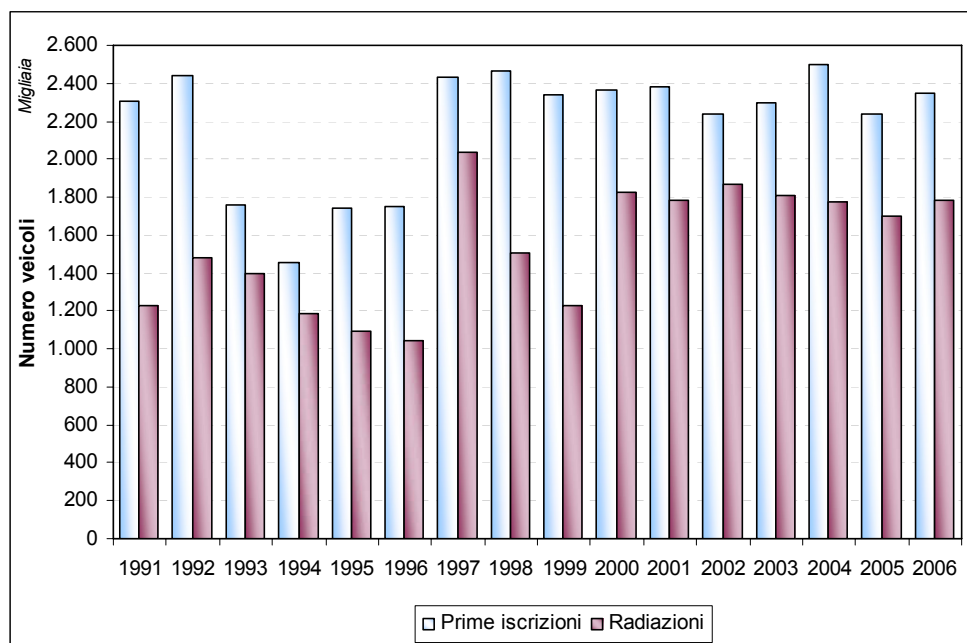
L'onere previsto per l'attuazione della legge ammontava complessivamente a 12,5 miliardi di lire; nove mesi dopo, allo scadere dei termini del precedente provvedimento, entrava in vigore una proroga all'erogazione dei contributi per la rottamazione, la quale stabiliva l'entità dell'incentivo in relazione al consumo di carburante del veicolo nuovo e fissava contributi per l'acquisto di veicoli elettrici, a metano o a GPL. L'onere del nuovo provvedimento era previsto pari a 75 miliardi di lire.

Dopo un breve periodo di stasi, la Finanziaria 2001 autorizzava una spesa di 15 miliardi di lire per ciascuno degli anni 2001, 2002, 2003 per la concessione di contributi per la rottamazione di veicoli vecchi in cambio di veicoli elettrici, a metano o a GPL; a fine 2002, la Legge n. 273 stanziava ulteriori 5 miliardi di lire per ciascuno degli anni 2002, 2003, 2004.

A fianco dei provvedimenti statali, l'industria automobilistica ha dato il via ad una durevole campagna di supervalutazione dell'usato a fronte dell'acquisto di auto nuove.

Secondo i dati ACI (Figura 4.6) [51] proprio dal 1997 si assiste ad una ripresa del mercato automobilistico rispetto al precedente periodo, segnato da una profonda crisi del settore; il 1997, primo anno degli incentivi statali per il ricambio del parco delle autovetture, è caratterizzato anche da un aumento molto evidente del numero di radiazioni di autoveicoli; nei due anni successivi questo fenomeno si riduce drasticamente, nonostante il mercato del nuovo "regga"; dal 2000 e per tutti gli anni successivi risale il numero delle radiazioni, pur senza raggiungere i livelli toccati nel 1997; probabilmente si tratta dell'effetto delle campagne di supervalutazione dell'usato e dell'applicazione dei divieti di circolazione in funzione dello standard emissivo dei veicoli introdotti a livello locale per ridurre l'inquinamento urbano.

Figura 4.6: Andamento delle vendite e delle radiazioni di autovetture in Italia



Fonte: elaborazione dati ACI, Annuario statistico 2007

Tabella 4.4: Consistenza del parco autovetture secondo l'età

Anni di anzianità	1996		2000		2006	
	Veicoli	%	Veicoli	%	Veicoli	%
<5	8.854.481	29,60	11.186.743	34,33	11.857.164	33,59
5-10	10.182.561	34,04	9.009.679	27,65	11.408.498	32,32
10-15	5.869.260	19,62	7.113.716	21,83	6.112.831	17,32
15-20	2.651.676	8,87	2.566.596	7,88	3.233.247	9,16
>20	2.352.954	7,87	2.707.081	8,31	2.685.542	7,61

Fonte dati: ACI, Annuario statistico 2007

Per quanto riguarda gli effetti di queste politiche sulla consistenza del parco veicolare, l'interpretazione è controversa: nel 1997, infatti, il saldo fra prime iscrizioni e radiazioni si mantiene basso mentre nel 1998 e successivamente nel 1999 subisce un'impennata, dando un impulso notevole alla crescita del numero dei veicoli in circolazione. Gli incentivi alla rottamazione hanno prodotto un aumento percentuale dei veicoli con meno di 5 anni di età (da 29,6% nel 1996 a 33,6% nel 2006), a discapito soprattutto della fascia di età compre-

sa fra 5 e 15 anni (53,6% nel 1996, 49,6% nel 2006) mentre la percentuale di veicoli con più di 15 anni di età tende a mantenersi invariata, intorno a 16,5%. Con la Finanziaria 2007 e il decreto “Milleproroghe” di fine 2007 il governo italiano ha reiterato gli incentivi alla rottamazione promuovendo due campagne per la promozione dell’acquisto di veicoli a basse emissioni inquinanti e climalteranti in sostituzione di veicoli di basso standard ambientale: per il 2007, gli incentivi sono stati rivolti all’acquisto di veicoli di standard emissivo Euro IV a fronte della dismissione di veicoli Euro 0 e Euro I; per il 2008 la campagna prevede l’esonero dal pagamento del bollo e un incentivo di 700 euro per chi rottami un’auto Euro 0, Euro I o Euro II e ne acquisti una che emetta al massimo 140 g CO₂/km se a benzina e 130 g CO₂/km se Diesel; l’incentivo sale a 800 euro se l’auto nuova emette meno di 120 g CO₂/km; è previsto un contributo statale di 150 euro anche per chi demolisca vetture di standard inferiore o uguale a Euro II senza comprarne una nuova, purché si impegni ad un acquisto entro tre anni.

Nel 2007, anche per effetto degli aiuti statali, sono state demolite circa 500.000 vetture di standard Euro 0 e Euro I; nello stesso anno il parco circolante è aumentato di sole 20.000 unità, con un tasso di crescita molto più basso rispetto a quello registrato negli ultimi anni; questo fenomeno trova spiegazione nella saturazione del mercato delle autovetture.

A margine dell’incentivazione economica all’acquisto di veicoli di elevate prestazioni energetico-ambientali, il Governo italiano ha recepito la Direttiva europea 1999/94/CE introducendo per i costruttori ed i gestori dei punti vendita di automobili alcuni obblighi di informazione per rendere il consumatore più attento e consapevole nelle scelte di acquisto dei veicoli. In questo contesto, il Ministero dei Trasporti in collaborazione con il Ministero dell’Ambiente e il Ministero delle Attività produttive ha elaborato e pubblicato nel 2004 una guida al risparmio di carburante ed alle emissioni di CO₂.

Gli incentivi volti al miglioramento delle prestazioni energetiche ed ambientali dei veicoli stradali non hanno riguardato solo le autovetture ma anche i moto-veicoli; nel febbraio del 2002 è stato siglato un accordo fra il Ministero dell’Ambiente e l’Associazione Nazionale dei Costruttori di ciclomotori (AN-CMA⁸⁸) per l’attuazione di un programma triennale di sostegno alla produzione ed alla diffusione sul mercato di ciclomotori a bassa emissione. Lo stanziamento complessivamente previsto era di 100 milioni di euro di cui il 25% a carico del Ministero a fondo perduto e il restante 75% a carico delle aziende associate all’ANCMA per la ricerca e lo sviluppo di tecnologie innovative. Le risorse stanziate dal Ministero sono state interamente esaurite in breve tempo e hanno consentito la produzione di circa 144 mila ciclomotori a basso impatto (Euro I e Euro II).

⁸⁸ Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori.

I finanziamenti per il rinnovo delle flotte pubbliche

Insieme alle politiche per il rinnovo del parco veicolare privato, il Governo ha adottato una serie di provvedimenti per accelerare il ricambio delle flotte pubbliche in chiave ecologica.

Inizialmente, la Legge Finanziaria 1997 istituisce un fondo per agevolare l'acquisto di automezzi per il trasporto pubblico locale a fronte della rottamazione di mezzi analoghi; il contributo previsto è pari al 10% del prezzo lordo di acquisto.

Successivamente, con la legge n. 194/98, sono stanziati circa 360 miliardi delle vecchie lire per la sostituzione di autobus per il trasporto pubblico locale circolanti da più di 15 anni e per l'acquisto di nuovi mezzi a trazione elettrica; almeno il 5% dei contributi devono essere utilizzati per l'acquisto di veicoli a basso impatto ambientale, rispondenti alle norme tecniche europee. Tali fondi sono stati erogati dal Ministero dei Trasporti nel 2003, 2004 e 2005 per complessivi 300 milioni di euro, ripartiti fra le Regioni a statuto ordinario.

A fine 1998, la legge 426, relativa a nuovi stanziamenti in campo ambientale, stabilisce che siano: "... autorizzati limiti d'impegno quindicennali di lire 5.400 milioni per ciascuno degli anni 1999 e 2000 a titolo di contributo per mutui o altre operazioni finanziarie effettuate dalle Regioni, dagli enti locali e dai gestori di servizi di pubblica utilità ...", per fare fronte ai costi derivanti dal ricambio del parco pubblico con veicoli a minimo impatto ambientale; i fondi saranno ripartiti a cura del Ministero dell'Ambiente. Allo scopo di attivare le risorse sulla legge 426, a maggio del 2004 il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di concerto con i Ministri delle Infrastrutture e Trasporti e dell'Economia e Finanze, ha emanato un decreto per il riparto delle risorse, destinando il 60% delle stesse al finanziamento di veicoli elettrici/ibridi ed il restante 40% al finanziamento di veicoli dotati di esclusiva alimentazione a metano, a GPL o "bifuel".

La Finanziaria 2000 definisce nuovi contributi per l'acquisto di mezzi elettrici destinati al trasporto pubblico di persone da utilizzare nei centri storici; i fondi sono stati erogati attraverso vari decreti del Ministero dei Trasporti negli anni 2003, 2004 e 2005.

A favore della Regioni a statuto speciale e della Provincia autonoma di Trento la legge 472/99 stanziava fondi per la sostituzione di autobus in esercizio da più di 15 anni; tali fondi sono stati erogati dal Ministero dei Trasporti per complessivi 20,7 milioni di euro negli anni 2004 e 2005.

Degli stanziamenti previsti dalla Finanziaria 2001 per il rinnovo del parco veicolare beneficiano anche le aziende di Trasporto Pubblico Locale: il Ministero dei Trasporti ha erogato complessivamente su tali fondi circa 60 milioni di euro ripartiti negli anni 2003, 2004, 2005 e 2006.

Fra le varie disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti contenute nella legge 166 del 2002, all'art. 13 è autorizzato un limite di impegno di 30 milioni di euro nel 2003 e di 40 milioni di euro nel 2004 per l'esecuzione di interventi di sviluppo di tecnologie di trasporto ad elevata efficienza ambientale e per l'acquisto di autobus ad alimentazione non convenzionale e a basso impatto ambientale; inoltre all'art. 17 si autorizza un'ulteriore spesa di 30 milioni di euro in ciascuno degli anni 2002, 2003 e 2004 per l'acquisto di veicoli a minimo impatto ambientale in sostituzione di veicoli a propulsione tradizionale; entrambi gli insiemi di risorse sono state erogati rispettivamente dal Ministero dei Trasporti e dal Ministero dell'Ambiente.

Si cominciano ad avvertire i primi effetti degli sforzi di aziende e istituzioni locali per abbassare l'età degli autobus circolanti, come risulta dalle recenti indagini dell'Isfort e dell'ASSTRA [52] l'età media dei veicoli di linea nelle città italiane è scesa complessivamente in pochi anni da 10 a 8 anni, avvicinandosi ai livelli della maggior parte dei paesi europei, dove si registra un'anzianità media di circa 7 anni (stima di qualche anno fa riferita al TPL nel complesso).

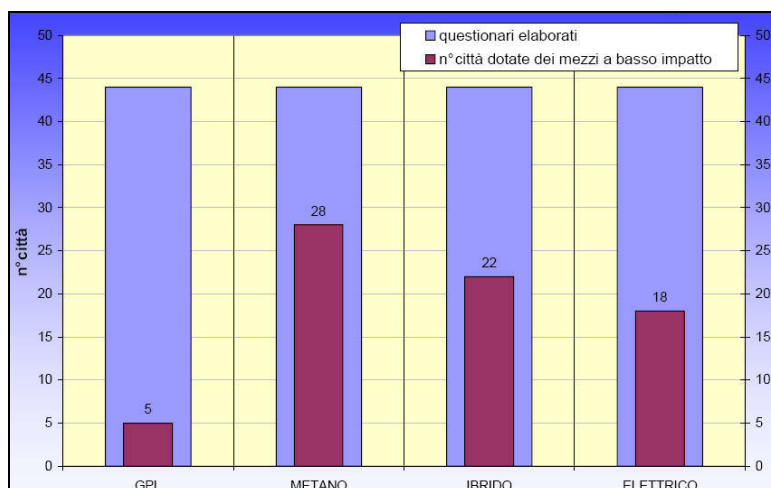
Tabella 4.5: Incremento di qualità dei servizi delle aziende di trasporto pubblico urbano

	<i>Età media autobus</i>	<i>% autobus immatricolati sul totale</i>	<i>% autobus a trazione alternativa</i>	<i>% autobus oltre i 15 anni di età</i>
2005	8,1	4,8	12,6	19,5
2004	8,6	5,4	11,1	18,4
2003	8,7	5,1	9	16,7
2002	9,7	7,2		16,5

Fonte: Isfort-ASSTRA

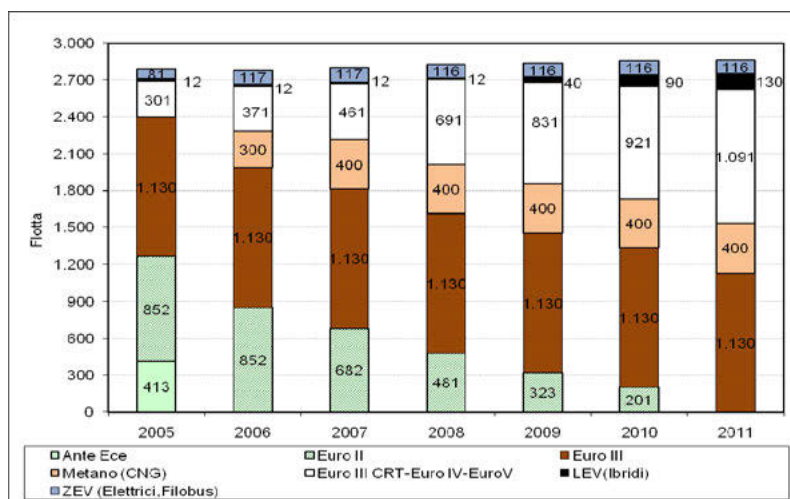
Inoltre nel rinnovo del parco veicolare sempre più spesso vengono acquistati veicoli a basso impatto ambientale a metano, elettrici ed ibridi. In Figura 4.7 viene riportata la distribuzione dei veicoli a basso impatto nelle 50 città oggetto di una recente indagine effettuata da Euromobility e Kyoto Club [53], ed in Figura 4.8 [54] le ipotesi di rinnovo del parco della azienda municipalizzata di Roma (anno 2007).

Figura 4.7: Parco veicolare mezzi pubblici a basso impatto



Fonte: Euromobility

Figura 4.8: Ipotesi di rinnovo della flotta ATAC⁸⁹



Fonte: ATAC (ottobre 2007)

Promozione di combustibili alternativi

Per quanto riguarda i biocombustibili, nel 2000, il programma PROBIO ha autorizzato una spesa sino a 5 miliardi all'anno per 3 anni a partire dal 1999, ripartita fra il Ministero delle Politiche Agricole e le Regioni, per promuovere la produzione e l'utilizzo di biomasse; successivamente, la legge 128/2005

⁸⁹ ATAC Azienda delle Tramvie e Autobus del Comune (di Roma).

introduce l'obbligo di miscelazione di biocarburanti nei combustibili fossili utilizzati per i trasporti nella misura dell'1% entro il 2007; in ultimo, la Legge Finanziaria 2007 stabilisce dei fondi per lo sviluppo della filiera agro-energetica; pochi giorni dopo è siglato l'accordo quadro nazionale sulla produzione di biodiesel, ai sensi del decreto ministeriale del 30/11/06.

Nel 2001, il Ministero dell'Ambiente ha dato avvio a due importanti attività per la promozione di combustibili alternativi.

A maggio, è stato sottoscritto un Protocollo di Intesa con i Comuni a rischio di inquinamento atmosferico e le Associazioni del settore metano/GPL (costruttori ed installatori di impianti), al fine di promuovere l'utilizzo del metano e del GPL per autotrazione; per dare attuazione alle finalità del Protocollo, il Ministero ha impegnato complessivamente risorse pari a circa 25 milioni di euro ed è stata istituita una Convenzione di circa 160 Comuni avente come capofila il Comune di Parma, presso il quale è stato costituito l'ufficio ICBI (Iniziativa Carburanti Basso Impatto). Le risorse messe a disposizione dal Ministero dell'Ambiente sono state destinate a:

- incentivi ai privati cittadini residenti nei Comuni aderenti alla Convenzione, per la trasformazione a gas metano o GPL delle auto a benzina, immatricolate fra il 1988 ed il 1995;
- contributi alle città per lo sviluppo della rete di distribuzione attraverso la realizzazione di stazioni di rifornimento per le flotte pubbliche.

I fondi stanziati dal Ministero per la trasformazione a gas metano o GPL delle auto a benzina sono stati interamente erogati ed hanno consentito l'installazione di circa 46.000 impianti a gas metano o a GPL. E' stata, inoltre, finanziata la realizzazione di 17 impianti di rifornimento dedicati alle flotte pubbliche in altrettanti Comuni.

A dicembre del 2001, il Ministero dell'Ambiente, la Fiat e l'Unione Petrolifera hanno sottoscritto un impegno comune per promuovere l'impiego del metano per autotrazione nelle aree urbane e nei Comuni a rischio di inquinamento atmosferico. Nell'ambito di tale Accordo l'Unione Petrolifera e la Fiat si sono impegnate a favorire lo sviluppo della rete di distribuzione del metano per autotrazione, ad introdurre sul mercato una nuova serie di veicoli a metano o bifuel metano e benzina e ad attuare progetti di ricerca e sviluppo della tecnologia nazionale del metano. Da parte sua, il Ministero dell'Ambiente si è impegnato a dare attuazione all'Accordo di Programma stanziando risorse pari a 15,5 milioni di euro per la concessione di incentivi all'acquisto dei veicoli a gas naturale e la realizzazione di nuovi impianti di distribuzione del metano nelle aree urbane. Destinatari del finanziamento sono aziende pubbliche o private che gestiscono flotte di autoveicoli per il trasporto pubblico o per servizi di pubblica utilità, servizi di taxi, di distribuzione urbana delle merci e di servizi di noleggio con conducente.

Sono previsti, inoltre, contributi per aziende e imprenditori privati per la realizzazione di impianti di distribuzione prioritariamente nelle aree metropolitane. Grazie all'iniziativa sono stati realizzati nuovi impianti per la distribuzione di metano per autotrazione anche nelle Regioni tradizionalmente meno legate a questo tipo di combustibile.

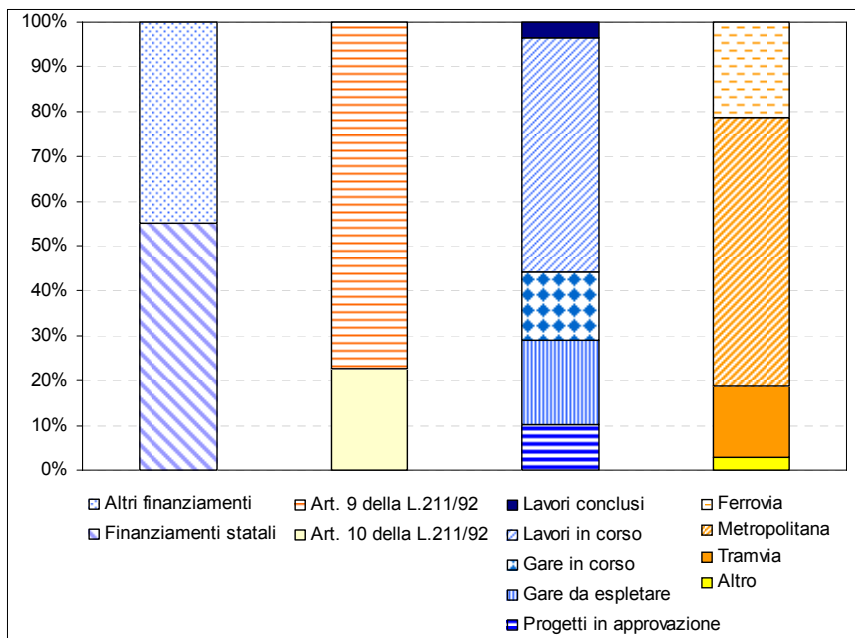
Sviluppo delle reti di trasporto pubblico di massa

La Legge 211/1992 ha stabilito un contributo statale per la realizzazione di reti destinate al trasporto rapido di massa; nel 1999 la legge n. 472 ha elevato la quota percentuale massima di contribuzione statale, stanziando nuovi fondi.

Nel loro complesso, le opere inserite nel programma di attuazione della legge 211/92 hanno un costo di oltre 10 miliardi di euro, dei quali circa il 55% sono coperti dallo Stato e il resto essenzialmente dalle Regioni e dagli Enti locali; la maggior parte dei fondi disponibili sono destinati ad interventi nelle aree metropolitane, specificatamente alla realizzazione di linee metropolitane (quasi 6 miliardi di euro).

Il grafico della Figura 4.9 fornisce un quadro di sintesi dei finanziamenti previsti dalla legge 211/92 e dello stato avanzamento lavori dei progetti cofinanziati, mentre la tabella successiva dettaglia l'entità degli interventi nelle quattro maggiori aree metropolitane del Paese [55].

Figura 4.9: Finanziamenti e avanzamento lavori legge 211/92



Fonte: Indagine Isfort, 2006

Come si evince dal grafico, solo una metà dei finanziamenti è relativa ad opere in corso o già concluse, mentre per la restante metà si è ancora in fase di gara d'appalto lavori quando non addirittura in fase di approvazione del progetto. Anche il Piano degli Interventi Strategici della Legge 443/2001 (legge Obiettivo) include linee di trasporto rapido di massa; nel seguente prospetto sono riassunti i lavori previsti nelle quattro maggiori aree metropolitane secondo le delibere attuative del CIPE⁹⁰; l'insieme delle opere vale circa 5,5 miliardi di euro.

Per quanto riguarda le altre città, limitandosi ai soli interventi relativi alle aree urbane e metropolitane (escludendo, in pratica, gli interventi sulla rete RFI e Ferrovie Nord Milano Esercizio), già oggetto di delibera attuativa del CIPE, il costo previsto si limita a circa 595 milioni di euro e riguarda i Comuni di Bologna, Rimini-Riccione e Parma.

Altre opere per circa 12,7 miliardi di euro sono inserite nel PIS ma non sono state ancora oggetto di delibera CIPE; fra queste le tratte della linea metropolitana di Torino e l'adeguamento della linea metro di Genova.

Secondo le stime dell'Isfort, il monte totale delle risorse per completare le opere di trasporto metropolitano su ferro previste dalla legge 211/92 e dalla legge Obiettivo ammonta a circa 19 miliardi di euro.

Il 12 maggio 2008 è stato pubblicato il decreto del Ministero dei Trasporti avente ad oggetto "Criteri per la presentazione e selezione dei progetti da finanziare con le risorse destinate al completamento di interventi nel settore dei sistemi di trasporto rapido di massa".

Tabella 4.6: Prospetto delle opere in corso o progettate nelle prime quattro aree metropolitane

	N. Linee			
	Roma	Milano	Napoli	Torino
Servizi ferroviari di tipo metropolitano ⁽⁹¹⁾	11	10	7	7
Nuove linee di metro (pesanti e leggere) ⁽⁹²⁾	2	2	1	1
Estensione rete metro esistente (n. tratte)	1	2	3	2
Tranvie in costruzione(2)	-	2	-	-

Fonte: Indagine Isfort, 2006

⁹⁰ Non sono considerati gli interventi rientranti nel complessivo "Programma Grandi Stazioni", il cui costo è stimato in 609 milioni di euro.

⁹¹ Linee suburbane integrabili al TPL del capoluogo a seguito degli interventi sui nodi urbani e al possibile diverso utilizzo delle tracce liberate dall'AV/AC.

⁹² Sono considerate solo le opere avviate o per le quali sono state avviate almeno le procedure di gara per la progettazione o l'appalto.

Tabella 4.7: Interventi dedicati al TP su ferro inseriti nel PIS (valori in milioni di euro) ⁹³

Intervento	oggetto competenze	Stato di attuazione	Costo	Finanziamenti disponibili					Fabb. residuo
				Legge 166/02	Altri fin. Statali ⁽¹⁾	Finanz. Locali ⁽²⁾	Finanz. UE	Altri finanz.	
Linea C della metropolitana di Roma	Comune di Roma/Roma Metropolitane Srl	Opere in gara	3.047,4	316,0	650,3	544,1	-	-	1.537,0
Prolungamento della linea metropolitana M1 dall'attuale terminale di Molino Dorito al nuovo polo fieristico Pero-Rho (3)	Comune di Milano	Opere con contratto (3)	264,4	110,3	148,4	5,7	-	-	-
Prolungamento della linea metropolitana M1 a Monza Bettola, tratta Sesto FS-Monza Bettola	Comune di Milano per il tramite di Metropolitana Milanese SpA	Progettaz. Preliminare	174,9	54,0	-	70,4	-	-	50,5
Nuova linea metropolitana M5 da Garibaldi a Monza Bettola, tratta Garibaldi-Bignami (4)	Comune di Milano/ Commissario per l'emergenza traffico e mobilità	Opere in gara	495,2	175,7	81,7	54,2	-	183,6	-
Completamento della linea 1 metro di Napoli, tratta Dante-Garibaldi-Centro	Comune di Napoli	Opere con contratto	689,0	125,0	361,5	160,9	-	-	41,6
Linea 6 della metropolitana di Napoli: tratta Mostra-Municipio	Comune di Napoli	Progettaz. preliminare	567,0	-	-	-	-	-	567,0
Collegamento linea Alifana-linea 1 della metropolitana di Napoli (tratta Aversa Centro-Piscinola) (5)	Ferrovia Alifana e Benevento-Napoli Srl	Opere con contratto	232,4	90,0	-	-	-	108,6	33,8
Totale			5.470,3	871,0	1.241,9	835,3	0,0	292,2	2.229,9

⁹³ Non sono considerati gli interventi rientranti nel "Programma grandi stazioni", il cui costo è stimato in 609 milioni di euro.

Intervento	oggetto competenze	Stato di attuazione	Costo	Finanziamenti disponibili					Fabb. residuo
				Legge 166/02	Altri fin. Statali ⁽¹⁾	Finanz. Locali ⁽²⁾	Finanz. UE	Altri finanz.	
1	Compreso Anas e FAS (Fondo Aree Sottosviluppate).								
2	Regioni, Province e Comuni.								
3	Parte del costo è imputabile all'acquisto di materiale rotabile. L'opera è stata completata poi a fine 2005.								
4	Parte del costo è imputabile all'acquisto di materiale rotabile. La quota individuata nella colonna "altri finanziamenti" è garantita da soggetti privati.								
5	La quota individuata nella colonna "altri finanziamenti" è garantita da finanziamenti pubblici misti.								

Fonte: Isfort su dati Osservatorio sulla Legislazione – Camera dei Deputati, Aprile 2005.

Sviluppo della rete AV/AC

Il progetto Alta Velocità è nato in Italia nel 1991 con la fondazione della società TAV, avente l'obiettivo di realizzare il piano delle Ferrovie dello Stato per la costruzione di una rete di linee ad alta velocità. Nell'ottobre dello stesso anno la TAV affidò sette contratti ad altrettanti consorzi per la progettazione e la realizzazione delle varie tratte.

Il costo totale nella proposta delle Ferrovie dello Stato del 1991 era di 14.159 milioni; tale valore è stato aggiornato nel 2007 a 66.617 milioni, soprattutto per i rincari dovuti alle opere, più che per extracosti legati ad impatti emersi sul territorio.

Il sistema Alta Velocità/Alta Capacità italiano si svilupperà per circa 1.250 km su due principali direttrici (la grande T):

- Torino–Milano–Roma–Napoli;
- Torino–Venezia.

Esso sarà adatto alla circolazione di treni fino a velocità massime di 300 km/h. e, di fatto, raddoppierà la capacità del sistema ferroviario italiano.

Secondo le più recenti previsioni del gruppo FS, il sistema AV/AC sarà ultimato entro il 2009; di esso si tiene conto, infatti, nell'ultimo Piano Industriale di FS (2000–2011).

Grazie alla nuova realizzazione sarà possibile far circolare nuovi treni non solo per servizi intercity ad alta velocità ma anche per servizi regionali di trasporto pendolari e per trasporto merci.

Secondo le stime di FS, nelle aree metropolitane le ferrovie acquisiranno traffico per oltre 0,5 miliardi di pax-km; inoltre la nuova linea Torino–Napoli, la cui ultimazione è prevista entro il 2009, sottrarrà fino al 70% dei viaggiatori che utilizzano l'aereo.

Finanziamenti per la mobilità sostenibile nelle aree urbane

Il Ministero dell'Ambiente ha promosso, negli ultimi anni, progetti e iniziative volti alla realizzazione di interventi strutturali finalizzati alla riduzione permanente dell'impatto ambientale e dei consumi energetici derivanti dal traffico urbano.

Con il Decreto Interministeriale "Mobilità Sostenibile nelle Aree Urbane" del 27/03/98 è stata predisposta una strategia di intervento finalizzata alla riduzione dell'inquinamento e della congestione da traffico nelle aree urbane, attraverso:

- l'istituzione, da parte dei Comuni, di una struttura di supporto e di coordinamento tra i responsabili della mobilità aziendale che mantiene i collegamenti con le amministrazioni comunali e le aziende di trasporto (Mobility Manager d'area).
- l'istituzione, presso le imprese e gli enti pubblici con singole unità locali con più di 300 dipendenti e presso le imprese con complessivamente più di 800 addetti in più sedi, di un responsabile della mobilità aziendale (Mobility Manager aziendale), e adozione del piano degli spostamenti casa-lavoro del personale dipendente.

Il Ministero dell'Ambiente ha impegnato complessivamente 25,3 milioni di euro per l'istituzione delle strutture dei Mobility Manager d'area e per il supporto delle loro attività: la finalità di questi provvedimenti è stata quella di favorire la razionalizzazione della mobilità urbana, la promozione e la diffusione di mezzi di trasporto alternativi e a basso impatto ambientale e il supporto ai Mobility Manager aziendali, al fine di coinvolgere la maggior parte dei dipendenti nelle politiche a favore della riduzione del numero di auto circolanti.

Tali fondi sono stati utilizzati dalle amministrazioni locali in parte per creare strutture di coordinamento della mobilità urbana, in parte per finanziare, direttamente alle aziende, iniziative di incentivazione al TPL (sconti su abbonamenti al trasporto pubblico per i dipendenti), la realizzazione di servizi di trasporto aziendali e interaziendali, l'acquisto di mezzi a basso impatto ambientale per gli spostamenti del personale, la sperimentazione di servizi di *car pooling* e di progetti di telelavoro.

Nell'ambito del Programma Stralcio di Tutela Ambientale, il Ministero ha stanziato circa 52 milioni di euro a favore di 32 Enti locali per la realizzazione di progetti relativi a: servizi di taxi collettivo, sistemi telematici per la limitazione del traffico, acquisto di flotte di veicoli elettrici e a gas, attivazione di centraline di monitoraggio per la qualità dell'aria, creazione delle strutture di mobility management.

Con il Decreto Ministeriale “Domeniche Ecologiche” del 25/01/00, sono stati disposti finanziamenti per circa 30 milioni di euro complessivi a favore di Comuni e Consorzi di Comuni per l’attuazione di progetti relativi a:

- realizzazione, integrazione o completamento di sistemi di trasporto pubblico a minimo impatto ambientale, con particolare riferimento all’impiego di: autoveicoli dotati di trazione elettrica ibrida, ciclomotori elettrici, autoveicoli ad esclusiva alimentazione a metano o GPL, autoveicoli dotati di alimentazione “bi-fuel”;
- applicazione di sistemi automatizzati per il controllo e la limitazione del traffico nei centri urbani;
- promozione dell’utilizzo di combustibili e carburanti a basso impatto ambientale;
- realizzazione, ampliamento o adeguamento tecnologico dei sistemi di monitoraggio degli inquinanti atmosferici.

Le risorse impegnate dal Ministero sono state destinate al finanziamento di 118 progetti presentati da 59 Enti locali.

Nel 2002, nell’ambito del decreto “Programmi Radicali per la Mobilità Sostenibile”, sono stati ammessi a finanziamento 25 Comuni per la realizzazione di interventi strutturali a favore della riduzione dell’inquinamento atmosferico nelle aree urbane. Con tale provvedimento, il Ministero ha promosso interventi finalizzati alla riduzione permanente dell’impatto ambientale derivante dal traffico urbano tramite l’attuazione di modelli di mobilità sostenibile: sono stati ammessi a cofinanziamento 77 progetti, stanziando complessivamente 35 milioni di euro. Le linee di azione di tale programma sono:

- realizzazione di sistemi di taxi collettivo o di trasporti collettivi innovativi;
- regolazione del traffico nei centri urbani mediante impianti automatizzati per l’applicazione di “road e area pricing”;
- realizzazione di sistemi di trasporto pubblico o servizi di pubblica utilità che utilizzano veicoli elettrici o a gas;
- realizzazione di flotte di biciclette e di veicoli elettrici a due o tre ruote e quadricicli, appartenenti ai Comuni, agli enti e ai gestori di servizi pubblici e dei servizi di pubblica utilità, pubblici e privati, nonché da destinare al noleggio nelle aree urbane;
- realizzazione di sistemi di monitoraggio degli inquinanti atmosferici;
- attuazione di progetti dimostrativi relativi a:

- prototipi di veicoli a trazione elettrica con funzionamento autonomo e di veicoli a trazione elettrica alimentati a idrogeno adibiti al trasporto pubblico, a servizi di pubblica utilità e al trasporto delle merci nelle aree urbane;
- dispositivi per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dal parco dei veicoli circolanti adibiti al trasporto pubblico, a servizi di pubblica utilità e al trasporto delle merci nelle aree urbane;
- modelli di correlazione tra dati di inquinamento atmosferico e quelli provenienti dalla rilevazione del traffico veicolare.

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 270 del 20 novembre 2006 è stato pubblicato il programma di finanziamento “Interventi strutturali per la razionalizzazione della mobilità in ambiente urbano”, finalizzato a promuovere interventi di mobilità sostenibile per il miglioramento della qualità dell’aria in ambiente urbano.

Per l’attuazione del programma di finanziamento sono disponibili risorse a favore di Enti locali per un importo di circa 8,4 milioni di euro. In particolare saranno finanziati i progetti presentati dagli Enti locali che rientrino nelle seguenti aree d’intervento:

- realizzazione, integrazione o completamento di sistemi di trasporto e distribuzione merci a basso impatto ambientale in ambito urbano, finalizzati alla riduzione degli impatti negativi sull’ambiente e alla razionalizzazione degli spostamenti connessi alle operazioni di smistamento, consegna, carico e scarico delle merci, incluso l’esercizio sperimentale di tali sistemi per un periodo non superiore a 24 mesi;
- equipaggiamento delle aree di parcheggio esistenti con infrastrutture che favoriscano l’intermodalità tra mezzi di trasporto privati e pubblici;
- realizzazione, integrazione o completamento, per un periodo di esercizio non superiore a 24 mesi:
 - di servizi di trasporto per gli spostamenti casa-lavoro dei dipendenti, destinati ad una azienda privata o ad un ente pubblico avente almeno 800 dipendenti ovvero a due o più aziende private o enti pubblici; tali servizi devono essere previsti nei piani di cui all’articolo 3, comma 1, del decreto del Ministro dell’ambiente 27 marzo 1998, elaborati dalle aziende e dagli enti coinvolti nel progetto ed approvati, in data successiva al 31 giugno 2003, dalla struttura di cui all’articolo 3, comma 3, dello stesso decreto;

- di servizi di trasporto scolastici, destinati a due o più strutture scolastiche, previsti in appositi piani elaborati dalle strutture scolastiche coinvolte nel progetto ed approvati, in data successiva al 31 giugno 2003, dalla struttura di cui all'articolo 3, comma 3, del decreto del Ministro dell'ambiente 27 marzo 1998.

Il Ministero dell'Ambiente, infine ha complessivamente impegnato risorse pari a 9,3 milioni di euro per l'attuazione del Programma Nazionale di *car sharing*, per il quale è stata istituita una Convenzione di Enti locali, di cui il Comune di Modena è capofila, e di cui fanno attualmente parte 17 enti, fra Comuni e Province.

I programmi pubblici di ricerca

In Italia la spesa in R&S nel sistema trasporti è stimata in circa 2 miliardi di euro all'anno, pari al 15% dell'intera spesa per R&S nazionale, di cui la grandissima parte a carico delle imprese (industria automobilistica *in primis*), pari a circa il 29% della spesa industriale in R&S in Italia. Il personale addetto è di circa 16.000 unità, di cui 14.800 operante nelle imprese. La maggior parte della ricerca privata sui trasporti stradali è sviluppata nelle due società dedicate, Centro Ricerche Fiat e Elasis⁹⁴, mentre le competenze pubbliche sono concentrate nei dipartimenti universitari dei Politecnici e in Istituti del CNR e dell'ENEA.

La ricerca italiana industriale risulta dello stesso livello di quella delle principali industrie europee e mondiali ed ha introdotto nel settore alcune tecnologie di avanguardia (common rail, Diesel multijet, treni ad inclinazione variabile, motori a gas naturale). In complesso il settore trasporti rappresenta uno dei settori chiave di sviluppo per la ricerca italiana pubblica e privata sia per le sue notevoli dimensioni e per la presenza di industrie leader di grandi e medie dimensioni, per le frontiere scientifiche e tecnologiche aperte e per l'eccellenza delle strutture di ricerca disponibili.

L'attività di ricerca privata nel settore trasporti è stata fortemente supportata dal MIUR. Considerando solamente il triennio 2000–2002, dalla banca dati MIUR sui finanziamenti alle imprese a valere sulle leggi 297, 488, 46, Eureka risultano co-finanziati 156 progetti di ricerca per un totale di costi ammissibili pari a 572,7 milioni di euro. Da questo punto di vista il settore occupa il terzo posto nella scala dei settori finanziati.

Per quanto concerne il finanziamento europeo nell'ambito del V Programma Quadro, le industrie italiane del settore hanno ottenuto un co-finanziamento

⁹⁴ Elasis: centro di ricerche FIAT per il Mezzogiorno.

per 223 progetti, per un totale di costi ammissibili pari a 1,338 miliardi di euro.

In questo scenario evolutivo, per rispondere alle priorità strategiche nel settore dei trasporti, sono state individuate le seguenti tecnologie prioritarie che confluiscono nelle linee di ricerca più finalizzate a soluzioni fortemente innovative:

- tecnologie e materiali per propulsori a combustione interna;
- tecnologie per i veicoli e sistemi di propulsione alternativa;
- tecnologie per i nuovi propulsori basati sull'impiego delle fuel cell;
- tecnologie e i materiali per nuove architetture di veicolo;
- tecnologie e materiali per la riduzione dell'inquinamento acustico;
- tecnologie per i veicoli intelligenti ad alta sicurezza;
- tecnologie telematiche di localizzazione;
- tecnologie per la sicurezza anti incendio nelle gallerie per il trasporto urbano ed extraurbano.

In coerenza con il quadro socio-economico di settore e con le priorità dei Programmi Quadro di ricerca europei, gli obiettivi tecnico-scientifici possono essere così riassunti:

- tecnologie di propulsione e sistemi di generazione di energia basate su carburanti alternativi e rinnovabili;
- integrazione di sistemi e componenti di propulsione senza emissioni o a bassissima emissione, quali le celle a combustibile;
- veicoli sicuri e ad alto benessere;
- sistemi di trasporto intermodale;
- Intelligent Transportation System.

Provvedimenti più recenti

In questo paragrafo sono riassunti per punti i più importanti provvedimenti governativi in materia di trasporti registrati negli ultimi tre anni.

Nell'estate del 2006 il decreto Bersani, poi convertito in legge⁹⁵, stabilisce i contributi statali in favore delle Ferrovie dello Stato SpA e dell'ANAS, rispettivamente nella misura di 1.800 e 2.913 milioni di euro; inoltre lo stesso decreto

⁹⁵ L. 4 agosto 2006, n. 248.

innalza il limite di spesa consentito alle Autorità portuali sino a 90 Meuro/anno, liberalizza i servizi di trasporto pubblico di linea passeggeri e conferma le prerogative degli Enti locali nella regolazione del traffico e nei divieti di circolazione.

Nello stesso anno viene data attuazione alla Direttiva comunitaria 2004/54/CE sulla sicurezza delle gallerie stradali della rete TEN-T⁹⁶ e viene stabilito il completamento del progetto Mose a Venezia con 170 milioni di finanziamento nel 2007.

Il Collegato alla Finanziaria 2007⁹⁷ stabilisce l'aumento dell'accisa sul gasolio per autotrazione e, contemporaneamente, un rimborso in favore degli autotrasportatori; l'accisa sul GPL viene invece ridotta.

La Legge Finanziaria 2007⁹⁸ predispone il rifinanziamento del Piano delle Grandi Opere della Legge Obiettivo; sono autorizzati contributi per investimenti riguardanti hub portuali di interesse nazionale da individuare con Decreto Ministeriale e per la realizzazione di grandi infrastrutture portuali immediatamente cantierabili.

In attuazione della Direttiva comunitaria "Eurovignetta"⁹⁹, la stessa legge prevede che siano individuate con Decreto Ministeriale le tratte autostradali e stradali sulle quali attuare la tassazione dei mezzi pesanti per il trasporto merci da utilizzare per investimenti nel settore ferroviario attraverso l'utilizzazione di un Fondo appositamente istituito; stanziata 160 milioni di euro per l'aggiornamento, la valutazione e l'attuazione del Piano della Sicurezza Stradale e destina quota parte degli extraintroiti della tariffazione autostradale in investimenti sulla viabilità ordinaria di competenza Anas e in infrastrutture ferroviarie.

Allo scopo di promuovere il miglioramento della qualità dell'aria nelle aree urbane e il potenziamento del trasporto pubblico, la Finanziaria 2007 istituisce il Fondo per la Mobilità sostenibile, di competenza del Ministero dell'Ambiente, con uno stanziamento di 90 milioni di euro per ciascuno degli anni 2007, 2008 e 2009 da destinarsi specificamente all'aumento dell'efficienza dei mezzi del trasporto Pubblico Locale, a interventi in favore dell'intermodalità pubblico-privato, al *mobility management* ed alla diffusione del *car sharing*, alla riorganizzazione della distribuzione merci in città, al trasporto ciclopedonale; un secondo Fondo viene istituito per il finanziamento di misure in attuazione del Protocollo di Kyoto.

⁹⁶ Dlgs 5 ottobre 2006, n. 264.

⁹⁷ L. 24 novembre 2006, n. 286.

⁹⁸ L. 27 dicembre 2006, n. 296.

⁹⁹ Dir. 1999/62/CE e succ. mod.

Per la competenza del Ministero dei Trasporti, la legge istituisce un Fondo di 100 milioni di euro/anno per il periodo 2007–2009 destinato all’acquisto di veicoli ferroviari sui servizi regionali e locali e su linee metropolitane, tranviarie e filoviarie e di autobus a basso impatto ambientale o alimentazione non convenzionale.

In favore della logistica e dell’intermodalità merci, la legge destina una quota delle risorse residue del Fondo per le misure di accompagnamento della riforma dell’autotrasporto merci, in particolare:

- 100 milioni di euro nel 2008 per lo sviluppo di filiere di servizi, per interventi in favore di hub portuali di interesse nazionale e per lo sviluppo dell’intermodalità;
- 30 milioni di euro nel 2008 per il completamento della rete nazionale degli interporti, la realizzazione di interconnessioni ferroviarie e stradali tra hub portuali ed interportuali;
- 5 milioni di euro nel 2008 per la realizzazione della rete di collegamento telematico fra interporti (progetto UIRNET).

A margine della Finanziaria 2007, il Decreto del Ministero dei Trasporti del 31 gennaio 2007 individua le 30 rotte marittime sulle quali attivare l’ecobonus dal 2008, un contributo agli autotrasportatori che utilizzino i servizi di *Autostrade del Mare* nella misura del 25% di copertura dei costi di trasporto lungo le rotte tradizionali e del 30% lungo le nuove rotte. È previsto un ulteriore contributo alle imprese od aggregazioni imprenditoriali che raggiungano il livello di 1.600 viaggi annui per ciascuna tratta. Al Ministero dei Trasporti è affidato il compito di verificare, nel triennio successivo a quello di concessione dei contributi, che restino invariati sia il numero dei viaggi, sia le quantità di tonnellate trasportate. In caso di diminuzione, potrà decidere per un recupero del contributo già concesso. Sono esclusi dal beneficio coloro che, alla fine dell’anno solare, utilizzando la modalità marittima, non abbiano complessivamente effettuato un numero minimo di 80 viaggi su ciascuna tratta.

Poco più tardi, un decreto del Ministero dello Sviluppo Economico¹⁰⁰ istituisce la “cabina di regia” prefigurata dalla Finanziaria 2007 come luogo di confronto fra Stato e Regioni meridionali in tema di programmazione del QSN 2007–2013 approvato dal CIPE a fine 2006.

Altre importanti provvedimenti nel corso del 2007 sono:

¹⁰⁰ DM 7 marzo 2007.

- la ratifica dei Protocolli di attuazione della Convenzione Quadro per la Protezione delle Alpi, che promuovono l'intermodalità e il trasporto ferroviario transfrontaliero attraverso l'applicazione del principio di "chi inquina paga" e una fiscalità in favore dei veicoli a minor impatto ambientale;
- la liberalizzazione del trasporto ferroviario nazionale delle merci in recepimento della Direttiva europea del 2004;
- l'applicazione del regolamento comunitario¹⁰¹ sui tempi di guida e riposo dei conducenti dell'autotrasporto;
- la modifica del Codice della Strada (cfr. par. 5.2.3.3);
- la creazione dell'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie;
- il disegno di legge delega per la riforma del trasporto aereo;
- il disegno di legge per il riordino dei servizi pubblici locali, con l'imposizione di gara pubblica per l'affidamento e i rinnovi della gestione dei servizi;
- la predisposizione delle Linee Guida del Piano Generale della Mobilità (cfr. par. 5.2.3.2)
- il cosiddetto "Allegato infrastrutture";
- il Decreto fiscale¹⁰².

L'Allegato Infrastrutture è un documento predisposto dal Ministero dei Lavori Pubblici che inserisce il Programma delle Infrastrutture Strategiche della Legge Obiettivo in un disegno più ampio comprendente anche le cosiddette "infrastrutture di completamento", ovvero opere inserite in altri strumenti di programmazione a valere su risorse ordinarie o sui finanziamenti della politica regionale, nazionale e comunitaria.

Il Decreto Fiscale, poi convertito in legge con alcune modificazioni, ha disposto il secondo extragettilo fiscale del 2007 destinandolo ad alcuni interventi urgenti di finanza pubblica fra cui la prosecuzione dei lavori in corso sulla rete ferroviaria ordinaria (800 Meuro), la manutenzione straordinaria sulle rete ferroviaria (235 Meuro), lavori sulla rete Anas (215 Meuro) e per la realizzazione di determinate infrastrutture di trasporto metropolitano, interventi sul sistema di trasporto nell'area dello Stretto di Messina.

¹⁰¹ Reg. CE 561/2006.

¹⁰² DL 159/2007.

La Finanziaria 2008 è stata ricca di contenuti in materia di trasporti; prevedendo sei aree di intervento per migliorare la mobilità fisica del Paese, potenziare i trasporti, tutelare la sicurezza dei cittadini:

- infrastrutture viarie (A3 SA-RC)
- trasporto dei pendolari
- intermodalità
- sicurezza
- porti e trasporto marittimo
- ricerca e formazione.

Per i lavori di manutenzione straordinaria sul tratto Gioia Tauro-Reggio Calabria dell'Autostrada A3 il Ministero dei Trasporti ha ottenuto un finanziamento immediato di 100 milioni di euro per il 2007. Le risorse saranno impiegate per affrontare i relativi problemi di mobilità e sicurezza (il traffico procede a due sole corsie) e per rafforzare il trasporto e la sicurezza nello Stretto di Messina. Per gli anni successivi, ossia per il mantenimento degli interventi che saranno realizzati nelle ultime settimane del 2007, la Finanziaria 2008 prevede investimenti di 20 milioni di euro per il 2008, 22 milioni di euro per il 2009 e 7 milioni di euro per il 2010.

In favore dei pendolari, la Finanziaria 2008 ha previsto nel complesso un investimento di 665 milioni di euro. Di questi, 220 milioni di euro assegnati direttamente alle Regioni, 280 milioni di euro destinati all'acquisto di nuovi autobus o per il miglioramento delle metro. Inoltre, gli abbonati a servizi di trasporto pendolare (autobus, treni, metropolitane) hanno potuto detrarre dalle tasse il costo degli abbonamenti nella misura del 19% della spesa (stimati circa 100 milioni). I restanti 65 milioni di euro andranno a sostegno delle ferrovie locali del Mezzogiorno.

Per il trasferimento modale delle merci dalla strada alla ferrovia ed al mare la Finanziaria 2008 ha investito complessivamente 591 milioni di euro per il triennio 2008-2010. Per ciascuno dei prossimi tre anni 77 milioni di euro andranno a sostenere l'Ecobonus, ossia il contributo erogato dal Ministero dei Trasporti per incentivare gli autotrasportatori a scegliere le *Autostrade del Mare*, 135 milioni di euro andranno al trasporto combinato treno-Tir (compresi i contributi per il trasporto di merci pericolose). Infine, 200 milioni di euro, nel solo 2008, saranno investiti sotto forma di agevolazioni agli autotrasportatori.

In favore della sicurezza stradale la Finanziaria 2008 stanziava 235,3 milioni per i prossimi due trienni (2008/2013), dei quali 204 per l'acquisto di nuove attrezzature e l'intensificazione di controlli e ispezioni.

Per il 2008 il Governo punta a rafforzare i controlli con nuove apparecchiature e a riorganizzare gli uffici preposti alla sicurezza stradale, anche con nuove assunzioni alla Motorizzazione civile.

In linea con la riforma della portualità avviata con la precedente manovra, la legge sui finanziamenti per il 2008, prevede un investimento di 129,2 milioni di euro per il settore portuale e marittimo; 100 milioni di euro serviranno per finanziare interventi strutturali nei porti italiani (servizi di carico e scarico, collegamenti stradali e ferroviari) direttamente legati all'intermodalità, cioè allo spostamento delle merci dalle strade al mare (ma la cifra sale a 600 milioni di euro per i prossimi due trienni, 2008/2013).

La cantieristica sarà sostenuta con 20 milioni di euro, mentre 5 milioni di euro andranno alla sostenibilità ambientale delle flotte italiane. L'investimento totale per il settore, nei prossimi due trienni, sarà di 717,6 milioni di euro. Inoltre è previsto un investimento complessivo di 87,5 milioni di euro nel quadriennio 2008/2011 per lo sviluppo delle Capitanerie di Porto e della Guardia Costiera. Di questi, 55 milioni di euro saranno utilizzati per l'acquisto di nuovi aerei, nuovi elicotteri e nuove unità navali.

In materia di autotrasporto, la Finanziaria 2008 assegna 20 milioni di euro per ciascuno dei due anni 2009 e 2010 al Fondo per l'Autotrasporto istituito dalla Finanziaria 2006, stabilisce il rimborso di parte del contributo al SSN dei premi assicurativi RC auto versati nel 2007 e di parte dei pedaggi autostradali corrisposti nello stesso anno.

Inoltre la legge prevede l'emanazione di un decreto per ridurre le aliquote di accisa sul carburante a bilanciamento dell'extragetto fiscale derivante dall'aumento del prezzo dei carburanti.

Infine per la ricerca applicata e la formazione in materia di trasporti la legge prevede 32 milioni di euro per il triennio 2008-2010 e stanziava 600 milioni di euro per la riduzione dei gas serra.

L'anno 2008 è stato segnato dal cambiamento di Governo con passaggio di consegne a maggio, da un improvviso ulteriore innalzamento del prezzo del petrolio con un picco a luglio, dalla crisi finanziaria di settembre e dall'acuirsi della crisi economica già in atto.

A fine maggio, il Governo appena insediato ha disposto con decreto-legge¹⁰³ alcune variazioni sulla Legge Finanziaria varata nel dicembre 2007 con "tagli alle risorse destinate al trasporto pubblico locale, ai trasporti combinati ed alle *Autostrade del Mare* nonché alla mobilità sostenibile e all'ammodernamento di alcuni tratti autostradali". Tali tagli sono stati successivamente oggetto di rinegoziazione.

¹⁰³ DL 93/2008.

Anticipando di quasi sei mesi il calendario di pragmatica, il nuovo Governo ha approvato a metà giugno il DPEF 2009–2013, insieme ad un decreto legge¹⁰⁴ recante “disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività della finanza pubblica e la perequazione tributaria”; in materia di trasporti, tale decreto dispone la sterilizzazione dell’IVA sui carburanti (in previsione di ulteriori aumenti del prezzo del petrolio), prevede l’adozione di misure di sostegno all’autotrasporto in considerazione del danno derivante dall’aumento dei prezzi dei carburanti, di nuove norme in materia di cabotaggio marittimo.

La successiva legge di conversione del decreto, varata in agosto¹⁰⁵, ripristina il *Fondo per la promozione e il sostegno dello sviluppo del TPL*, che era stato soppresso dal decreto 93/2008 di maggio, con una dotazione di 113 milioni di euro per il 2008, 130 per il 2009 e 110 per il 2010 e il 2011. La stessa legge prevede agevolazioni contributive e fiscali alle imprese di autotrasporto a valere sul Fondo per la riforma dell’autotrasporto già alimentato nel 2006 e nel 2007; inoltre estende al 2009 le misure per il cofinanziamento del rinnovo del parco veicolare pesante.

La stessa legge consente alcune deroghe sulle procedure previste dalla normativa comunitaria per l’affidamento dei Servizi Pubblici Locali: esso può avvenire senza fare ricorso a gara in presenza di condizioni che renderebbero inutile o inefficace il ricorso al mercato (affidamento diretto c.d. *in-house*); tali disposizioni sono state successivamente oggetto di una segnalazione dell’Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato (AGCM).

Altri provvedimenti di rilievo adottati nel corso del 2008 sono:

- un accordo quadro fra la Banca Europea per gli Investimenti (BEI) e Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per il finanziamento delle opere del Piano delle Infrastrutture Strategiche del Governo italiano;
- il decreto-legge 162/2008 che precisa modalità, tempistica e copertura finanziaria (per 230 milioni di euro) di misure di sostegno in favore dell’autotrasporto;
- il decreto legislativo che rende la normativa in materia di monitoraggio ed informazione sul traffico navale più conforme alle indicazioni comunitarie;
- il cofinanziamento nazionale del progetto “Trasporto marittimo nell’Europa occidentale e *Autostrade del Mare* (WEST – MOS)” fino a 180 milioni di euro.

¹⁰⁴ DL 25 giugno 2008, n. 112.

¹⁰⁵ L. 6 agosto 2008, n. 133.

4.2.4 *Le Regioni*

Come precedentemente analizzato, le Regioni esplicano la propria attività di pianificazione strategica dei trasporti attraverso i Piani Regionali dei Trasporti (PRT).

A partire dalle indicazioni dell'ultimo Piano Generale dei Trasporti nel 2001, il processo di preparazione di tali documenti è stato lungo e disomogeneo ed è difficile ricostruire, tramite la documentazione disponibile correntemente, quale sia attualmente lo stato di attuazione dei vari piani regionali; l'ultima ricognizione esaustiva risale alla fine del 2005 ad opera di Uniontrasporti [42].

Rimandando ad altra sede, dunque, l'approfondimento di questo argomento, nel corso del successivo paragrafo si fornisce un quadro sintetico della distribuzione dei fondi fra le varie voci di spesa previste nei POR "Reti e Mobilità" del QSN 2007-2013 ricordando che, comunque, tali strumenti programmatici fanno riferimento alle linee di intervento predisposte da ogni regione all'interno del proprio PRT.

4.2.4.1 I Programmi Operativi Regionali del QSN 2007-2013

In risposta alla Priorità n. 6 "Reti e collegamenti per la mobilità" del QSN 2007-2013, le Regioni hanno elaborato specifiche linee di intervento relative al tema dei Trasporti, al quale sono state attribuite delle categorie di spesa dedicate (individuate a livello comunitario e contenute nell'allegato II al regolamento applicativo della Commissione - CE n. 1828/2006).

Le due tabelle seguenti mostrano la ripartizione per Regione e per Codice di spesa delle risorse finanziarie nell'area CONV e COMP rispettivamente.

Tabella 4.8: Dotazione finanziaria e distribuzione fondi dei POR Trasporti area CONV

Dotazione finanziaria EU+Naz [milioni euro]		Basilicata	Calabria	Campania	Puglia	Sicilia	TOTALE POR
16	Ferrovie	45,50	104,94	615,00	680,00	431,61	1.877,05
17	Ferrovie (TEN-T)	-	-	160,00	-	14,39	174,39
18	Beni mobili delle ferrovie	-	-	-	90,00	-	90,00
19	Infrastrutture ferroviarie mobili (RTE-T)						
20	Autostrade	-	-	55,00	-	143,87	198,87
21	Autostrade (TEN-T)	-	-	-	-	-	-
22	Strade nazionali	-	59,96	-	-	28,77	88,73
23	Strade regionali/locali	58,00	65,96	75,00	20,00	172,64	391,60
24	Piste ciclabili	1,00	-	-	2,00	22,56	25,56
25	Trasporti urbani	15,00	44,94	-	20,00	287,74	367,68
26	Trasporti multimodali	15,00	94,74	60,00	100,00	86,32	356,06
27	Trasporti multimodali (TEN-T)	-	-	-	-	14,39	14,39
28	Sistemi di trasporto intelligenti	9,00	1,20	-	8,00	14,39	32,58
29	Aeroporti	-	44,92	70,00	-	86,32	201,24
30	Porti	-	44,94	150,00	210,00	339,57	744,51
31	Vie d'acqua interne (regionali e locali)	-	20,98	-	-	-	20,98
<i>TRASPORTI</i>		<i>143,50</i>	<i>482,58</i>	<i>1.185,00</i>	<i>1.130,00</i>	<i>1.642,57</i>	<i>4.583,65</i>
52	Promozione di trasporti urbani puliti	2,5	59,96	-	0	93,52	155,98
<i>Totale TRASPORTI</i>		<i>146,00</i>	<i>542,54</i>	<i>1.185,00</i>	<i>1.130,00</i>	<i>1.736,09</i>	<i>4.739,63</i>

Fonte: elaborazione ENEA su dati POR Regionali e PON Reti e Mobilità

Tabella 4.9: Dotazione finanziaria e distribuzione fondi dei POR Trasporti area COMP

Dotazione finanziaria EU+Naz [milioni euro]		Abruzzo	Friuli	Lazio	Liguria	Lombardia	Marche	Molise	P.A. Bolzano	Sardegna	Toscana	Umbria	Valle d'Aosta	Veneto	TOTALE POR
16	Ferrovie					25,00			2,02		84,91	1,74		9,48	123,15
17	Ferrovie (TEN-T)		6												6,00
18	Beni mobili delle ferrovie														0,00
19	Infrastrutture ferroviarie mobili (RTE-T)														0,00
20	Autostrade														0,00
21	Autostrade (TEN-T)														0,00
22	Strade nazionali					3,02		36,5 7							39,60
23	Strade regionali/locali					37,05						10,44			47,49
24	Piste ciclabili					2,52						2,09		18,96	23,57
25	Trasporti urbani									30,63					30,63
26	Trasporti multimodali					10,08	18,0		2,02	61,26		1,74		9,48	102,58
27	Trasporti multim. (TEN-T)														0,00
28	Sistemi di trasporto intelligenti						6,00		2,02	61,26		7,66		9,48	86,42
29	Aeroporti						2,08								2,08
30	Porti					4,03	5,04			40,84				9,48	59,40
31	Vie d'acqua interne (regionali e locali)					8,06					24,33				32,39
TOTALE RETI E MOBILITA'		0,00	6,00	0,00	0,00	89,77	31,13	36,57	6,06	193,99	109,24	23,67	0,0	56,88	553,32
52	Promozione trasporti urbani puliti.	12,35	2,5	226	32,75	58,97	9,52		5,02	10,21	190,15	16,71	4,0	0,00	568,17
TOTALE TRASPORTI		12,35	8,50	226	32,75	148,74	40,65	36,57	11,08	204,20	299,39	40,38	4,0	56,88	1.121,49

Fonte: elaborazione ENEA su dati POR FESR COMP

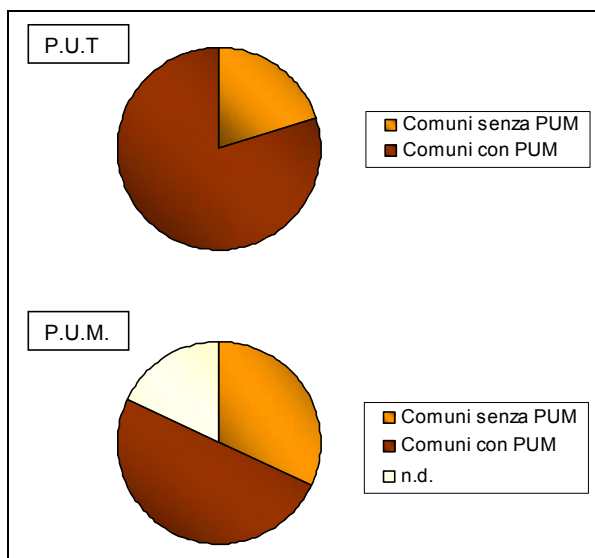
4.2.5 I Comuni

4.2.5.1 Attuazione dei Piani Urbani del Traffico e dei Piani Urbani della Mobilità

Ad iniziare dagli anni Ottanta, la maggior parte dei centri urbani ha dovuto affrontare il problema del crescente utilizzo dell'auto privata, riconoscendolo come un fattore di rischio sia per il funzionamento stesso delle città che per le ricadute negative sulla qualità dell'aria e sull'aumento dei livelli di rumore.

Nonostante l'assenza dei cofinanziamenti, molte amministrazioni comunali hanno sentito l'esigenza di adottare un proprio PUM, per sottrarsi alle logiche particolaristiche dettate da strumenti di programmazione troppo settoriali come i Piani Urbani dei Parcheggi (PUP) e gli stessi Piani Urbani del Traffico; secondo l'indagine sulle principali 50 città italiane realizzata da Euromobility e Kyoto Club in collaborazione con Assogasliquidi e Consorzio Ecogas e presentata a fine anno 2007 [53], la metà di esse hanno approvato (10 Comuni) o sono in fase di redazione (9 Comuni) o hanno già redatto (6 Comuni) il Piano Urbano della Mobilità.

Figura 4.10: Diffusione dei PUT e dei PUM



Fonte: Euromobility

4.2.5.2 I provvedimenti

Nel seguito si riportano i risultati di recenti indagini sullo stato di attuazione dei provvedimenti adottati dalle Amministrazioni comunali in favore di una mobilità urbana più efficiente e sostenibile. In particolare le informazioni sono tratte dall'indagine Euromobility e Kyoto Club [53], dal rapporto ACI-Eurispes del 2006 [56], dal rapporto di Legambiente Ecosistema Urbano 2007 [57].

Regolamentazione degli accessi

L'estensione delle Zone a Traffico Limitato nei Comuni capoluogo è misurata dall'Osservatorio ambientale dell'Istat e da Ecosistema Urbano di Legambiente; pur con alcune differenze, le due fonti riportano un quadro di insieme confrontabile, aggiornato al 2005.

L'indice di dotazione di ZTL in mq/abitante è mediamente intorno ai 3 mq/abitante; la metà dei Comuni resta invece al di sotto di 1 metro quadrato/abitante mentre non sono state ancora istituite ZTL in 9 città, tutte del centro sud.

La classifica vede Isernia al primo posto, con più di 55 mq/abitante; nelle prime dieci posizioni compare un mix eterogeneo di città meridionali, settentrionali e del centro, con la comune caratteristica delle piccole dimensioni; nel fondo della classifica, invece, il Nord è assente e il centro è presente solo con le città laziali di Latina e Frosinone; fra le grandi città, Firenze risulta la prima mentre Milano figura come ultima.

In rapporto alla superficie comunale, la classifica si modifica e Bergamo, con 13,4 kmq di ZTL/100 kmq di superficie totale, risulta al primo posto, seguita a distanza da Firenze, Lecco e Caserta, tutte con un indice intorno a 3,6-3,3; anche in questo caso non si verificano demarcazioni nette fra aree geografiche, anche se tutti gli esempi negativi si concentrano al centro-sud.

La maggior parte delle ZTL prevedono una limitazione di orario mentre una minoranza, sia pur consistente, è regolata in funzione dello standard emissivo dei veicoli.

Il prospetto della Tabella 4.10 riassume l'efficacia dei provvedimenti di limitazione del traffico sulla capacità di ridurre la congestione e l'inquinamento in relazione ad alcune loro caratteristiche.

Secondo i dati Istat, la dotazione di isole pedonali rispetto al numero di abitanti è mediamente pari a circa 0,3 mq/abitante e sono più di 90 le città che hanno adottato questo provvedimento sino al 2005; per 20 di queste, la superficie pedonalizzata a disposizione del singolo abitante continua ad essere ancora limitata, tanto da non raggiungere un terzo della media.

Accanto ai provvedimenti permanenti di regolamentazione degli accessi sono da segnalare iniziative di restrizione della circolazione legate al superamento delle soglie di allarme dell'inquinamento urbano ed alla promozione di forme di mobilità alternative all'auto privata durante particolari campagne quali domeniche ecologiche e giornate senz'auto, alle quali hanno aderito numerose città capoluogo.

Tabella 4.10: Impatto del sistema di regole delle ZTL

Città	Estensione ZTL	Limitazioni orari	Soggetti/veicoli autorizzati	Costo accesso	Tipo di controllo (elettronico o meno)	Regole specifiche di salvaguardia ambientale
Torino						
Milano (sistema attuale)						
Genova						
Venezia-Mestre						
Verona						
Trieste						
Bologna						
Firenze						
Roma						
Napoli						
Cagliari						
Palermo (nuovo sist. ZTL)						
Catania						

Impatto molto alto

Impatto alto

Impatto medio

Impatto basso

Impatto molto basso

Fonte: Isfort – Federmobilità

Sosta a pagamento

La tariffazione della sosta rappresenta uno dei mezzi più efficaci di controllo e indirizzamento della domanda utilizzando una tariffazione differenziata per la diversa tipologia degli impianti: parcheggi scambiatori in periferia, parcheggi di destinazione per lo stazionamento operativo nei pressi delle aree strategiche della città, parcheggi di pertinenza per la sosta lunga prevalentemente privata e residenziale.

Tranne Caltanissetta, tutti i capoluoghi di provincia hanno adottato provvedimenti di sosta a pagamento. In rapporto al numero di autovetture circolanti, il numero di stalli di sosta a pagamento nelle 10 città in cima alla classifica oscilla fra 0,223 (La Spezia) e 0,1 (Torino). Manca il dato relativo alla percentuale di stalli a pagamento rispetto al numero complessivo degli stalli.

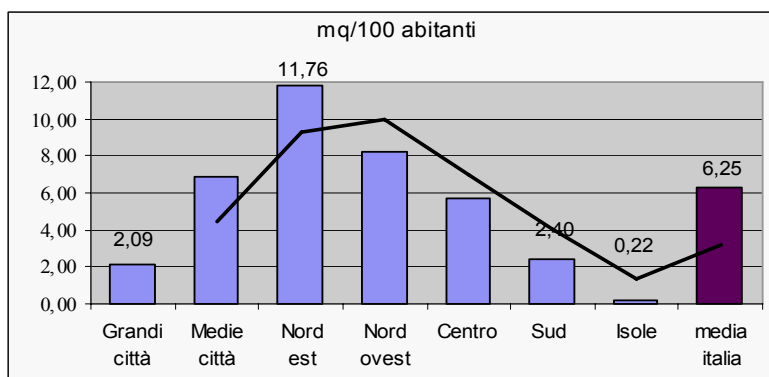
Recentemente, il neo-sindaco di Roma ha revocato i provvedimenti di tariffazione della sosta in alcune aree della capitale non ritenute strategiche a fini della limitazione della mobilità privata; l'azione ha rivitalizzato il dibattito sull'opportunità e le modalità applicative di questo tipo di misure.

Piste ciclabili

La bicicletta in molti paesi d'Europa occupa un segmento strategico della mobilità; la media europea è del 9,45%, in alcuni paesi la media viene largamente superata: 27% Olanda, 18% Danimarca, 12,6% Svezia; l'Italia, con il 4%, è agli ultimi posti. Tuttavia, nei centri medi, soprattutto del Nord, la bicicletta rappresenta una concreta alternativa di spostamento specie sui brevi tragitti; a Ferrara circa il 30% degli spostamenti urbani avviene su bicicletta, percentuali simili si stimano in diversi centri medi emiliani, toscani e veneti.

Mediamente ci sono in Italia 8.077 abitanti per ogni km di pista ciclabile. I dati relativi alla dotazione di piste ciclabili (media dell'indicatore per ambito territoriale di appartenenza del capoluogo), riferiti al complesso dei 103 capoluogo di provincia, e riportati in Figura 4.11 evidenziano l'enorme differenza tra le singole realtà urbane e soprattutto tra le diverse aree geografiche.

Figura 4.11: La dotazione di piste ciclabili



Fonte: elaborazione Isfort su dati Legambiente, Ecosistema Urbano 2007

Potenziamento e adeguamento dei servizi di TPL

La strada più battuta per contrastare l'attuale netta prevalenza dell'auto privata nelle aree urbane è il recupero dell'efficacia e dell'efficienza del sistema di trasporto collettivo tradizionale tramite interventi di potenziamento, di razionalizzazione e di sviluppo della qualità del servizio.

Alcuni Comuni (es. PUM Reggio Emilia, maggio 2008) hanno in progetto o stanno realizzando il potenziamento delle corsie preferenziali esistenti e la creazione di corsie preferenziali sugli assi stradali principali anche fuori dal centro storico, nonché l'aumento dell'offerta di parcheggi di scambio mezzo privato-mezzo pubblico.

Alcune aziende di trasporto pubblico stanno inoltre introducendo sistemi tariffari il più possibile integrati, un esempio in tal senso viene fornito dalla Regione Campania che ha introdotto una struttura tariffaria integrata su tutte le modalità di trasporto disponibili (possibile utilizzare con un particolare titolo di viaggio anche i collegamenti via mare tra i Comuni della costa campana, integrandoli con il trasporto pubblico terrestre) e per le diverse aree geografiche soggette alla mobilità, distinte in cinque aree urbane, (capoluoghi di provincia) ed undici fasce concentriche polarizzate invece direttamente sulla città di Napoli. Nell'ottica di una piena complementarietà dei modi di trasporto, in Campania è diventato persino possibile utilizzare con un particolare titolo di viaggio anche i collegamenti via mare tra i Comuni della costa campana, integrandoli con il trasporto pubblico terrestre.

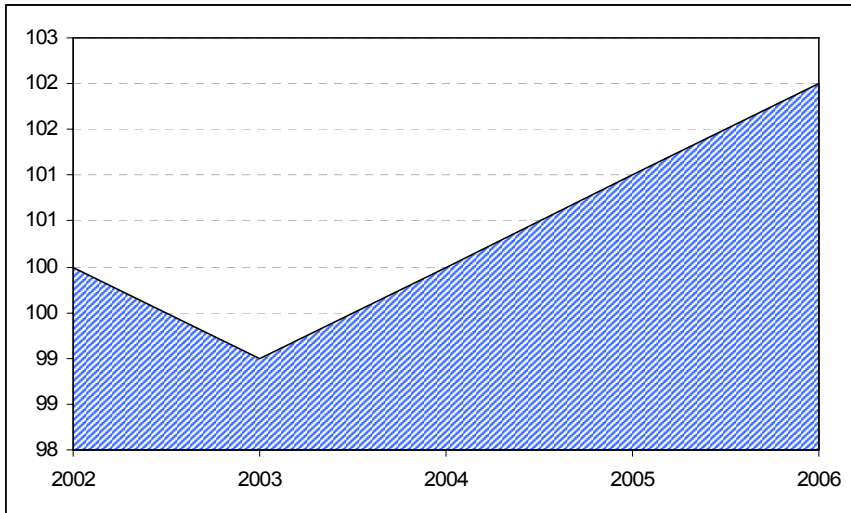
Inoltre vengono proposte agli utenti agevolazioni aggiuntive a quelle già in vigore (es. studenti, anziani ecc.) per l'acquisto dei titoli di viaggio, quali:

- gli abbonamenti scontati per il 3° e 4° componente di famiglie già abbonate e i biglietti per famiglie validi nei week end;
- gli abbonamenti per i dipendenti delle aziende dotate di Mobility Manager;
- per i dipendenti comunali, universitari e di enti convenzionati;
- i biglietti dedicati allo shopping, validi in alcune fasce orarie e per un numero prefissato di ore;
- gli abbonamenti di 16 mensilità, anziché 12, per i cittadini residenti.

Secondo le rilevazioni dell'ASSTRA, l'impegno per la promozione del Trasporto Pubblico comincia dare buoni risultati (Figura 4.12 e Figura 4.13).

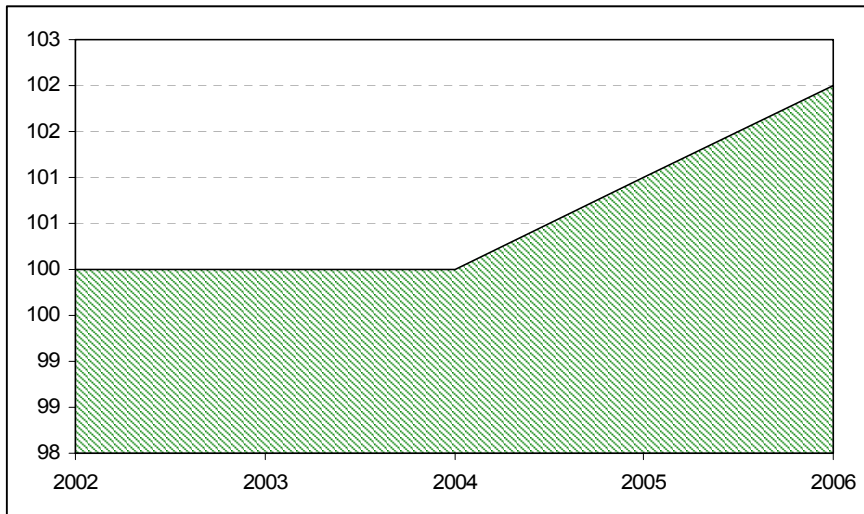
Anche nel 2007 si è registrato un rilevante incremento nel numero assoluto di passeggeri in ambito urbano, quasi il 20% in più, soprattutto nel secondo periodo dell'anno quando migliora anche lo split modale a favore del TPL urbano, favorito anche dalla contingente situazione del continuo aumento del prezzo dei carburanti.

Figura 4.12: Vetture per km erogate (numeri indice)



Fonte: ASSTRA

Figura 4.13: TPL: passeggeri trasportati (numeri indice)



Fonte: ASSTRA

I servizi di mobilità alternativi

Per aumentare gli effetti delle soluzioni “tradizionali” è ugualmente importante intraprendere azioni ausiliarie volte a favorire lo sviluppo di servizi di mobilità alternativi in grado di fornire una risposta intermedia in termini di fles-

sibilità e di costi tra il trasporto collettivo e l'auto privata, soprattutto in quelle aree in cui il trasporto pubblico si rivela poco efficiente e competitivo.

I servizi di mobilità alternativi comprendono sia nuove forme organizzate di utilizzazione in comune dell'automobile progettate per ridurre i costi individuali e sociali, sia schemi innovativi di trasporto pubblico con percorsi ed orari non fissi e con fermate a prenotazione capillarmente distribuite sul territorio.

I *servizi a chiamata* sono servizi con i vantaggi del taxi, ma economici come il trasporto pubblico operanti sulla rete di trasporto pubblico locale con tariffe simili agli altri servizi di trasporto pubblico; risultano particolarmente adatti quando si ha una domanda di mobilità debole e possono trovare applicazione in diversi contesti: dalle zone rurali a bassissima densità di popolazione, dove il trasporto di linea risulta molto costoso per passeggero trasportato, al caso del trasporto di disabili, ai collegamenti con i grandi aeroporti, ed infine a servizi di trasporto urbano nelle ore notturne o scuola-bus. Rientrano in questa categoria anche servizi veloci con minibus a tariffa fissa con prenotazione dei posti, di collegamento rapido tra aree cittadine distanti, senza fornire un servizio porta a porta e i Servizi di taxi collettivo porta a porta, con tariffe molto più basse rispetto al taxi tradizionale.

Il panorama nazionale presenta alcune applicazioni di punta riportate in Tabella 4.11.

Tabella 4.11: Sistemi di trasporto a chiamata in alcune città. Anno 2005

Servizio	Tipologia	Utenti/anno
Genova "Drin Bus"	Bus a chiamata diurno attivo in alcune zone e su percorsi prestabiliti	31.058
Firenze "Personal bus"	Servizio diurno "porta a porta" (limitato ad alcune zone dell'area fiorentina) e corse su itinerari fissi in città	127.150
Milano "Radio-bus"	Servizio notturno a prenotazione, in aree predefinite della città	170.000 ¹⁰⁶
Modena "Pronto bus"	Bus a chiamata (linea diurna) attivo nella città-nord e in alcuni Comuni di montagna limitrofi	20.119
Parma "Pronto bus"	Servizio notturno (fermate fisse e variabili)	117.615

Fonte: elaborazione Isfort su dati APAT-ASSTRA e fonti locali

¹⁰⁶ Stima riferita al 2004.

Il sistema a chiamata di Firenze è stato avviato nel 1995 dall'ATAF SpA. Un'analisi continuativa nel tempo sull'andamento del servizio ha mostrato un incremento di domanda e di soddisfazione. La domanda media mensile (passeggeri/mese) è passata dai 4.000 passeggeri del primo anno (contro una domanda del servizio tradizionale inferiore ai 500 passeggeri/mese) fino ai 10.000 passeggeri/mese del 2000, con un ulteriore incremento nel 2001, anno in cui si sono raggiunte punte superiori ai 13.200 passeggeri/mese. Tra questi rientrano circa 140 alunni delle scuole medie inferiori per i quali, dal 1° febbraio 2001, sono state introdotte delle apposite corse. Accanto all'incremento costante del numero dei passeggeri, si è anche registrato un alto gradimento da parte degli utenti: più del 77% degli intervistati ha ritenuto positivo il nuovo servizio. Questi risultati hanno incentivato lo sviluppo del sistema.

Il *car pooling*, consiste nell'utilizzo condiviso di una vettura da parte di più persone per uno spostamento, si rivela particolarmente adatto per gli spostamenti sistematici. La sua applicazione non risolve sicuramente tutti i problemi degli spostamenti casa lavoro/studio, in quanto le adesioni sono quasi sempre abbastanza limitate, ma qualora bene organizzato, può contribuire alla riduzione del utilizzo di auto private. Sono determinanti i contesti territoriali in cui viene applicato, l'orario di lavoro delle aziende stesse se flessibile o non, la disponibilità di parcheggi ecc.

Si riscontra che le principali esperienze europee che hanno avuto successo hanno sostenuto le iniziative con interventi strutturali (corsie preferenziali), sconti sulle tariffe e sulla sosta e realizzazioni di centrali operative per l'organizzazione del servizio.

In Italia sono state intraprese azioni a livello istituzionale (Regione Emilia Romagna, Veneto, Lombardia ecc.) quali deroghe al blocco totale o parziale della circolazione per le autovetture con almeno 3 persone a bordo.

Le principali misure incentivanti, messe invece in campo dalle aziende sono le seguenti:

- il conferimento di un buono-carburante per chi si offre come "driver" del *car pooling* aziendale;
- la realizzazione di un'area di parcheggio "privilegiata" (più vicina all'entrata dello stabilimento) riservata ai *car pooler*;
- la disponibilità a rendere più flessibile l'orario di entrata e uscita per favorire ad alcuni loro dipendenti che utilizzano il *car pooling*.

Inoltre le aziende spesso mettono a disposizione un servizio per la creazione degli equipaggi di *car pooling*.

Il *car pooling* è stato anche promosso da diverse Università italiane per i propri studenti: Roma Tre, la Cattolica di Milano, Bologna ecc.

Anche nei piani di spostamento casa-lavoro esistono diverse iniziative messe a disposizione dai Mobility Manager di area (es. Padova, Napoli, Brescia ecc.) o Mobility Manager aziendali.

A Roma da marzo 2006 è attivo un servizio sperimentale di *car pooling*, messo a disposizione dal Comune, che copre una porzione del territorio urbano e che mediante un portale dedicato permette l'iscrizione al servizio sia come conducente che come trasportato.

Tra le nuove forme organizzate di utilizzazione in comune dell'automobile, il *car sharing* rappresenta una delle applicazioni più importanti per poter modificare in maniera sostanziale l'attuale insostenibile vantaggio competitivo dell'auto privata su tutte le altre modalità di trasporto che operano in campo urbano, soddisfacendo determinati bisogni dell'utenza con prestazioni simili a quelle dell'auto privata, ma con costi inferiori soprattutto per coloro che ricorrono saltuariamente all'auto per effettuare i propri spostamenti (meno di 10.000 km/anno).

Il *car sharing* è un servizio di mobilità che consente l'uso anche per periodi limitati di autovetture da parte di un gruppo di utenti, abbonati al servizio; aree parcheggio riservate e distribuite capillarmente sul territorio rendono disponibili flotte di autoveicoli pagando una tariffa proporzionata alla durata di utilizzo ed ai chilometri percorsi.

Le organizzazioni di *car sharing* sono nate in Europa a partire dagli anni 80 e hanno avuto una particolare diffusione in Germania, Olanda e Svizzera; attualmente il totale degli utenti delle 3 nazioni ammonta a 100.000 unità.

In Italia, su iniziativa del Ministero dell'Ambiente, nel 1998 nasce l'ICS (Iniziativa Car-Sharing) come struttura di coordinamento delle organizzazioni locali; per avviare i progetti di Car Sharing è stato istituito il finanziamento diretto (da parte di ICS) ai soggetti imprenditoriali che realizzano direttamente il servizio. Dopo che ICS ha individuato il gestore del servizio, viene stipulata con l'Ente locale la convenzione, sottoscritta da entrambe le parti, che regola l'attuazione di questo servizio disponendone i finanziamenti che, erogati da ICS, non sono sotto forma di denaro, bensì di beni e servizi (tecnologie, servizi di call center e servizi di promozione e comunicazione). Il ruolo del Ministero dell'Ambiente è quello di finanziatore diretto ai gestori (mediante un finanziamento a fondo perduto), con una copertura massima del 50% delle spese per il servizio. I Comuni dovrebbero, invece, puntare su una promozione mirata del servizio a seconda della realtà locale e del tipo di utenza; inoltre l'Ente locale che aderisce al Progetto deve effettuare una previsione per facilitare il Car Sharing dal punto di vista operativo (circolazione ed aree di sosta esclusive), proponendosi come primo grande cliente di questo servizio.

Tabella 4.12: Iniziative car sharing in diverse città italiane (dicembre 2008)

	Inizio	Auto	Utenti	Parcheggi
Bologna	Ago. 2002	43	1.049	25
Firenze	Apr. 2005	28	1.096	22
Genova	Lug. 2004	75	1.851	49
Milano	Sett. 2001	70	1.873	44
Modena	Apr. 2003	18	280	14
Parma	Feb. 2007	21	327	12
Rimini	Estate 2002* Mar.2003	5	60	5
Roma	Mar. 2005	41	1.041	25
Torino	Nov. 2002	100	2.000	70
Venezia	Ago. 2002	50	2.851	11
Totale		451	12.428	277
<i>*Servizio Sperimentale</i>				

Fonte: ICS

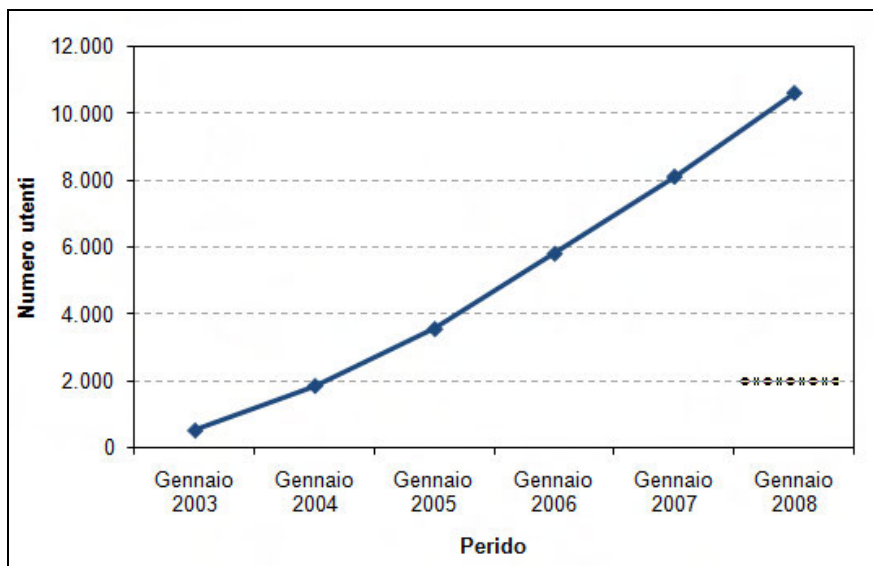
Nel 2002 nascono le prime iniziative in diverse città italiane a: Torino, Venezia che a tutto oggi risultano essere quelle che hanno il maggior numero di iscritti, più di duemila (Tabella 4.12).

L'adesione comunque è sempre crescente come si evidenzia dalla Figura 4.14. L'utente medio è generalmente di sesso maschile (62%), di età compresa tra i 25 e i 54 anni (oltre il 30% del totale degli utilizzatori) e, per lo più, lavoratore o libero professionista; in minoranza sono gli utenti senza occupazione, autonomi o imprenditori. Per quanto concerne il titolo di studio, la gran parte degli utenti è costituita dai diplomati delle scuole medie superiori.

Il numero degli iscritti tuttavia è di poco superiore alle 12.000 unità (dato aggiornato a dicembre 2008). Si è dunque ben lontani dagli utenti della Germania (oltre 50 mila soci) o anche da paesi con minor numero di abitanti come Svizzera (circa 55 mila iscritti), Olanda (25 mila) e Austria (12 mila).

Per acquisire nuovi utenti occorrerebbe dare maggiore pubblicità al sistema, investire sulla disponibilità di vetture e in tecnologie (informatiche, di gestione satellitare) capaci di facilitare l'accesso al servizio e accrescerne l'affidabilità ed infine stabilire condizioni preferenziali di accessibilità per le *vetture car sharing*, come già attuato localmente (es. libero ingresso alle corsie riservate e aree interdette a Roma, Venezia, Bologna, Modena).

Figura 4.14: Iscritti al car sharing in Italia nel periodo 2003–2008



Fonte: Iniziativa Car Sharing

Recentemente si stanno diffondendo i servizi di *bike sharing*, sistema innovativo di noleggio biciclette automatico che consente, a chi arriva in città o a chi ci abita, di spostarsi da un punto all'altro con la bicicletta, in modo agevole; le bici, posteggiate in appositi spazi loro riservate, vengono prelevate con modalità diverse e, dopo l'uso, restituite allo stesso punto o ad un altro, facilitando in questo modo l'integrazione tra i mezzi di trasporto e lo scambio tra i suoi utenti.

Il *bike sharing* è già molto diffuso in Europa, in Italia si può trovare nelle città di Reggio Emilia, Parma, Ravenna, Trento, Modena, Cesena, Faenza, Bologna, Cuneo, Ferrara, Verona e numerosi altri centri più piccoli, situati soprattutto al nord.

Il servizio "*Bike Sharing - Roma Tre in bici*" inaugurato nel mese di ottobre del 2004, mette gratuitamente a disposizione di studenti e dipendenti dell'Università Roma Tre una flotta di biciclette a prelievo automatico. Il servizio è finalizzato a promuovere lo spostamento della popolazione universitaria tra le varie sedi dell'Ateneo.

Il sistema che prevede la sottoscrizione di un modulo, l'accettazione di un regolamento e il versamento di una cauzione di € 10,00, permette al richiedente di usufruire di una bicicletta da qualsiasi rastrelliera installata presso le sedi dell'Ateneo attraverso una chiave a lui assegnata, numerata e nominale. Le biciclette complessivamente messe a disposizione attualmente sono 60.

Nel 2003 la Provincia di Bologna ha acquistato 28 biciclette, a cui ne ha aggiunte 5 nel 2005, destinate al personale dell'Ente per gli spostamenti di servizio, contemporaneamente sono stati predisposti degli stalli coperti e sicuri per il loro deposito.

A Roma un importante progetto di *bike sharing* promosso in collaborazione con l'amministrazione comunale è partito nel gennaio 2008 con 250 biciclette-pubbliche per il solo Centro storico nella Ztl, distribuite in 22 parcheggi con l'obiettivo di estendere il servizio in tutta Roma e di offrire 20.000 bici dislocate nelle varie aree cittadine, il servizio è gratuito per la prima mezzora.

Altri esempi, a Parma (servizio già attivo), a Milano e Firenze in corso di implementazione.

Mobility Management

L'espressione Mobility Manager indica un approccio soft (gestione, informazione, nuovi servizi, incentivi ecc.) anziché hard (infrastrutture) applicato alla mobilità sostenibile. La legislazione italiana ha usato questa espressione per la prima volta nel decreto Ronchi, per affrontare il tema della mobilità indotta dal lavoro svolto presso grandi organizzazioni, ad esempio industrie o ministeri. Il decreto obbliga enti e imprese di grandi dimensioni a istituire la figura del Mobility Manager. Tale obbligo non implica sanzioni in caso venga disatteso ma introduceva misure premianti. Difatti, successivamente, per realizzare le finalità previste dal decreto Ronchi, il Ministero dell'Ambiente ha adottato misure di co-finanziamento a favore di Comuni e di aree metropolitane. I finanziamenti hanno favorito l'istituzione dei Mobility Manager aziendali e d'area e le iniziative per la mobilità casa-lavoro e casa-scuola.

Dopo otto anni di esperienza è difficile dire se il mobility management si sia dimostrato in Italia uno strumento efficace di governo della domanda di trasporto in grado di ridurre le percorrenze complessive dei veicoli individuali a motore.

Forse la conseguenza più importante del decreto Ronchi è il fatto che per la prima volta l'impresa sia stata riconosciuta interlocutrice dell'Amministrazione pubblica riguardo alla politica della mobilità e a essa siano stati attribuiti diritti e doveri strettamente collegati con l'attività produttiva e con i suoi costi esterni, così come già è avvenuto storicamente per l'abitazione dei lavoratori, i fattori sanitari, la sicurezza, l'inquinamento eccetera.

Un possibile lato negativo è il pericolo di offrire un capro espiatorio per nascondere le manchevolezze della gestione pubblica del settore trasporti. D'altra parte, come emerso dall'indagine di Euromobility, il numero di Mobility Manager che si sono dimostrati veramente attivi è circa 50, sembra un po' poco, la classica goccia nell'oceano. Inoltre, anche questi 50 "giusti" ben poco

possono fare con un budget limitato e lo scarso potere decisionale di cui sono provvisti i Mobility Manager.

I principi per una nuova legge di finanziamento delle attività dei Mobility Manager in Italia potrebbero essere i seguenti:

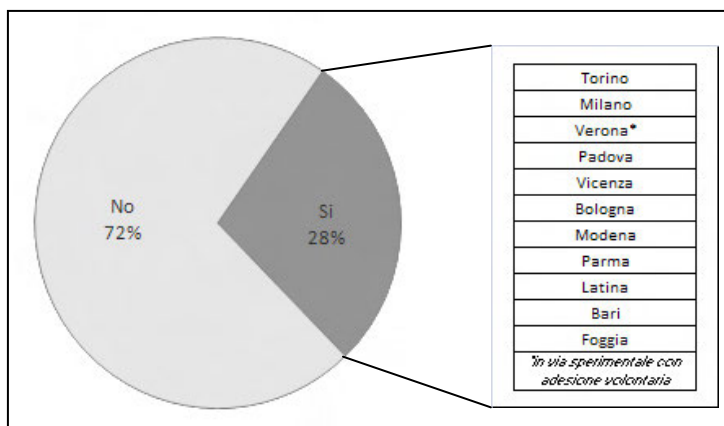
- Selezionare gli interventi di Mobility Management che hanno già dimostrato di reggere alla distanza, per convenienza economica, efficacia, gradimento degli utenti e potere dissuasivo dall'auto. Per essi, trovare strumenti finanziari che rendano consueto (e non più occasionale) il favore accordato dall'Amministrazione pubblica, in modo tale che le aziende non debbano aspettare nuovi decreti per avere finanziamenti certi e che gli interventi non rischino di venire sospesi o annullati. Di fatto i servizi di trasporto integrativi aziendali, al confine tra il privato e il pubblico, meriterebbero sovvenzioni alla pari del Trasporto Pubblico Locale.
- Sperimentare nuove misure di mobilità sostenibile e finanziarle, analogamente a quanto fatto dal decreto Ronchi, ma questa volta compilando linee-guida, che a quel tempo non potevano essere disponibili a causa della novità dell'approccio.

Misure di logistica urbana

Una migliore gestione del traffico merci in ambito urbano presuppone un mix di politiche coordinate:

- **Politiche di investimento**, atte a rendere più efficienti e razionali le attività di distribuzione delle merci e finalizzate all'adeguamento delle infrastrutture viarie, alla creazione e gestione degli spazi di sosta per il carico/scarico delle merci, alla realizzazione di centri di distribuzione urbana, allo sviluppo della telematica
- **Politiche di restrizione**, consistenti nella regolazione degli accessi al centro urbano e delle soste con l'obiettivo di regolarne gli orari, l'area di accesso, la modalità d'accesso e di sosta in base alla tipologia di veicolo e di merce da consegnare.
- **Politiche di incentivazione**, consistenti ad esempio in agevolazioni fiscali o regolamentazioni speciali di traffico per gli operatori economici utilizzando tecnologie ecocompatibili e per gli operatori dei centri di distribuzione urbana
- **Politiche di informazione/comunicazione**, tese a far conoscere a tutti gli attori interessati (trasportatori, corrieri, commercianti) informazioni e regole da rispettare inerenti al trasporto delle merci nell'ambito urbano la localizzazione delle aree di sosta per i veicoli merci ecc.

Figura 4.15: La presenza di piattaforme logistiche in Italia



Fonte: Euromobility

Le sperimentazioni hanno cominciato a svilupparsi a partire dall'inizio degli anni novanta all'estero e dalla fine degli anni novanta anche in Italia, spesso promosse e sostenute dalla Unione Europea.

Dalle risposte ricevute nell'indagine di Euromobility (40) è emerso che solo in 11 città (22% dei casi) sono disponibili piattaforme logistiche, localizzate principalmente nel Nord Italia, tranne quelle di Latina, Bari e Foggia, a Verona il progetto è ancora in via sperimentale con adesione volontaria, mentre a Parma riguarda solo il settore dell'agroalimentare.

Il Cityporto di Padova è uno degli esempi di successo di un nuovo modello logistico attivo: dal 21 aprile 2004, acquisisce un numero sempre maggiore di clienti ed è in progetto l'estensione del servizio offerto ad una area territoriale più ampia. Il Comune pensava di raggiungere il ROI (ritorno degli investimenti) intorno al quarto anno ed invece, già dal secondo anno Cityporto ha raggiunto il pareggio operativo.

Il modello operativo, basato su un magazzino di "transit point" di soli 700 mq. e sull'utilizzo di mezzi ecologici (metano ed elettrici) adibiti alle consegne che godono della possibilità di utilizzare le corsie preferenziali ed hanno libero accesso e possono sostare all'interno della ZTL per tutte le 24 ore, è in fase di implementazione anche in altri Comuni (es. Modena); anche Alessandria e Prato si avviano a scegliere il modello padovano.

Altre sperimentazioni sono in corso a Frosinone con il progetto europeo *C-DISPATCH* (Clean distribution of goods in specimen areas at the last mile of the intermodal transport chain), e a Lucca nell'ambito del progetto europeo LIFE CEDM (Centro Ecologico distribuzione Merci).

Sistemi di gestione e controllo del traffico

Sistemi ITS per la gestione del traffico e della mobilità sono attivi in numerose città italiane (tra cui Roma, Torino, Milano, Firenze, Bologna, Genova, Perugia, Napoli, Brescia, Salerno ecc.) e la quasi totalità delle aziende di trasporto pubblico locale ha adottato, o intende adottare nel breve periodo, sistemi telematici per l'esercizio e lo sviluppo dei servizi.

L'indagine campionaria svolta nel 2004 da TTS Italia (l'Associazione Nazionale per la Telematica, per i Trasporti e per la Sicurezza) illustra la situazione attraverso una rilevazione relativa al triennio 2001-2003. Dal lato della domanda, l'indagine considera le Amministrazioni comunali, le aziende di trasporto pubblico locale, i gestori di infrastrutture autostradali e gli interporti, con un totale di investimenti nel 2003 pari a 235 milioni di euro, di cui Amministrazioni comunali e Aziende di trasporto pubblico locale occupano una fetta di circa il 33%.

Le sole Amministrazioni comunali hanno investito per un totale di 170 milioni di euro nel triennio considerato. Le città più attive risultano essere Roma e Milano che assommano circa l'80% (140 milioni di euro) dei finanziamenti stanziati. In un orizzonte di breve e medio periodo, secondo le previsioni delle Amministrazioni comunali intervistate, gli investimenti nel settore degli ITS cresceranno con un aumento medio annuo del 14,1% tra il 2003 e il 2005 e del 6,8% tra il 2005 e il 2009.

L'analisi degli investimenti effettuati nel 2003 (pari a 69 milioni di euro) mette in luce i segmenti di mercato che maggiormente interessano le Amministrazioni comunali: sistemi per il controllo e la gestione del traffico e della mobilità (con finanziamenti pari a 57 milioni di euro, equivalenti all'82,6% del totale degli investimenti); sistemi per la gestione delle flotte e del trasporto merci (con finanziamenti pari a 10,8 milioni di euro, equivalenti al 15,6% del totale degli investimenti); sistemi per l'informazione all'utenza per il trasporto (con finanziamenti pari a 1,2 milioni di euro, equivalenti all'1,8% del totale degli investimenti); all'interno del grande insieme dei sistemi di controllo e gestione, si individuano le seguenti quote di investimento: sviluppo e manutenzione di sistemi semaforici avanzati per il controllo del traffico (40,2%); sistemi per il monitoraggio del traffico e tecnologie per il controllo degli accessi alle ZTL (34,5%); tecnologie per i pannelli a messaggio variabile (9,3%); sistemi per il monitoraggio delle sostanze inquinanti (9%); tecnologie per la gestione della sosta (7%).

I segmenti di mercato che maggiormente hanno interessato nel 2003 le Aziende di trasporto pubblico locale riguardano: i sistemi di gestione del trasporto pubblico (con investimenti pari a 6 milioni, equivalenti al 76% degli investimenti totali).

All'interno del sistema della gestione del trasporto pubblico, le tecnologie di maggiore interesse riguardano i sistemi di monitoraggio e localizzazione delle flotte (con il 65% degli investimenti), la bigliettazione elettronica (31%), aspetto di grande interesse e aperto ad applicazioni assai promettenti anche a livello comunitario, e infine i sistemi per il monitoraggio dei passeggeri a bordo (4%); i sistemi di informazione all'utenza (con 1,9 milioni di euro, equivalenti al 24% degli investimenti totali).

In questi sistemi rientrano informazioni pre-trip (Internet, call center, televideo); informazioni en route (display a messaggio variabile, messaggi precodificati); informazioni alle fermate (paline intelligenti, chioschi interattivi). Questo appare un settore in forte espansione, con un'ipotesi di previsione di 13 milioni di euro entro il 2009.

Riferimenti bibliografici

- [1] COM (2001) 370, “ La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte”
- [2] COM (2006) 314 def. del 22/6/2006
- [3] COM (2007) 551 del 25/9/2007
- [4] COM (2005) 718 (def. 11/1/2006)
- [5] COM (2007) 606 del 18/10/2007
- [6] COM (2007) 607 del 18/10/2007
- [7] COM (2007) 608 del 18/10/2007
- [8] COM (2007) 616 del 18/10/2007
- [9] EEA, 2008, “Climate for a transport change - TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union”, 3 marzo 2008
- [10] COM (2007) 19 del 7/ 2/2007
- [11] COM (2007) 856 del 19/12/2007
- [12] COM (2007) 871 del 19/12/2007
- [13] COM (2009) 104 del 25/2/2009
- [14] COM (2008) 16, 17, 18 del 23/1/2008
- [15] COM(2008) 432, 433, 435, 436 del 8/7/2008
- [16] IP/09/85 del 21/1/2009
- [17] Regolamento CE 881/2004 (G.U. 30/4/2004)
- [18] Dir. 2004/49/CE, 2004/50/CE, 2004/51/CE (G.U. 30/4/2004)
- [19] COM (2004) 139,140,142,143 del 3/3/2005
- [20] COM (2005) 298 del 4/7/2005
- [21] COM (2006) 782
- [22] COM (2003) “Programma di azione europeo per la sicurezza stradale 2003–2010”, 04/6/2003
- [23] Direttiva 2004/54/CE del 30/4/2004
- [24] Regolamento CE 1406/2002 del 27/6/2002
- [25] Direttiva 2002/59/CE del 27/6/2002
- [26] COM (2002) 595 del 29/11/2002
- [27] COM (2003) 155 del 29/11/2003
- [28] Regolamento CE 2244/2003 del 18/12/2003

- [29] COM (2006) 275
- [30] COM (2007) 269 del 22/5/2007
- [31] Direttiva 2005/44/EC
- [32] COM (2005) 459 del 27/9/2005
- [33] COM (2006) 336 del 28/6/2006
- [34] Regolamento CE 1382/2003 del 22/07/2003, Programma Marco Polo
- [35] Regolamento CE 1692/2006 del 24 ottobre 2006, Programma Marco Polo
- [36] Direttiva 70/220/EEC del 20/3/1970
- [37] Regolamento CE 715/2007 del 20/6/2007
- [38] http://ec.europa.eu/information_society/activities/intelligentcar/icar/index_it.htm
- [39] COM (2007) 22 del 7/2/2007
- [40] Direttiva 2003/30/EE del 8/5/2003
- [41] Uniontrasporti, Quaderno n. 2 “ Analisi del quadro giuridico-istituzionale relativo al settore trasporti, infrastrutture e logistica”, marzo 2006
- [42] Uniontrasporti, Quaderno n. 1 “ Rapporto sulla programmazione regionale dei trasporti in Italia”, dicembre 2005
- [43] Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti, 2001, “Il nuovo Piano Generale dei Trasporti e della Logistica”
- [44] Ministero Sviluppo Economico, “Quadro Strategico Nazionale 2007-2013”, giugno 2007
- [45] Delibera del CIPE 137, 19 novembre 1998
- [46] Ministro dell’ambiente, “4° Comunicazione Nazionale alla Convenzione-quadro sui cambiamenti climatici”, 29 novembre 2007
- [47] Ministero dello Sviluppo Economico, “Piano d’azione efficienza energetica”, agosto 2007
- [48] EEA, 2007, “Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2007 - Tracking progress towards Kyoto targets”, 27 novembre 2007
- [49] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, “Piano Nazionale della Sicurezza Stradale, Azioni prioritarie”, novembre 2002
- [50] Ministero Infrastrutture e Trasporti - Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, “Secondo Programma Annuale Attuativo del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale”, novembre 2003
- [51] ACI, “Annuario statistico 2007”

- [52] ASSTRA “Aggiungi un posto in autobus - IV Rapporto sulla mobilità urbana in Italia”, Firenze, Aprile 2007
- [53] Euromobility, Kyoto Club “ La mobilità sostenibile in Italia: indagine sulle principali 50 città” 2007
- [54] ATAC, “Il Progetto Roma per Kyoto: le Emissioni di Anidride Carbonica (CO₂) nel settore trasporti”, ottobre 2007
- [55] nel Settore Trasporti”, luglio 2006
- [56] Isfort, “Il trasporto urbano su rotaia in Italia, ottobre 2006
- [57] ACI - EURISPES, “Rapporto sulla qualità della mobilità nelle province italiane”, Roma, settembre 2006
- [58] Ambiente Italia, novembre 2007, “Rapporto 2007 di Ecosistema urbano Europa”

5 PROPOSTE D'INTERVENTO

5.1 Pianificazione trasporti, un problema multicriteriale complesso

La pianificazione dei trasporti è un problema di ottimizzazione d'uso di risorse con numerosi obiettivi e vincoli; gli obiettivi sono relativi al rispetto di standard di funzionalità del sistema e di qualità dell'ambiente e della vita, i vincoli sono dettati dal contesto territoriale e socio-economico e dai limiti di budget finanziario. Più nel dettaglio, si individuano i seguenti obiettivi generali della pianificazione dei trasporti:

- rispetto di standard minimi di funzionalità del sistema;
- contenimento dei consumi energetici;
- contenimento delle emissioni di gas climalteranti;
- contenimento delle emissioni di sostanze inquinanti;
- contenimento della congestione della rete;
- rispetto di standard minimi di sicurezza.

Gli obiettivi di sostenibilità sociale ed ambientale, pur in via di principio compatibili con la funzionalità del sistema, pongono tuttavia spesso un limite alle possibilità d'intervento volte a quest'ultima e, quindi, possono essere considerate come un vincolo rispetto ad essa. Al contrario, all'interno dell'insieme degli obiettivi di sostenibilità si riscontra un elevato grado di sinergia reciproca; in particolare, i provvedimenti mirati a ridurre il consumo di fonti fossili, che rappresentano la quasi totalità dei consumi del settore trasporti, risultano utili anche alla riduzione delle emissioni climalteranti e inquinanti; la riduzione della congestione, pur rappresentando un obiettivo strategico di per sé, costituisce anche uno dei possibili modi per ridurre gli impatti energetici ed ambientali; l'aumento della sicurezza, sebbene parzialmente sinergico con i primi quattro obiettivi, necessita di specifiche linee d'azione.

Purtroppo, solo di recente gli obiettivi di sostenibilità ambientale e sociale sono entrati di diritto nei criteri universalmente riconosciuti della pianificazione di settore; in precedenza, le scelte dei decisori sono state funzionali soprattutto a migliorare le prestazioni del sistema dell'offerta, puntando soprattutto sull'alternativa stradale; ciò non solo per le intrinseche caratteristiche di questa modalità di trasporto, semplice e flessibile, ma anche in funzione dell'indotto economico connesso alla mobilità individuale. Da quando le criticità energetiche, ambientali e socio-economiche di questo modello di sviluppo sono divenute sin troppo evidenti, si è cominciato a prendere i primi provvedimenti, delineando alcune possibili strategie d'intervento in vista della sostenibilità del sistema.

Storicamente, la criticità del settore trasporti rispetto alla sostenibilità ambientale dello sviluppo si è evidenziata in relazione al degrado della qualità dell'aria nelle aree urbane; le misure poste in campo a riguardo dagli anni 80 hanno riguardato essenzialmente il controllo delle caratteristiche di emissione dei veicoli stradali (standard europei), l'imposizione di standard di qualità sui carburanti, limitazioni alla circolazione in relazione al superamento dei valori di guardia delle concentrazioni di alcuni inquinanti, misure di dissuasione dall'uso dell'autovettura e di incentivazione all'utilizzo dei mezzi di trasporto pubblico (particolarmente park-pricing); stando agli inventari nazionali delle emissioni da attività antropiche, negli ultimi anni la pressione del traffico sulla qualità dell'aria si è notevolmente ridotta, soprattutto grazie alle severe restrizioni imposte sui limiti di emissione specifiche dei veicoli. Nonostante ciò, il superamento delle soglie di qualità è ancora troppo frequente: secondo l'ultimo rapporto APAT sulla qualità dell'ambiente urbano, in 13 città sulle circa 20 monitorate si sono avuti superamenti dei valori limite di concentrazione di inquinanti in numero superiore al consentito. L'ulteriore drastica riduzione dei limiti di emissione dei veicoli stradali già stabilita a livello comunitario¹⁰⁷, associata al rafforzamento delle politiche locali di gestione della domanda, lascia ben sperare se non nella totale risoluzione, almeno nell'allentamento della questione specifica della qualità dell'aria in città; altre importanti problemi legati al traffico urbano potrebbero perdurare (congestione, incidentalità), ma esulano dal cuore di questa trattazione pur avendone parlato nei capitoli 2 e 4.

La preoccupazione degli ambientalisti e degli economisti si concentra adesso sui temi del riscaldamento globale del pianeta e del fabbisogno energetico, cui le attività di trasporto contribuiscono in misura sostanziale.

Nel seguenti paragrafi si analizzano dapprima le diverse possibilità d'intervento in funzione degli obiettivi di riduzione dei consumi energetici ed emissioni climalteranti dei trasporti, poi si riportano i risultati di un'analisi quantitativa sull'efficacia delle più importanti linee d'azione e infine si formulano alcune proposte d'intervento per il futuro.

5.2 Ridurre i consumi energetici e le emissioni climalteranti dei trasporti: quali possibili misure

Il consumo energetico ed i conseguenti impatti sull'atmosfera delle attività di trasporto derivano dalla combinazione dei volumi di traffico delle diverse componenti della mobilità passeggeri e merci con i relativi valori di intensità energetica ed emissioni specifiche (per unità di trasporto, passeggeri o merci);

¹⁰⁷ Per le autovetture e i veicoli commerciali leggeri è prevista l'introduzione dello standard Euro V dalla fine del 2009 e dello standard Euro VI dalla fine del 2014; entrambe le normative si concentrano soprattutto sui limiti emissivi di ossidi di azoto e particolato.

sulla base di tale dato di fatto, due sono le possibili strategie di intervento per ridurre l'ammontare di consumi ed emissioni:

- contenere i volumi di traffico;
- migliorare l'efficienza energetica ed ambientale del trasporto.

Per quanto riguarda il contenimento del traffico, è possibile agire principalmente su due fattori: il numero e la lunghezza degli spostamenti; entrambi questi fattori sono regolati principalmente da variabili esogene (economiche e sociali) e, quindi, risultano scarsamente dominabili attraverso semplici politiche settoriali. Provvedimenti di ampio respiro possono riguardare la riorganizzazione del lavoro e delle funzioni territoriali, la tassazione delle merci in funzione del rapporto fra zone di produzione e ambiti di commercializzazione ecc. Ad un livello di intervento più basso, la riduzione delle percorrenze può ottenersi attraverso l'ottimizzazione dei percorsi su strada, con particolare riguardo ai giri di consegna delle merci.

La seguente Tabella 5.1 riassume le possibili misure per il contenimento dei volumi di traffico in relazione a precisi sotto-obiettivi, fornendo anche un'indicazione sugli ambiti di intervento.

Tabella 5.1: Contenimento dei volumi di traffico: obiettivi, ambiti d'intervento e misure possibili

Obiettivo tattico	Ambiti d'intervento	Possibili misure
Ridurre il numero degli spostamenti passeggeri	<ul style="list-style-type: none"> • Organizzazione del lavoro e dell'erogazione dei servizi • Organizzazione scolastica 	<ul style="list-style-type: none"> • Promozione telelavoro e teleservizi • Finanziamento servizi scuolabus
Ridurre la percorrenza media degli spostamenti passeggeri	<ul style="list-style-type: none"> • Pianificazione territoriale 	<ul style="list-style-type: none"> • Riorganizzazione delle funzioni urbane
Ridurre la percorrenza media delle merci	<ul style="list-style-type: none"> • Politiche dei prezzi • Organizzazione del trasporto 	<ul style="list-style-type: none"> • Promozione della filiera corta delle merci • Ricorso a software di ottimizzazione

Riguardo all'efficienza energetica ed ambientale del trasporto, essa, a sua volta, è regolata dalle performance dei veicoli, dalle modalità della loro utilizzazione e dal livello di ricorso a modalità di trasporto a bassa intensità energetica e impatto ambientale; gli obiettivi da perseguire sono dunque la riduzione dei consumi e delle emissioni specifiche del parco veicolare in esercizio (non solo stradale ma anche aereo, marittimo e ferroviario), un aumento del coefficiente medio di utilizzazione della capacità veicolare, una riduzione dei feno-

meni di congestione stradale, un miglioramento degli stili di guida su strada in chiave di risparmio energetico, uno spostamento modale della domanda di trasporto dalla strada e dall'aereo verso ferrovia e nave.

Nella successiva Tabella 5.12 è riportato un elenco di possibili misure in relazione agli obiettivi precedentemente esposti, con indicazione degli ambiti d'intervento relativi a ciascuna misura.

Tabella 5.2: Efficienza energetica del trasporto: obiettivi e relativi ambiti d'intervento

Obiettivo tattico	Ambiti d'intervento	Possibili misure
Spostare la domanda sulle modalità più energeticamente e ambientalmente efficienti	Pianificazione strategica trasporti	Adeguamento offerta ferroviaria, offerta TPL e nodi di scambio
	Finanziamenti governativi	Promozione servizi di Autostrade del Mare
	Regolamentazione mobilità urbana	Limitazione accessi mobilità privata in città Road&park pricing Introduzione crediti mobilità privata
Aumentare il coefficiente medio di utilizzazione dei veicoli	Organizzazione del trasporto passeggeri e merci (aziende autotrasporto, Mobility Manager)	Promozione cooperazione autotrasportatori Utilizzo software ottimizzazione da parte degli operatori autotrasporto Promozione car-pooling
Migliorare la qualità energetica della guida su strada	Comportamenti dell'utenza	Promozione eco-driving
	Industria <i>automotive</i> /ITS	Installazione sistemi di bordo in supporto guida energeticamente virtuosa
	Codice della strada	Riduzione limiti di velocità autostradale e rafforzamento controllo
Migliorare la qualità della circolazione dei veicoli	Regolazione e controllo traffico	Diffusione ITS per regolazione e controllo traffico
Ridurre consumi ed emissioni specifici medi del parco veicoli in esercizio	Industria <i>automotive</i> , aeronautica e navale	Improvement tecnologico veicoli nuova produzione
	Finanziamenti governativi e fiscalità	Incentivazione utilizzo dispositivi per la riduzione di perdite energetiche sui veicoli in circolazione Incentivi finanziari all'acquisto veicoli a bassi consumi ed emissioni Tassa di possesso in funzione delle prestazioni energetico-ambientali dei veicoli
	Regolamentazione mobilità urbana	Regolamentazione accessi urbani in base alle prestazioni energetico-ambientali dei veicoli

5.3 Potenzialità delle linee d'intervento

In questo paragrafo si riportano i risultati di un'analisi condotta dall'ENEA per verificare il potenziale di riduzione di consumi e gas serra di alcune misure strategiche; più nel dettaglio sono state esaminate le misure di seguito elencate, raggruppate in relazione agli obiettivi di efficienza precedentemente ricordati.

Obiettivo trasferimento modale da strada e aereo verso modalità di trasporto più energeticamente ed ecologicamente efficienti:

- potenziamento della rete ferroviaria e adeguamento dell'offerta dei servizi passeggeri e merci su ferro;
- potenziamento della rete del trasporto rapido di massa e adeguamento dei relativi servizi;
- potenziamento e promozione del trasporto pubblico locale su gomma;
- promozione delle *Autostrade del Mare*;

Obiettivo miglioramento efficienza autotrasporto merci:

- riorganizzazione del trasporto merci su gomma
- realizzazione ed esercizio di Centri di Distribuzione Urbana delle merci

Obiettivo miglioramento qualità energetica della circolazione stradale:

- applicazione di sistemi ITS di regolazione e controllo del traffico urbano
- diffusione dei principi dell'ecodriving stradale
- riduzione dei limiti di velocità su autostrada e *enforcing* dei controlli

Obiettivo riduzione consumi ed emissioni specifici medi del parco veicolare:

- *improvement* tecnologico dei veicoli di nuova produzione;
- incentivazioni all'acquisto dei modelli di autovettura a più bassi consumi ed emissioni di CO₂ ;
- diffusione di dispositivi per la riduzione delle perdite energetiche dei veicoli stradali.

Per ciascuna misura è stato calcolato il potenziale di riduzione delle emissioni ad effetto serra per gli anni 2012 e 2020; inoltre è stata stimata la spesa di implementazione nel decennio 2010-2020 e il beneficio economico derivante dalla riduzione di alcune importanti voci di costo esterno (effetto serra, inquinamento atmosferico, congestione stradale, incidentalità) e di consumo energetico.

Il potenziale di riduzione dell’impatto energetico–ambientale è stato calcolato fissando per ciascuna misura dei target di efficacia desunti da documenti programmatici o di indirizzo strategico; all’anno 2020 è stata stabilita una forchetta per tener conto dei numerosi fattori di indeterminazione nel raggiungimento degli obiettivi prefissati agli orizzonti temporali più lontani.

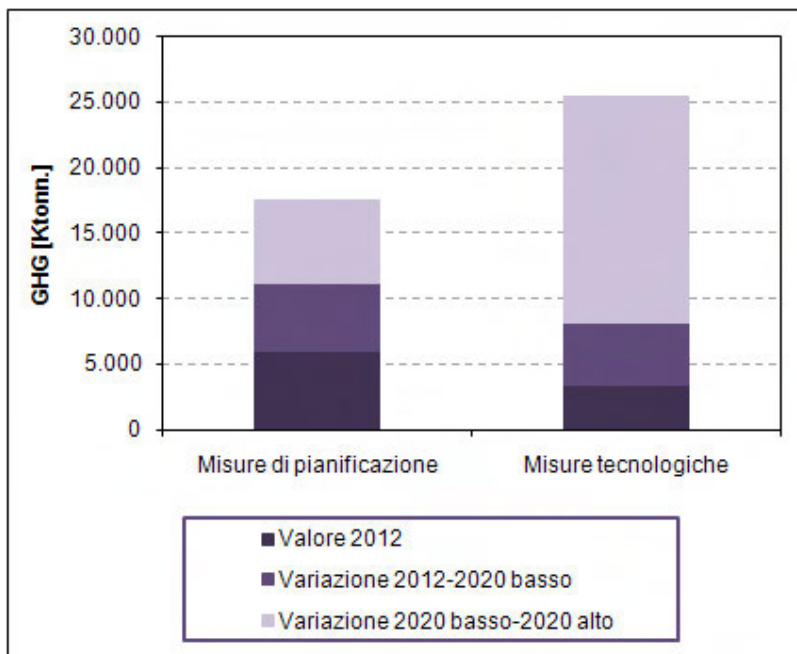
Di seguito si riportano invece i risultati sintetici dello studio, distinguendo fra due tipologie di intervento:

- misure per il miglioramento delle prestazioni energetiche ed ambientali del parco veicolare stradale (misure “tecnologiche”);
- misure di potenziamento/riorganizzazione dell’offerta di trasporto (misure di “pianificazione e gestione”).

Il grafico di Figura 5.1 riporta il potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra per i due insiemi di misure.

Nel complesso, al 2012 si otterrebbe una riduzione di circa 9,5 Mt CO₂ eq., corrispondente al 6,8% delle emissioni previste in assenza di misure mentre, all’anno 2020, la riduzione ottenibile dall’insieme di misure analizzate oscilla fra 20 e 53 Mt CO₂ eq., valori che rappresentano rispettivamente il 12% e il 31% delle emissioni previste nello scenario di riferimento.

Figura 5.1: Potenziale di riduzione di gas serra



Fonte: elaborazioni ENEA

L'oscillazione maggiore è relativa alle misure di tipo tecnologico in funzione del divario fra i target di performance e di penetrazione sul mercato fissati per le diverse tecnologie negli scenari "basso" e "alto" mentre invece la variazione del potenziale di emissione delle misure di pianificazione è più ridotta in quanto è stato possibile assumere dei target meno incerti fra i due scenari.

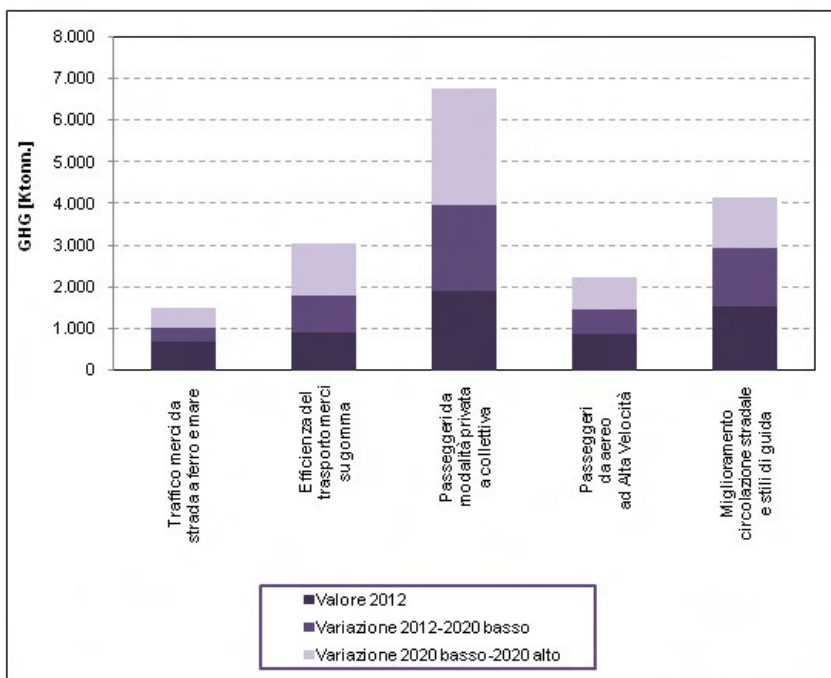
L'insieme delle misure analizzate, dunque, risulta sufficiente al conseguimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto (considerando una ripartizione proporzionale fra i diversi settori di emissione) e, nelle ipotesi più ottimistica, anche al raggiungimento dei target di risparmio energetico della Direttiva Comunitaria 20-20-20.

Più specificatamente le misure di pianificazione e gestione risultano più efficaci nel breve periodo mentre uno sforzo tecnologico molto consistente, come quello ipotizzato per lo scenario "alto", porterebbe i migliori risultati nel lungo periodo; questo risultato, apparentemente paradossale, si giustifica in relazione alle seguenti circostanze:

- le misure di potenziamento infrastrutturale considerate sono già in atto da lungo tempo (con particolare riferimento alla realizzazione della rete ferroviaria ad Alta Velocità e delle linee di trasporto rapido di massa nelle aree urbane e metropolitane) e quindi una buona parte dei frutti degli ingenti sforzi finanziari posti in essere sono attesi già dal 2012;
- le altre misure contenute nel pacchetto "pianificazione" riguardano o l'adeguamento dell'offerta di servizi (come nel caso del Trasporto Pubblico Locale su gomma) o azioni di orientamento della domanda (integrazione trasporto pubblico e privato nelle aree urbane, saturazione servizi di *Autostrade del Mare*) o l'ottimizzazione d'uso delle risorse esistenti (controllo circolazione nelle aree urbane, logistica autotrasporto, limitazione velocità in autostrada, *ecodriving*); si tratta quindi di interventi di rapida attuazione con ricadute positive già nel breve periodo;
- viceversa, la gran parte delle misure tecnologiche sono applicabili ai veicoli di nuova produzione che sono immessi sul mercato con gradualità e, quindi, danno i loro frutti completi solo nel lungo periodo.

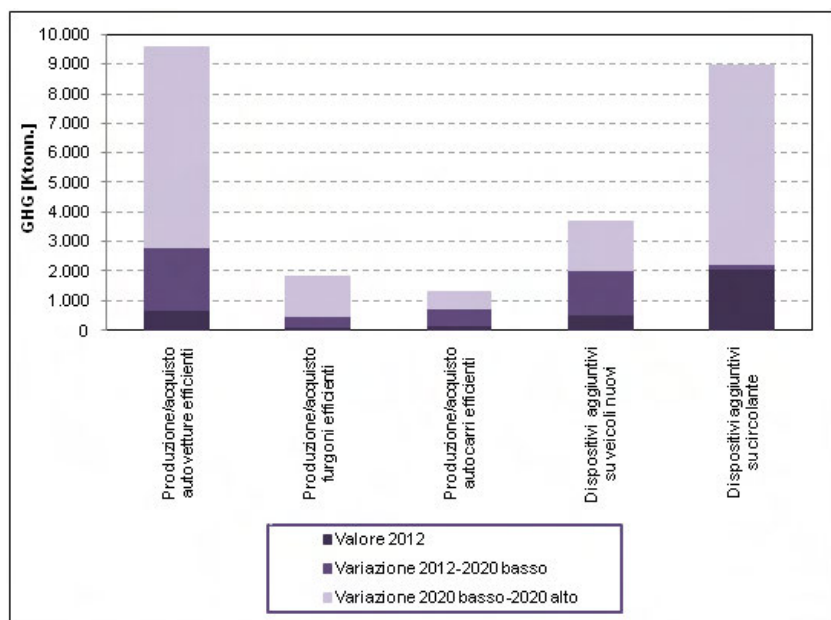
Nei due successivi grafici (Figura 5.2 e Figura 5.3) si riporta il potenziale di riduzione delle emissioni climalteranti per cluster di misure.

Figura 5.2: Riduzione dei gas serra delle misure di pianificazione



Fonte: elaborazioni ENEA

Figura 5.3 Riduzione dei gas serra delle misure tecnologiche



Fonte: elaborazioni ENEA

Fra le misure di pianificazione e gestione, quelle che favoriscono il trasferimento modale di traffico passeggeri da strada a trasporti collettivi (su gomma o su ferro) sono di maggiore efficacia assoluta in termini di contenimento delle emissioni di gas serra; esse comprendono il potenziamento dell'offerta dei servizi ferroviari regionali per trasporto pendolare, la realizzazione di nuove linee di trasporto rapido di massa (già in corso di costruzione o progettazione), l'adeguamento e la promozione (mediante un insieme di misure di orientamento della domanda) dei servizi di Trasporto Pubblico Locale su gomma. Anche il contributo dei nuovi servizi ad Alta Velocità, per i quali si prevede captazione di domanda principalmente dal trasporto aereo, è tutt'altro che trascurabile nell'insieme delle misure relative al trasporto passeggeri.

Le azioni in favore del trasferimento modale di traffico merci dal trasporto stradale verso le modalità più efficienti (ferro e *Autostrade del Mare*) risultano di minore efficacia rispetto alle analoghe per i passeggeri; d'altro canto questo risultato era nelle aspettative vista la minore incidenza dei consumi stradali relativi al trasporto merci.

Al contrario, la razionalizzazione dell'autotrasporto, conseguibile attraverso una maggiore cooperazione fra le aziende del settore e un più massiccio ricorso alle tecnologie ITS, risulta estremamente efficace nella riduzione delle emissioni di gas serra, anche se l'incertezza di tale stima è più elevata che nel caso dello shift modale, soprattutto in relazione ad una minore sperimentazione concreta delle misure ipotizzate.

Si osservi che per il trasferimento del trasporto merci da strada a mare non sono stati ipotizzati nuovi collegamenti marittimi di tipo ro-ro ma solo una maggiore saturazione dei servizi già esistenti; ciò in quanto nel corso dell'analisi è stato verificato che, all'attuale livello di riempimento delle navi utilizzate per i servizi tipo *Autostrade del Mare* non sussiste convenienza energetica ed ambientale rispetto al trasporto stradale. Questo risultato è estremamente significativo ai fini di un maggiore approfondimento circa le strategie nazionali e comunitarie in favore dell'attivazione di nuova offerta di servizi marittimi di tipo ro-ro; è necessario verificare di volta in volta l'esistenza di un bacino di utenza sufficiente ad assicurare buoni livelli di riempimento delle navi e, inoltre, optare per tipologie di natanti a basso consumo energetico e ridotte emissioni atmosferiche, eventualmente rinunciando a prestazioni cinematiche molto elevate.

Un altro importante risultato dell'analisi sulle misure di efficientamento del trasporto merci è quello relativo alla logistica urbana, in particolare alla realizzazione di piattaforme di raccolta e distribuzione delle merci in città: il potenziale di tale provvedimento risulta molto basso rispetto a quello delle altre misure e, inoltre, non redditivo in termini di rapporti costi/efficacia, a meno di particolari situazioni locali.

Molto efficace, invece, l'insieme di azioni per migliorare l'efficienza energetica della circolazione stradale; esse comprendono un maggiore ricorso a sistemi ITS di controllo del traffico nelle aree urbane e, soprattutto, la riduzione della velocità media sulle autostrade, – attraverso sia un abbassamento dei limiti di velocità (anche dinamicamente in relazioni alle condizioni di congestione e del manto stradale) sia un controllo più efficace –, nonché la diffusione presso gli utenti della strada di criteri di *ecodriving*.

Fra le misure orientate ad una maggiore efficienza del parco stradale, la più efficace, come era logico attendersi, è l'imposizione di un target di emissioni di gas serra sul venduto annuale (come da strategia comunitaria); lo scenario più cautelativo prevede un obiettivo di 120 g CO₂ eq. come media del venduto al 2020, quello più spinto addirittura 90 g CO₂ eq., con risultati sostanzialmente diversi non solo in termini di efficacia ma anche in termini di rapporto costo/efficacia, come illustrato nel seguito.

Analoghe misure sui veicoli merci (leggeri e pesanti) hanno un'efficacia commisurata alla numerosità del parco di queste categorie veicolari e quindi inferiore a quelle sul parco autovetture.

L'adozione di particolari accorgimenti (lubrificanti a bassa viscosità e pneumatici a bassa resistenza al rotolamento) per aumentare l'efficienza energetica del parco circolante dimostra un potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra comparabile con l'efficientamento del parco autovetture mentre particolari dispositivi su veicoli di nuova produzione (indicatori di cambio marcia e pressione pneumatici, condizionatori ad elevata efficienza) hanno un'efficacia minore sia pure tutt'altro che trascurabile.

Naturalmente per stabilire una scala di priorità nell'adozione delle diverse misure analizzate è necessario considerarne anche gli altri benefici attesi ed i costi d'implementazione.

L'analisi, che non intende essere un'analisi costi/benefici nel senso stretto del termine, si è limitata a considerare fra i benefici, oltre alla riduzione delle emissioni climalteranti, la riduzione del consumo energetico, dell'inquinamento atmosferico, della congestione stradale, dell'incidentalità, trascurando altri possibili benefici interni degli utenti del sistema di trasporto.

Tutte le voci di beneficio sono state tradotte in termini monetari attraverso coefficienti di costo esterno adottati a livello comunitario e un costo convenzionale dell'energia fissato a 800 euro/tep.

Nel loro complesso, le misure di pianificazione e gestione producono, nell'ipotesi più cautelativa, un beneficio esterno pari a circa 23 miliardi di euro nel periodo 2010–2020, per una gran parte legato alla riduzione dei fenomeni di congestione stradale; altri 22 miliardi di euro sono risparmiati nel consumo energetico; a questi benefici (che, ripetiamo, non comprendono alcune voci

importanti di risparmio interno dell'utente del sistema e sono calcolati nello scenario più pessimistico di risposta della domanda alle misure analizzate) corrisponde una spesa prevista di circa 45 miliardi di euro nello stesso decennio, spesa che comprende anche importanti investimenti in materiale rotabile ferroviario e metro tramviario il cui ammortamento si prolunga al di là del periodo di esborso considerato; prese singolarmente, tutte le misure analizzate risultano economicamente redditive tranne l'esercizio della rete ad Alta Velocità/Alta Capacità, sulla quale però gravano gli investimenti di lungo periodo appena ricordati, e la realizzazione di Centri di Distribuzione Urbana delle merci che, tuttavia, incidono molto poco sull'efficacia dell'insieme delle misure di pianificazione.

Nel complesso, quindi, il pacchetto di misure analizzato è efficace e redditivo. Fra le misure non ancora concretamente implementate, la priorità sarebbe da attribuirsi a quelle che supportano una più efficiente guida su strada e la razionalizzazione dell'autotrasporto di lunga distanza, che comportano investimenti molto ridotti e ritorni immediati, ancorché affetti da un elevato margine di incertezza.

Riguardo alle misure per l'efficientamento del parco stradale, i benefici esterni si limitano alla riduzione delle emissioni di gas serra e dei consumi energetici, visto che tali misure non influenzano significativamente né congestione né sicurezza stradale né inquinamento atmosferico, visto che nelle ipotesi di valutazione si è assunto che il livello di emissioni dei veicoli stradali sia regolato da altra apposita normativa; unica eccezione, i dispositivi aggiuntivi di efficientamento che, riducendo i consumi su strada riducono in misura che possiamo assumere proporzionale anche le emissioni inquinanti.

Nel complesso delle misure analizzate, i benefici ambientali ammontano a circa 41 miliardi di euro nel decennio 2010–2020; questi valori sono riferiti ad un mix di ipotesi cautelative ed ipotesi ottimistiche: in particolare si è assunto lo scenario "alto" per il contenimento delle emissioni di gas serra dalle autovetture (90 g CO₂ eq. come media del venduto al 2020) e per l'adozione di accorgimenti per la riduzione dei consumi energetici del parco circolante (penetrazione 100% di lubrificanti a bassa viscosità e pneumatici a bassa resistenza la rotolamento) mentre per i dispositivi addizionali sul venduto (indicatore di cambio marcia, condizionatori efficienti, indicatore di pressione pneumatici) è stato selezionato lo scenario "basso".

Il costo corrispondente è stimato in quasi 57 miliardi di euro calcolato, però, nell'ipotesi che il minor consumo delle autovetture derivi esclusivamente da un *improvement* tecnologico dei veicoli mentre invece sarebbe possibile che parte di tale riduzione fosse ottenuta attraverso una riduzione della potenza e del peso medio del venduto, con oneri economici di gran lunga inferiori.

Con questa importante precisazione, si può affermare che anche il pacchetto tecnologico è non solo efficace nella riduzione delle emissioni di gas serra e consumi energetici ma anche economicamente conveniente. Particolarmente redditivo è il miglioramento di efficienza dei veicoli merci pesanti; l'introduzione di standard di viscosità sui lubrificanti può dare contributi molto rilevanti a fronte di un rapporto costi/benefici molto favorevole; nel caso dei pneumatici a bassa resistenza al rotolamento, si possono ottenere buone riduzioni di consumi ed emissioni di gas serra ma in presenza di un sostanziale pareggio fra costi e benefici.

Fra i dispositivi da poter utilizzare sul prossimo venduto, il sistema di controllo della pressione degli pneumatici è il più efficace, senza nulla togliere al potenziale dei condizionatori ad elevata efficienza e dell'indicatore di cambio marcia; in tutti i casi l'elevata redditività degli investimenti necessari giustifica una pronta adozione di provvedimenti in favore della diffusione di tali dispositivi.

Si sottolinea nuovamente il carattere indicativo di questi risultati il cui scopo è solo quello di fornire una scala di efficacia delle possibili misure per il contenimento energetico dei trasporti.

Inoltre si rimarca che l'analisi è stata condotta avendo a riferimento uno scenario in cui la domanda continua la sua crescita mentre allo stato attuale della situazione economica mondiale è probabile addirittura una regressione; in tale ipotesi, naturalmente, si ridurrebbe l'efficacia assoluta delle misure ma il contenimento dei consumi energetici e degli impatti ambientali del settore trasporti sarebbe comunque conseguito per effetto della contrazione della domanda espressa.

Scenari di questo genere potrebbero modificare completamente la problematica e porre sul tappeto questioni diverse e più generali dalla sola sostenibilità ambientale della mobilità.

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con il presente lavoro si è voluta effettuare una analisi multidisciplinare del settore trasporti, focalizzando l'attenzione particolarmente sugli aspetti energetici ed ambientali, di più stretta competenza dell'ENEA.

Nel quadro di riferimento sono stati considerati sia gli aspetti della domanda di mobilità che dell'offerta di infrastrutture e servizi di trasporto, sono stati inoltre analizzati gli impatti sui diversi ambiti: energia, ambiente, sicurezza, economia, in termini di occupazione, produttività e costi interni ed esterni.

Sono stati svolti approfondimenti per alcuni aspetti tematici rilevanti: la mobilità passeggeri di corto raggio in continua crescita e il limitato utilizzo del trasporto pubblico locale, il trasporto intermodale delle merci, gli strumenti di pianificazione e gestione, gli sviluppi attesi per i veicoli e combustibili alternativi (considerando sia gli aspetti tecnologici che di effettiva penetrazione nel mercato).

Sono stati evidenziati i contributi di ricerca ENEA nell'ambito degli strumenti di supporto alla pianificazione e gestione dei sistemi di trasporto urbano ed extraurbano di passeggeri e merci, delle tecnologie di trazione veicolare a basso impatto energetico e ambientale, dei nuovi materiali per la realizzazione di veicoli innovativi, dei biocombustibili.

Una sezione importante del lavoro è stata dedicata all'analisi delle strategie di intervento e dei provvedimenti attuativi (a livello comunitario, nazionale e locale), alla valutazione dei risultati ottenibili in termini di riduzione di consumi energetici e di emissioni di gas serra, alla definizione di ulteriori proposte di intervento.

Secondo l'OCSE (dicembre 2007) i trasporti sono relativamente refrattari a forzanti di prezzo, anche quello dei combustibili; se si sceglie di agire sui prezzi, perciò, le variazioni devono essere tanto consistenti da essere praticamente inattuabili. L'unica misura proponibile per ridurre l'impatto energetico ed ambientale del settore, secondo tale analisi, sembrerebbe il miglioramento dell'efficienza dei veicoli; non ci si possono quindi attendere modifiche significative nell'evoluzione dei consumi energetici (e delle emissioni di gas serra) nei trasporti, stanti anche i maggiori margini presenti in altri settori.

Nelle recenti analisi dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), invece, l'elemento cruciale per la riduzione degli effetti negativi della mobilità è il contenimento della domanda attraverso il governo dei fattori che la generano. Negli ultimi decenni, la domanda di trasporto è cresciuta a ritmi molto elevati a causa di profondi mutamenti nella struttura economica e sociale; cercare di recuperare il conseguente aumento dei consumi energetici e delle esternalità negative solo attraverso un miglioramento delle condizioni di offerta non solo potrebbe risultare del tutto insufficiente ma rischierebbe anche di generare

feedback negativi in termini di ulteriore aumento della domanda. Per esemplificare, la rimozione di colli di bottiglia nel sistema viario spesso dà luogo ad un incremento di traffico che, in alcuni casi, è tale da ripristinare le precedenti condizioni di congestione; infatti è stato osservato che il tempo mediamente dedicato agli spostamenti in un giorno è pressoché un'invariante rispetto al contesto territoriale e socio-economico (circa 1,1 ore) cosicché tutti i provvedimenti mirati ad una riduzione dei tempi di trasporto hanno come effetto secondario un aumento delle percorrenze individuali e quindi dei volumi di traffico complessivi. Anche un miglioramento dell'efficienza energetica, grazie ad una riduzione dei costi operativi del trasporto, potrebbe dare luogo a domanda aggiuntiva.

Fra queste due posizioni di principio sembrerebbe più saggio un approccio più pragmatico basato su una verifica puntuale del rapporto costi/efficacia di tutte le possibili opzioni di intervento, considerando l'insieme completo dei possibili benefici "esterni" ad esse collegati e non solo la riduzione degli impatti energetici ed ambientali.

Nell'ultimo decennio sono migliorate in modo consistente le prestazioni energetiche ed emmissive dei sistemi di trazione, ma parallelamente sono aumentate le masse e le potenze installate medie del parco; inoltre sono aumentate le percorrenze e la congestione per cui il valore dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra continua a crescere.

Nel frattempo l'Unione Europea è andata definendo con maggiore chiarezza ed incisività le sue strategie per il contenimento di consumi energetici ed emissioni climalteranti, compresi quelli dei trasporti. La sottoscrizione degli impegni internazionali, le direttive comunitarie e, non ultimo, il palesarsi della crisi energetica ed economica costringono anche il nostro Paese a confrontarsi più efficacemente con il problema, anche per non perdere l'opportunità di innovare prodotti e processi.

Attualmente le politiche comunitarie per la riduzione degli impatti energetici ed ambientali dei trasporti si concentrano sull'introduzione di standard ambientali per i veicoli stradali e sull'applicazione del principio di "chi inquina paga" anche attraverso la tariffazione d'uso delle infrastrutture. Fra gli analisti, c'è un certo consenso riguardo agli sforzi per ottenere i miglioramenti tecnologici a più buon mercato ma non vi è accordo sulle misure di tassazione in quanto ritenute più penalizzanti di interventi possibili in altri settori.

Dalle analisi svolte dall'ENEA risulta che il settore dei trasporti presenta un elevato margine di contenimento di consumi energetici ed emissioni climalteranti, nonostante le ipotesi di crescita della domanda (da verificarsi alla luce dell'andamento del prezzo del petrolio e della crisi economica in atto). Per ottenere risultati tangibili, tuttavia, è necessario agire su più fronti, dalle prestazioni energetiche del parco veicolare alla promozione delle modalità di

trasporto meno energivore e a minor impatto sul clima e sull'ambiente più in generale, all'introduzione graduale di biocombustibili di terza generazione, al contenimento della domanda.

Le misure volte al miglioramento tecnologico dei veicoli e l'utilizzo dei sistemi infotelematici per il controllo e la gestione del traffico, effettivamente, risultano più efficaci rispetto agli obiettivi energetici e climatici del potenziamento e adeguamento infrastrutturale, anche quando questo sia rivolto alle modalità di trasporto a minor impatto energetico/ambientale; se però si esamina la riduzione di tutti i costi esterni, comprendendo i costi di congestione e sicurezza, si ottiene un sostanziale livellamento dell'efficacia dei due insiemi di misure.

Per definire politiche nazionali efficaci, è bene considerare quali sono gli elementi caratterizzanti della mobilità nel nostro paese nel confronto con altre realtà europee assimilabili:

- in generale il nostro trasporto di persone è più efficiente grazie all'utilizzo di autovetture a più basso consumo in virtù della preferenza accordata dalla clientela al segmento medio basso della gamma commercializzata dall'industria auto motive;
- per contro, il tasso di mobilità passeggeri è alquanto elevato e lo share modale delle modalità alternative alla strada è basso, specie con riguardo al Trasporto Pubblico su ferro in ambito urbano;
- anche nel caso del trasporto merci il ricorso alla ferrovia è insufficiente e la modalità marittima e fluviale non è sfruttata quanto potrebbe.

La priorità di interventi di miglioramento dell'efficienza del parco veicolare stradale non va intesa esclusivamente come miglioramento delle prestazioni energetiche dei veicoli, un ruolo essenziale dovranno avere misure che influenzino le scelte degli utenti, con uno spostamento delle preferenze verso vetture con massa e potenze ridotte. Parimenti è essenziale il ruolo delle policy nella promozione del trasporto su vie alternative alla strada.

Il target, fissato dalla Commissione Europea, di 90 g CO₂/km entro il 2020, sicuramente ambizioso ma raggiungibile in ambito nazionale, non è economicamente sostenibile agendo esclusivamente sul miglioramento delle prestazioni dei sistemi di trazione; occorre mettere in atto misure decise che orientino la domanda all'acquisto e l'utilizzo di veicoli con massa e potenza ridotte, quindi:

- continuazione di incentivi mirati alla rottamazione delle auto più inquinanti in favore di modelli che rispettino non solo gli standard sulle emissioni di inquinanti nocivi alla salute ma anche dei gas climalteranti;

- politiche fiscali e di restrizione degli accessi in alcune aree in funzione delle prestazioni ambientali dei veicoli;
- politiche ed interventi infrastrutturali per l'integrazione fra citycar (a consumo minimo) e Trasporto Pubblico Locale (per es. realizzazione parcheggi di scambio, agevolazioni fiscali sul loro uso, sistemi telematici per la gestione delle prenotazioni ecc.);
- riduzione dei limiti di velocità sulle autostrade e messa in atto di reali controlli sul rispetto dei limiti stessi; quest'ultimo provvedimento, oltre a ridurre in modo diretto i consumi (che come è noto vanno almeno con il quadrato della velocità) tendono a favorire l'utilizzo di altre modalità di trasporto quali il treno (visto anche il miglioramento dell'offerta con l'entrata in esercizio della rete ad Alta Velocità).

Non è da sottovalutare anche la riduzione di consumi ed emissioni ottenibile dal miglioramento delle prestazioni energetiche dei veicoli per il trasporto delle merci; in questo caso lo sforzo da fare è essenzialmente tecnologico, visto che non è pensabile operare una riduzione sostanziale delle prestazioni di questa tipologia di veicoli: se si punta ad una riduzione delle emissioni specifiche su valori limitati (-15 g CO₂/km per i veicoli commerciali leggeri -10% per i veicoli pesanti) gli extracosti di produzione industriale risultano contenuti e inferiori ai benefici ottenibili.

Quando si parla di progressi tecnologici per la riduzione dei consumi energetici dei veicoli stradali non ci si riferisce solo al miglioramento dell'efficienza energetica dei propulsori ma va considerato anche il ruolo importante degli altri componenti (gomme, sistemi di trasmissione, uso di materiali in grado di alleggerire la carrozzeria ecc.).

Inoltre sicuramente prioritario è il trasferimento modale da trasporto privato a trasporto pubblico (sia su gomma che su ferro), non solo per ridurre i consumi energetici (purché si raggiungano coefficienti di riempimento medi elevati dei mezzi), ma anche per migliorare la vivibilità delle città riducendo la congestione della rete viaria urbana. Le misure da adottare son note e ripetute da anni :

- miglioramento dell'offerta del trasporto pubblico tradizionale, nelle aree urbane e metropolitane dove la domanda è più elevata e più concentrata e creazione di *servizi a chiamata* nelle aree a domanda debole;
- creazione di una rete adeguata di parcheggi di scambio che agevolino l'utilizzo del trasporto pubblico (soprattutto ferroviario) negli spostamenti pendolari, riguardo a tale aspetto si sottolinea l'opportunità di istituire parcheggi in prossimità dei nodi di origine degli spostamenti piuttosto che ai nodi di destinazione;

- tariffazione integrata del servizio di trasporto pubblico e dei parcheggi di scambio;
- regolamentazione degli accessi alle aree urbane centrali;
- messa a disposizione di sistemi di informazione all'utenza fruibili sia nella modalità pre-trip che in quella on-trip.

Da sottolineare che la inadeguatezza storica dei parcheggi di scambio va colmata nell'ottica di rendere fruibile il trasporto collettivo anche in aree in cui una offerta capillare di trasporto pubblico (sia in termini geografici che temporali) non sarebbe economicamente proponibile.

Rilievo sia dal punto di vista energetico che di riduzione delle esternalità, comprese quelle relative alla sicurezza, hanno anche interventi tesi al miglioramento della qualità della circolazione stradale. L'ambito più critico è rappresentato dalle aree metropolitane dove sicuramente vanno attivati interventi più decisi di regolamento degli accessi, di *enforcing* del sanzionamento delle infrazioni, di messa in atto di misure di *calming* e di governo del traffico (sistemi ITS per la gestione in tempo reale del traffico).

Per quanto riguarda le strade extraurbane ed in particolare le autostrade, sicuramente prioritario, sia dal punto di vista della riduzione dei consumi energetici che del miglioramento della sicurezza, è la riduzione delle velocità abbassando i limiti e vigilando sul rispetto degli stessi (si pensi agli ottimi ritorni del sistema "Tutor").

Tra i miglioramenti delle prestazioni energetiche della circolazione stradale vanno considerati anche quelli ottenibili mediante accorgimenti di guida e di manutenzione dei veicoli, grazie ad una migliore consapevolezza da parte dell'utenza.

Come evidenziato da anni, consistenti vantaggi economici oltre che energetici sono ottenibili con provvedimenti che favoriscano una maggiore efficienza dell'autotrasporto di lunga distanza, da ottenersi mediante tecniche di ottimizzazione dei carichi e dei percorsi e attraverso una maggiore cooperazione fra operatori del trasporto merci su strada. L'intervento a livello centrale può riguardare la agevolazione di sinergie tra gli operatori e dell'utilizzo di strumenti telematici di supporto alle attività di competenza degli operatori.

Molte aspettative sono state riposte negli ultimi anni anche nella *citylogistics* (piattaforme per la distribuzione urbana delle merci ed integrazione dei servizi mediante ITS). In questo caso la valutazione è controversa: a fronte di alcuni vantaggi su consumi, inquinamento ambientale, congestione urbana, i costi di implementazione delle piattaforme e del servizio risultano elevati senza che si riscontri una domanda potenziale sufficiente per ipotizzare una redditività finanziaria ed economica anche a regime. Riservandosi una verifica più approfondita degli effetti concreti di tali misure sulla congestione urbana, allo stato

delle analisi sulle sperimentazioni in atto, si conclude in favore della regolamentazione delle aree e degli orari di scarico merci e degli accessi in funzione degli standard ambientali dei veicoli, piuttosto che della realizzazione di servizi dedicati.

Per quanto riguarda il trasporto merci intermodale, una certa delusione delle aspettative inizialmente riposte deriva dalla valutazione del contributo che possono dare le *Autostrade del Mare* alla sostenibilità del sistema trasporti: agli attuali livelli di riempimento non garantiscono né un risparmio energetico né una riduzione degli impatti ambientali rispetto al trasporto tutto strada. Più che pensare alla realizzazione di nuove linee occorre operare per una maggiore saturazione dei servizi esistenti e, nel caso della creazione di nuove linee, verificare che la domanda potenziale sia adeguata alla capacità offerta. Prioritariamente bisogna puntare al miglioramento delle prestazioni ambientali delle navi, e nel caso del trasporto merci utilizzare navi dedicate a questo tipo di servizio meglio se non accompagnato.

Nel lungo periodo un ruolo sostanziale possono avere, indubbiamente, le misure di gestione e contenimento della domanda di trasporto che però prevedono interventi non limitati strettamente all'ambito del sistema trasporti ma che coinvolgono cambiamenti del sistema complessivo (quasi un nuovo modello di civiltà); questo aspetto è stato più volte sottolineato dalla Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA).

I cambiamenti dovrebbero riguardare innanzi tutto la pianificazione territoriale con una riorganizzazione delle funzioni che contrastino l'attuale linea di tendenza al decentramento delle residenze e delle attività commerciali, che comporta un incremento della lunghezza degli spostamenti e rende più difficile l'organizzazione di un servizio efficiente di trasporto pubblico. Si deve passare ad un modello urbanistico policentrico, in cui ogni centro satellite sia adeguatamente servito per quanto riguarda sia le attività terziarie che i servizi di trasporto pubblico di collegamento con il centro cittadino. Un altro cambiamento potrà riguardare l'offerta di molti servizi via internet (già in atto in molti settori bancari ed amministrativi) per una fruizione telematica che limiti gli spostamenti fisici.

Un discorso a parte riguarda il modello di produzione e distribuzione delle merci con la necessità di rivalorizzare, in alternativa ai processi di globalizzazione, le realtà produttive locali ad iniziare alla "filiera corta per l'agroalimentare".

In conclusione sembra di poter affermare con una punta di utopia che solo nell'ambito dell'evoluzione verso un nuovo modello economico, sociale e culturale si potrà trovare una soluzione strutturale e decisiva alle problematiche dei trasporti sia sotto il profilo energetico ed ambientale che di impatto complessivo sulla qualità della vita.

APPENDICE I: PROGETTI DI RICERCA E REALIZZAZIONI ENEA

II.1 Strumenti per la valutazione di politiche ed interventi sul trasporto urbano passeggeri

MOBILITY

Il DSS (Decision Support System) *MOBILITY*, mediante l'uso integrato di una banca dati e di modelli di simulazione del traffico e di stima degli impatti energetici ed ambientali (emissioni di inquinanti, rumore) offre alle autorità preposte uno strumento di analisi e supporto alle decisioni nella redazione dei Piani Urbani del Traffico e dei Piani Urbani della Mobilità.

Il sistema *MOBILITY* supporta tutte le fasi della pianificazione della mobilità urbana privata e pubblica, dall'analisi delle condizioni attuali della rete di trasporto, alla definizione e simulazione di ipotesi di intervento (modifiche alla regolazione o alla struttura del sistema), alle valutazioni quantitative delle ricadute, non solo in termini di miglioramento dell'efficienza operativa del sistema di trasporto pubblico e privato, ma anche di riduzione dei consumi e degli impatti ambientali.

Il processo di simulazione e di valutazione, proposto in *MOBILITY*, avviene mediante l'utilizzo di modelli matematici di simulazione e di un insieme di procedure software, che permettono di simulare il funzionamento del sistema trasporto e gli impatti del traffico veicolare senza richiedere una conoscenza puntuale degli strumenti modellistici integrati nel sistema.

Il sistema software è gestito da un'interfaccia utente in ambiente GIS che consente di inserire e modificare i dati presenti nel database in modo grafico-interattivo, e di avere una rappresentazione grafica, integrata sul territorio sia delle informazioni archiviate nella banca dati sia dei risultati delle simulazioni.

Il sistema *MOBILITY* consente, inoltre, la preparazione automatica di alcuni elaborati grafici previsti dalla direttiva del Ministero dei Lavori Pubblici per la redazione dei Piani Urbani di Traffico e può essere utilizzato per le analisi previste dai Piani Urbani della Mobilità.

SUITE ISHTAR

La suite *ISHTAR* è il prodotto primario dell'omonimo progetto *ISHTAR* (Integrated Software for Health Transport efficiency and Artistic heritage Recovery) coordinato da ENEA dal 2001 al 2005 nell'ambito delle attività di R&S del V PQ della CE.

La suite rappresenta una soluzione avanzata ad elevato grado di complessità per la valutazione ampia degli impatti dei sistemi di trasporto e delle relative politiche su ambiente, sicurezza e costi.

Partendo dall'analisi degli effetti delle *policies* su mobilità e trasporti, la suite calcola gli impatti diretti (rumore, emissioni inquinanti, incidenti, consumi) e finali (inquinamento atmosferico, danni a salute e monumenti, fatalità) per poter infine valutare il successo dell'intervento analizzato in termini di Cost Benefit Analysis o di Multicriteria Analysis.

Il 'prodotto' suite ISHTAR è composto da:

- interfaccia uomo-macchina
- GIS (per gestione dati di ingresso e di uscita)
- differenti modelli/moduli che forniscono i risultati di impatto (software denominati CTM, VISUPOLIS, TEE, ARIA IMPACT, ARIA REGIONAL, SOUNDPLAN, TEX, HIT, MOSES, MODA) accompagnati normalmente dai rispettivi connettori software
- Software Manager che gestisce i rapporti tra i *tools*
- manuale d'uso integrato che descrive il software di integrazione, i vari modelli e sotto-modelli, il modo di utilizzo ed i contenuti di tutti i software del pacchetto

La ISHTAR suite è destinata ad essere usata per:

- la valutazione di impatto di interventi e politiche di breve, medio e lungo termine sul sistema trasporti – e/o sui sistemi residenziale e industriale – su scala urbana e regionale
- la integrazione informatica in sistemi software più complessi che chiameremo in generale col termine di 'simulatori regionali' (ad es. finalizzati alla realizzazione delle catene modellistiche 'from sources to health' cui ambisce il Programma Ambiente e Salute della CE)
- la pianificazione integrata di politiche ambientali, trasporti, territorio, conservazione dei beni culturali e protezione della salute umana.

II.2 Sistemi di supervisione del traffico urbano

MERLINO

Il sistema *MERLINO*, realizzato dall'ENEA, è finalizzato alla gestione in tempo reale del traffico urbano ed indirizzato ai gestori del traffico ed ai decisori a livello locale.

Il sistema informatico integra dati di misura, dati storici, dati descrittivi della rete urbana di traffico e della domanda ed offerta di trasporto in un data base relazionale integrato con un GIS.

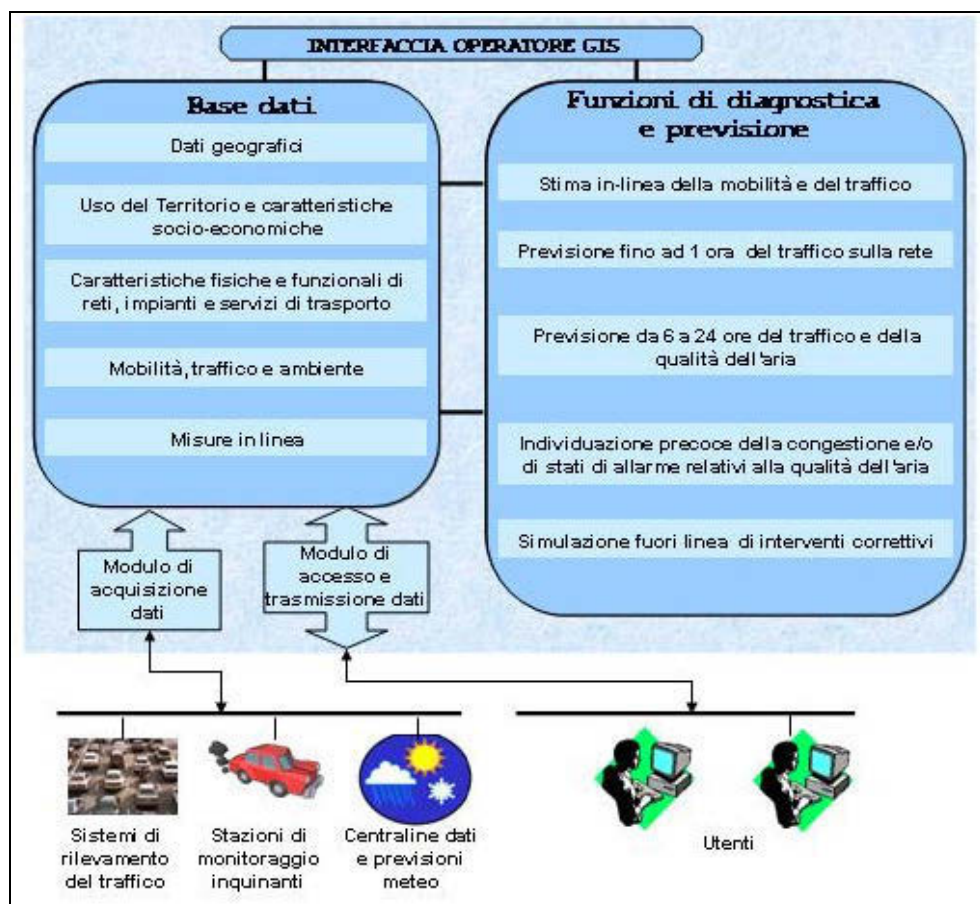
Il sistema si avvale di un insieme di modelli che a partire dai dati di traffico (flussi, velocità, densità) acquisiti in continuo dai sensori e da dati storici effettuano la ricostruzione dello stato attuale e la previsione a breve-medio periodo del traffico urbano.

In sintesi le funzionalità chiave del sistema sono le seguenti:

- acquisizione e storicizzazione di dati di traffico, ambientali e meteo misurati da sensori o apparecchiature periferiche.
- stima dello stato attuale del sistema di trasporto e dell'ambiente.
- previsione a breve termine dello stato della rete e delle probabili conseguenze in termini di impatto ambientale (qualità dell'aria) in funzione delle previsioni meteo.
- individuazione e segnalazione di situazioni di crisi della rete di trasporto e dell'ambiente.
- simulazione/valutazione off-line delle ipotesi di interventi correttivi e preventivi sulla domanda e/o sull'offerta.
- valutazione ex-post degli interventi realizzati.

Unitamente alle funzionalità chiave del sistema, sono state previste alcune funzioni informatiche ausiliarie di interfaccia con l'utente e di comunicazione.

Figura I.1: Architettura sistema MERLINO



II.3 Sistemi di supporto alla pianificazione del trasporto merci multimodale

SYLOG

Il software *SYLOG* sviluppato all'interno del piano di ricerca SRR (1999 – 2001) del MURST, il cui soggetto attuatore è stato il Consorzio TRAIN, si pone come aiuto alle amministrazioni territoriali e ai gestori di infrastrutture e di servizi di trasporto merci in Italia fornendo informazioni e metodologie per effettuare opportune scelte strategiche e confronti di diversi scenari infrastrutturali e tecnologici.

Utilizzando una banca dati in cui sono immagazzinate, fra l'altro, informazioni afferenti alle reti nazionali (stradale, ferroviaria, marittima) + del trasporto merci di medio-lunga distanza (caratteristiche delle infrastrutture e dotazioni

tecnologiche) nonché dati relativi ai flussi di domanda fra zone territoriali, si ottengono risposte relative agli itinerari di minor tempo e costo, ai flussi di traffico, ai tempi e costi medi di percorrenza, alle code, ai ritardi, ai consumi ed alle emissioni di inquinanti, alla redditività economica di eventuali interventi di miglioramento infrastrutturale e tecnologico.

Per le elaborazioni, *SYLOG* utilizza una catena di modelli comprendente un software di simulazione delle dinamiche del trasporto merci multimodale (MTCP_TECH©, D'Appolonia, 2000), un codice per il calcolo di consumi energetici ed emissioni del trasporto stradale, ferroviario e marittimo (Go_TRAIN, ENEA, 2000), un codice (CBA, ENEA, 2000) per verificare la fattibilità economica e finanziaria di interventi sul sistema del trasporto merci nazionale, un modulo per il calcolo di indicatori sintetici di valutazione delle alternative di scenario in analisi, che facilita le attività di confronto e scelta finale.

La catena modellistica è perfettamente integrata con la banca dei dati e relativa interfaccia grafica, rendendo semplici le attività di inserimento dati e consultazione dei risultati.

SYLOG_Agro

Nel 2006, con il progetto AGROLOGIS cofinanziato dal MIUR e realizzato dal Consorzio TRAIN e MagSystem, il sistema *SYLOG* è stato specializzato per le simulazioni del trasporto intermodale di merce deperibile, in particolare di ortofrutta, dando luogo al sistema *SYLOG_Agro*; le modifiche hanno riguardato principalmente il modello di rete, aggiornato allo stato attuale e caratterizzato per la specifica tipologia del trasporto di ortofrutta, e il modello di domanda, non più relativo a tutto il trasporto di lunga percorrenza sul territorio nazionale ma specifico per il trasporto di frutta e ortaggi dalle regioni del Sud d'Italia al nord Italia ed all'Europa.

SITRAC

SITRAC, come i precedenti prodotti, è un software destinato agli amministratori territoriali ed ai gestori delle reti di trasporto; in particolare *SITRAC* è utilizzabile da amministrazioni regionali, autorità portuali e compagnie di navigazione per la simulazione di scenari di trasporto marittimo nel Mediterraneo. Consente di valutare la validità economica di nuovi servizi portuali e di nuovi collegamenti di cabotaggio e di *Autostrade del Mare*.

Inoltre il software, valutando gli interventi infrastrutturali e organizzativi nei porti e nelle vie di accesso, ne stima le ricadute sia a livello locale che globale considerando anche gli impatti energetici ed ambientali.

SITRAC è stato sviluppato dall'ENEA nell'ambito dell'omonimo progetto del Consorzio TRAIN cofinanziato dal Ministero della Ricerca (2005).

SIMOD

SIMOD è un modello informatizzato che completa i precedenti software, in quanto è in grado di ricostruire la domanda di trasporto merci ad orizzonti futuri sulla base di proiezioni di parametri di sviluppo macro-economico reperibili nella letteratura specializzata.

Grazie al contributo di *SIMOD* che fornisce in output matrici origine/destinazione, è possibile implementare con relativa facilità e sufficiente grado di confidenza la simulazione di scenari di rete futuri utilizzando le catene modellistiche dei sistemi *SYLOG*, *SITRAC* e *SYLOG_Agro*. *SIMOD* è stato realizzato nel 2007 dall'ENEA in collaborazione con la CLES Srl di Roma.

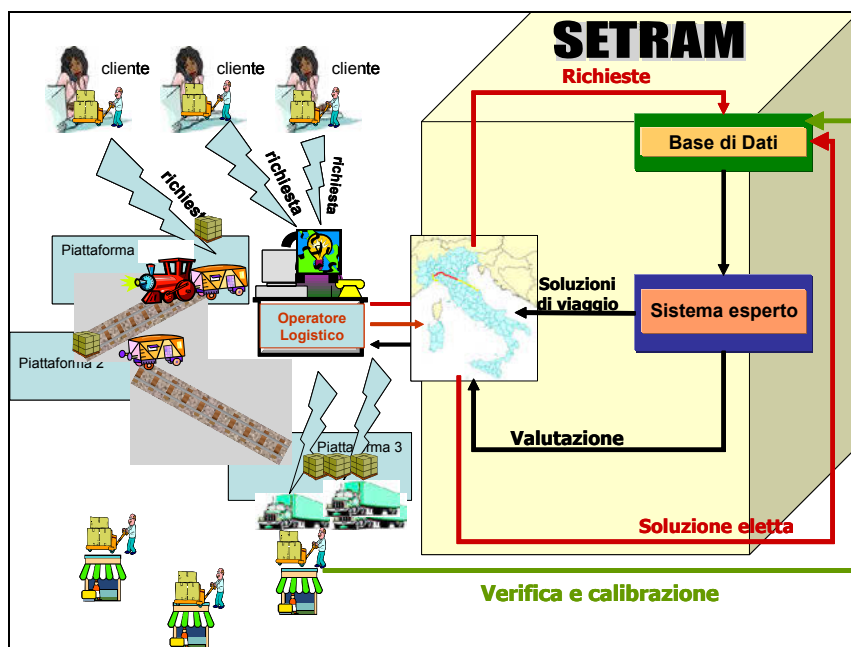
II.4 Sistemi di supporto alla gestione di servizi di trasporto e distribuzione delle merci

SETRAM

SETRAM è un prodotto informatico dedicato agli operatori del trasporto multimodale e della logistica distributiva delle merci per individuare soluzioni di minimo costo e massima efficacia nelle diverse fasi decisionali come, ad esempio, la pianificazione strategica della rete delle piattaforme logistiche in funzione della domanda potenziale, l'individuazione di una rete di servizi di trasporto necessari a soddisfare le esigenze dei clienti e la programmazione delle spedizioni e delle soluzioni di viaggio.

È basato su una banca dati interattiva e su algoritmi di ottimizzazione avanzati per il trasporto combinato strada-ferro-mare e può essere utilizzato in ambito nazionale e europeo. Il sistema software può essere adattato alle esigenze e specializzazioni degli utenti (operatori logistici) e della loro clientela.

Figura I.2: Schema operativo di SETRAM



SETRAM è stato sviluppato dai partner del Consorzio TRAIN che hanno partecipato all'omonimo progetto di ricerca, cofinanziato dal Ministero competente (2002-2005).

DILOG

DILOG è una procedura informatizzata ad uso di amministrazioni locali e società di gestione servizi per la configurazione ed il dimensionamento ottimali di sistemi logistici di distribuzione in città; il codice individua l'ubicazione e le necessarie dimensioni dei centri di distribuzione e dei punti di consegna riordinali e dimensiona la flotta veicolare per effettuare le consegne.

Il software è stato testato sul caso studio di Terni, relativamente alle consegne della merce ordinata via internet.

CITYLOG©

Questo software è destinato agli operatori e gestori delle piattaforme logistiche che effettuano distribuzione merci all'interno dei centri urbani, terziarizzando il servizio rispetto ai trasportatori che operano sulle lunghe distanze.

Attraverso l'impiego di algoritmi di nuova concezione, CITYLOG© consente, anche in modelli di esercizio che prevedono la consegna nella stessa giornata di arrivo della merce in piattaforma (within-day), di ottimizzare il livello di

utilizzo delle flotte veicolari destinate alla distribuzione, riducendo i relativi costi operativi ed ambientali.

CITYLOG®, infatti, suggerisce in tempo reale la migliore soluzione operativa delle attività di distribuzione e consegna delle merci i cui arrivi presso il Centro di Distribuzione possono essere del tutto casuali ed inattesi.

In pratica *CITYLOG*®:

- alloca la merce da consegnare sui veicoli della flotta disponibile
- stabilisce il programma temporale dei giri e l'ordinamento di consegna della merce ai punti di destinazione finale
- definisce i percorsi ottimali sulla rete stradale urbana.

Poiché il problema di ottimizzazione è di classe NP-hard, *CITYLOG*® utilizza procedure euristiche avanzate (algoritmi genetici multistringa e cluster analysis).

CITYLOG® si compone di:

- un modulo per l'ottimizzazione in tempo reale dei giri di consegna
- un modulo di generazione casuale degli arrivi della merce alla piattaforma logistica, utile nelle attività di simulazione a supporto alla pianificazione di medio periodo
- un'interfaccia utente
- un database relazionale.

Inoltre *CITYLOG*® è predisposto per accogliere i dati del monitoraggio on-line dei giri di consegna.

Elementi distintivi di *CITYLOG*® sono:

- Gestione dinamica delle consegne anche in modelli di esercizio within-day
- Ottimizzazione stocastica multiobiettivo
- Elevato dettaglio dei parametri di tempo e costo
- Vincoli di capacità multipli (peso, volume, n. colli)
- Finestre temporali multiple
- Grande flessibilità di utilizzo.

Il software è stato realizzato in collaborazione con il Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade della Sapienza di Roma e tutelato da proprietà intellettuale nell'anno 2006, dopo essere stato validato su un caso di studio reale (le consegne di un giorno tipo del Cityporto di Padova) e su diversi test-case virtuali.

II.5 Prodotti realizzati nell'ambito di progetti sulla telematica applicata ai trasporti

TELELOGISTICS

TELELOGISTICS è un sistema telematico per la gestione delle richieste di trasporto inoltrate via internet dai committenti verso i fornitori di servizi di trasporto e logistica nonché per lo scambio di dati tra trasportatori – operatori del servizio di distribuzione – destinatari della merce. Il sistema verifica la disponibilità del servizio di consegna e ne tratta i dettagli con i clienti, ottimizza il piano di consegne ed invia sul palmare in dotazione ai fattorini i dati relativi ai giri di consegna. I fattorini durante la fase di consegna della merce comunicano alla centrale, sempre via palmare, l'esito delle varie consegne che in tal modo possono essere verificate anche dai clienti via web.

TELELOGISTICS è stato sviluppato dall'ENEA nell'ambito delle attività del progetto TADIRAM, cofinanziato dal Ministero della Ricerca su fondi PON e realizzato dal Consorzio TRAIN nel triennio 2002–2005.

TRIM

Il sistema software *TRIM* (Traffic Incident Management) è stato realizzato con l'obiettivo di mettere a disposizione dell'operatore del CCT (Centro di Controllo del Traffico) un valido strumento di supporto alle attività:

- “fuori linea”, di studio e predisposizione di un set di piani di risposta di gestione del traffico, attraverso la simulazione dei possibili scenari incidentali;
- “in linea”, di scelta, attivazione e controllo del piano di risposta più adatto in relazione alla gravità e alla durata prevista dell'incidente.

TRIM è stato sviluppato nell'ambito del progetto SITI (Sicurezza In Tunnel Intelligente) del Consorzio TRAIN, co-finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico. SITI si propone di studiare e sperimentare una serie di sistemi innovativi finalizzati a migliorare il processo di monitoraggio del traffico e il livello stesso di sicurezza nelle gallerie stradali di nuova costruzione o già esistenti. Le nuove tecnologie, di cui si sperimenta l'applicazione, sono finalizzate in particolare alla prevenzione degli incidenti ed alla gestione in modo semi-automatico di eventuali situazioni di crisi da parte di una apposita centrale di controllo.

TRIM è basato su un GIS che permette di visualizzare ed editare le caratteristiche e gli attributi della rete stradale di riferimento e del territorio circostante; l'interazione dell'utente con l'applicazione avviene prevalentemente mediante l'intuitiva interfaccia grafica del GIS.

I criteri fondamentali per la scelta del piano di risposta sono in relazione alla durata dell'incidente, all'estensione dell'area di impatto ed ai ritardi che potrebbe subire il traffico. In funzione di queste stime, nonché di valori soglia e di regole predefinite dall'esperto del traffico, il sistema *TRIM* suggerisce all'operatore il piano di risposta più efficace tra quelli predisposti e memorizzati nella base di conoscenza.

Il sistema *TRIM* consente di mantenere la storia degli eventi incidentali in modo da arricchire la base di conoscenza con le informazioni e l'esperienza operativa accumulata dagli operatori del CCT; tale conoscenza costituisce un riferimento valido ed affidabile per gli operatori ai fini della stima dei potenziali impatti di futuri incidenti e della definizione di piani di risposta più efficaci.

TELELOG 2000

TELELOG 2000 è un sistema informatico di controllo e gestione che permette l'assistenza automatizzata dei mezzi di movimentazione merci e di trasporto, sia stradali che ferroviari.

Il software controlla e diagnostica automaticamente le condizioni operative di esercizio e di efficienza del mezzo sorvegliato, localizzando eventuali anomalie o guasti attraverso un monitoraggio continuo e realizzando in tal modo una gestione ottimizzata delle risorse disponibili per gli interventi di manutenzione necessari. Numerosi sono i benefici che ne derivano: riduzione degli interventi di manutenzione correttiva tramite interventi preventivi; riduzione dei tempi di riparazione dei mezzi in avaria con conseguente riduzione dei fermi macchina; ottimizzazione delle risorse in campo (personale, officine ecc.); possibilità di programmare la manutenzione ordinaria; ottimizzazione e razionalizzazione del magazzino ricambi.

AGROLOGIS

Il sistema *AGROLOGIS*, risultato principale dell'omonimo progetto di ricerca del Consorzio TRAIN, è stato ideato per agevolare e rendere più affidabile il trasporto dei prodotti ortofrutticoli del Mezzogiorno verso i mercati nazionali ed internazionali salvaguardando sia la freschezza del prodotto, sia i tempi di consegna, sia la competitività dei prezzi. A tale scopo è stata messa a punto e sperimentata una speciale cassa refrigerata adatta al trasporto stradale e ferroviario. Particolari soluzioni tecnologiche prevedono la tracciabilità dei prodotti tramite elettronica on-board che soddisfano l'esigenza di monitorare in continuo, durante il trasporto, la qualità del prodotto e le condizioni stesse di trasporto e stoccaggio tramite misure di sostanze volatili caratteristiche presenti all'interno del container e delle condizioni termo-igrometriche dello stesso.

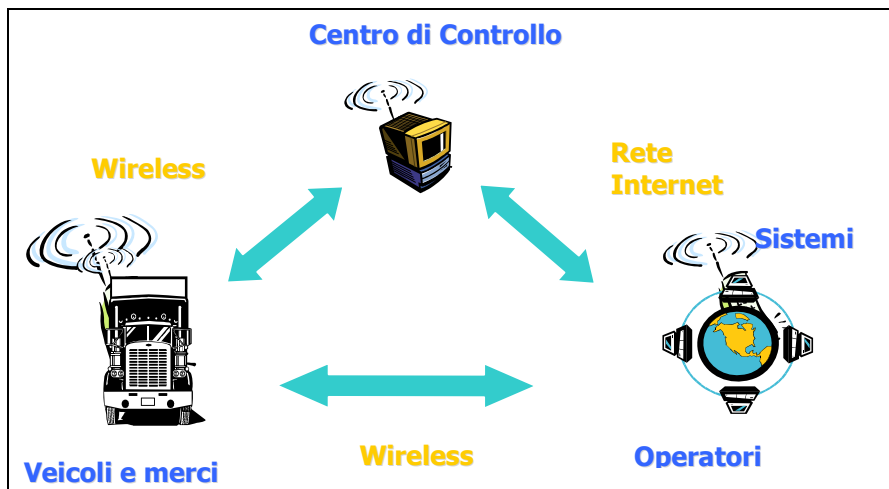
Sistema di monitoraggio delle Merci Pericolose

Il Sistema di Monitoraggio delle Merci Pericolose si pone l'obiettivo di migliorare la sicurezza del trasporto delle merci pericolose durante l'attraversamento di zone sensibili. Queste zone sono tipicamente individuate nei Tunnel stradali ma la validità operativa del sistema in sviluppo è ampiamente garantita anche in altri contesti. L'ambito di applicabilità del sistema non è strettamente correlato ad una struttura chiusa ma è connesso a quei siti in cui le condizioni della viabilità, lo stato del traffico o la densità abitativa richiedono una azione di sorveglianza per migliorare la sicurezza dell'area interessata ai flussi di trasporto delle merci potenzialmente a rischio.

L'esperienza maturata dall'ENEA nelle attività di monitoraggio delle prestazioni energetico-ambientali dei veicoli hanno favorito le azioni di sviluppo di un sistema di bordo e prodotto un brevetto.

Il Progetto SITI del Consorzio TRAIN, basandosi sulle indicazioni delle ricerche pregresse in ENEA, ha in fase di realizzazione un sistema di monitoraggio che permetta di disporre delle informazioni relative allo stato del veicolo e del suo carico in tempo reale in modo da poter verificare l'insorgenza di anomalie tecniche in grado di essere fonte di pericolo durante l'attraversamento delle zone a rischio.

Figura I.3: Struttura del sistema di monitoraggio



La struttura organizzativa del sistema di monitoraggio prevede tre distinti elementi che partecipano alla realizzazione del complesso di monitoraggio e controllo: il sistema di bordo, il centro di controllo ed i sistemi esterni.

Altre esperienze ENEA nel settore della telematica

- Sviluppo e convalida di sistemi avanzati di gestione e controllo del traffico e di servizi di informazione all'utenza basati su tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni finalizzati alla razionalizzazione della mobilità e dei trasporti, nonché al miglioramento dell'efficienza energetica ed ambientale (Progetto Europeo CAPITALS-PLUS).
- Sperimentazione di flotte di veicoli in *car sharing* atte a ridurre i costi sociali ed ambientali e sviluppo del sistema tecnologico per la gestione automatizzata del servizio (Accordo di Programma ENEA-Ministero Ambiente).
- Sviluppo, dimostrazione e convalida di un terminale di bordo modulare per il servizio innovativo a chiamata espandibile agli altri servizi flessibili di trasporto (Progetto Europeo INVETE relativo alla tematica "Tecnologie per la Società dell'Informazione" del Quinto Programma Quadro di RST dell'Unione Europea).
- Sviluppo e convalida di strumenti per migliorare le procedure operative di pianificazione, gestione e controllo delle attività relative alla catena logistica (Progetto Europeo MOSCA relativo alla tematica "Tecnologie per la Società dell'Informazione" del Quinto Programma Quadro di RST dell'Unione Europea).

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1.1: Andamento domanda merci in Italia (traffico totale interno)	12
Tabella 1.2: Andamento del traffico merci nell'Europa a 27	16
Tabella 1.3: Tassi percentuali di crescita media annua nell'Europa a 27	17
Tabella 1.4: Trasporto merci su strada interno, internazionale e complessivo per titolo di trasporto. Anno 2005	18
Tabella 1.5: Trasporto merci in navigazione internazionale e di cabotaggio	19
Tabella 1.6: Merci trasportate per tipo di carico. Anno 2006	20
Tabella 1.7: Merci trasportate per tipo di trasporto. Anni 2004–2005–2006	21
Tabella 1.8: Andamento domanda passeggeri (traffico totale interno)	22
Tabella 1.9: Evoluzione del traffico passeggeri nell'Europa a 27 per modo di trasporto	24
Tabella 1.10: Trasporto passeggeri in navigazione internazionale e di cabotaggio	28
Tabella 1.11: Andamento traffico marittimo interno passeggeri in Europa	29
Tabella 1.12: Andamento trasporto pubblico di linea passeggeri in navigazione interna	29
Tabella 1.13: Passeggeri trasportati e movimenti di treni passeggeri	30
Tabella 1.14: Evoluzione trasporto ferroviario passeggeri in Europa	30
Tabella 1.15: Movimento di passeggeri per tipo di servizio. Anni 2004–2006	31
Tabella 1.16: Traffico passeggeri nei maggiori aeroporti dell'UE	32
Tabella 1.17: Livello di dotazioni di infrastrutture di trasporto in rapporto al PIL	39
Tabella 1.18: Estensione stradale italiana. Anno 2006	40
Tabella 1.19: Confronto rete autostradale italiana con rete dei principali paesi europei	41
Tabella 1.20: Estensione rete ferroviaria. Anni 2000–2006	42
Tabella 1.21: Offerta servizi trasporto passeggeri Trenitalia	44
Tabella 1.22: Interporti italiani per area geografica	46
Tabella 1.23: Opere e infrastrutture portuali al 31/12/2007	48
Tabella 1.24: Distribuzione aeroporti per Regione e tipologia al 30 settembre 2006	49
Tabella 1.25: Imprese ed addetti per attività. Anni 2004–2006	51
Tabella 1.26: Spese pubbliche per comparto modale. Anno 2006	53
Tabella 1.27: Numero di imprese di autotrasporto merci per classe di addetti	56

Tabella 1.28: Fatturato delle aziende di autotrasporto italiane e confronto con estero	57
Tabella 1.29: Costi medi /km linee alta velocità/alta capacità	63
Tabella 1.30: Inconvenienti e incidenti aerei. Anni 2001–2006	70
Tabella 1.31: Sinistri a navi commerciali italiane ed estere in acque territoriali italiane o limitrofe	70
Tabella 1.32: Valori limite di concentrazione degli inquinanti per la protezione della salute umana, fissati dalla normativa in vigore	80
Tabella 1.33: Costi esterni totali e specifici della flotta navale europea (>100 GT)	108
Tabella 1.34: Indicatori macroeconomici e di costo esterno a confronto	109
Tabella 1.35: Costi esterni imputabili alla mobilità nel 2003 (milioni di euro)	110
Tabella 2.1: Evoluzione trasporto pubblico su gomma passeggeri in Europa (Ml pass-km)	119
Tabella 2.2: Evoluzione trasporto passeggeri su tram e metro in Europa (Ml pass-km)	120
Tabella 2.3: Costo per vettura km nell'UE sulla base della forma di mercato (2000)	126
Tabella 2.4: Costi e ricavi unitari aziende trasporto pubblico urbano (campione ASSTRA)	127
Tabella 2.5: Evoluzione del traffico merci in Europa 27 per modo di trasporto	128
Tabella 2.6: Tipologie di trasporto e unità di carico intermodali	129
Tabella 2.7: Il trasporto ferroviario intermodale per unità di trasporto dal 2004 al 2006	130
Tabella 2.8: Costi di trasporto su ferro nell'Europa a 25 e in USA	133
Tabella 2.9: Costi fissi e costi variabili di un mezzo pesante	141
Tabella 2.10: Confronto prestazioni servizi AdM con il tutto strada (2008)	142
Tabella 2.11: Popolazione e autovetture in alcuni comuni	151
Tabella 2.12: Applicazioni dei DSS nei trasporti	165
Tabella 3.1: Standard emissivi norme Euro veicoli passeggeri (g/km)	173
Tabella 3.2: Caratteristiche sistemi di accumulo per veicoli elettrici-ibridi	216
Tabella 3.3: Gli studi sul ciclo di vita dei combustibili	227
Tabella 3.4: Caratteristiche principali del veicolo base a benzina e Diesel	230
Tabella 3.5: Consumo energetico relativo alla fase di assemblaggio del veicolo	230
Tabella 3.6: Impiego di materiali per il veicolo base a benzina e Diesel (kg)	231
Tabella 3.7: Emissioni gas serra del veicolo a benzina per le diverse tecnologie e nelle varie fasi	233

Tabella 3.8: Emissioni gas serra del veicolo Diesel per le diverse tecnologie e nelle varie fasi	234
Tabella 3.9: Consumi ed emissioni di gas serra della fase di produzione e fine-vita del veicolo	236
Tabella 3.10: Consumi energetici e emissioni di gas serra del ciclo del combustibile	237
Tabella 3.11: Previsione degli aumenti percentuali dei prezzi di vendita dei nuovi veicoli rispetto ai prezzi del veicolo a benzina del 2005 e del 2035 (i valori assoluti dati dal MIT sono in \$ 2007)	239
Tabella 3.12: L'evoluzione della qualità dei carburanti	241
Tabella 3.13: Possibile evoluzione dei limiti alle emissioni di NO _x e particolato	244
Tabella 3.14: ETBE: caratteristiche blending e commerciali	258
Tabella 3.15: Principali caratteristiche etanolo e confronto con una benzina tipica	259
Tabella 3.16: Esempi di miscele azeotropiche "etanolo- idrocarburi aromatici"	260
Tabella 4.1: I 14 progetti prioritari del Consiglio di Essen	296
Tabella 4.2: Progetti prioritari per la rete trans-europea di trasporto fino al 2020 (Elenco 1)	297
Tabella 4.3: Stato di attuazione e previsioni sull'efficacia delle misure adottate in Italia per il contenimento delle emissioni di gas serra dal settore trasporti [Mt CO ₂ eq./anno]	325
Tabella 4.4: Consistenza del parco autovetture secondo l'età	332
Tabella 4.5: Incremento di qualità dei servizi delle aziende di trasporto pubblico urbano	335
Tabella 4.6: Prospetto delle opere in corso o progettate nelle prime quattro aree metropolitane	339
Tabella 4.7: Interventi dedicati al TP su ferro inseriti nel PIS (valori in milioni di euro)	340
Tabella 4.8: Dotazione finanziaria e distribuzione fondi dei POR Trasporti area CONV	354
Tabella 4.9: Dotazione finanziaria e distribuzione fondi dei POR Trasporti area COMP	355
Tabella 4.10: Impatto del sistema di regole delle ZTL	358
Tabella 4.11: Sistemi di trasporto a chiamata in alcune città. Anno 2005	362
Tabella 4.12: Iniziative car sharing in diverse città italiane (dicembre 2008)	365
Tabella 5.1: Contenimento dei volumi di traffico: obiettivi, ambiti d'intervento e misure possibili	377
Tabella 5.2: Efficienza energetica del trasporto: obiettivi e relativi ambiti d'intervento	378

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1.1: Andamento della domanda merci in Italia (Traffico totale interno)	13
Figura 1.2: Ripartizione modale trasporto merci 2006	14
Figura 1.3: Andamento del traffico merci in Italia	15
Figura 1.4: Andamento export, import nel periodo 2000–2006 (miliardi di euro)	15
Figura 1.5: Ripartizione modale nel commercio estero (% in peso). Anni 2000–2006	16
Figura 1.6: Merci trasportate via mare. Anno 2006	19
Figura 1.7: Volumi traffico marittimo nei porti per le principali merceologie. Anno 2006	20
Figura 1.8: Andamento negli anni del traffico merci ferroviario	21
Figura 1.9: Ripartizione modale trasporto passeggeri	24
Figura 1.10: Ripartizione traffico urbano ed extraurbano passeggeri	25
Figura 1.11: Ripartizione modale traffico extraurbano passeggeri. Anno 2006	26
Figura 1.12: Ripartizione modale traffico urbano passeggeri. Anno 2006	27
Figura 1.13: Andamento della domanda di mobilità feriale urbana ed extraurbana	27
Figura 1.14: Andamento traffico nazionale e internazionale passeggeri. Anni 2000–2006	31
Figura 1.15: Sviluppo della rete ferroviaria TEN–T al 2020	34
Figura 1.16: Le <i>Autostrade del Mare</i> nella Rete TEN–T	34
Figura 1.17: I Corridoi europei	35
Figura 1.18: I Corridoi transeuropei che interessano il territorio italiano	36
Figura 1.19: Rete italiana in esercizio nel 2007	43
Figura 1.20: Il sistema Alta Velocità/Alta Capacità italiano	45
Figura 1.21: I principali interporti italiani	46
Figura 1.22: Addetti settore trasporti per modo, in Italia. Anno 2006	50
Figura 1.23: Bilancia dei pagamenti settore trasporti	52
Figura 1.24: Ripartizione della spesa pubblica consolidata. Anno 2006	53
Figura 1.25: Spesa pubblica corrente per comparto modale a prezzi costanti	54
Figura 1.26: Spesa pubblica in conto capitale per comparto modale a prezzi costanti	55
Figura 1.27: Costo chilometrico dell'autotrasporto in Europa	58
Figura 1.28: Costo orario dell'autotrasporto in Europa	58
Figura 1.29: Incidenza delle varie voci di costo sul costo chilometrico	59

Figura 1.30: Evoluzione ricavi da mercato, da Stato e da altri Enti	60
Figura 1.31: Ricavi da vendite e costi operativi di FS	61
Figura 1.32: Voci di costo operativo di FS nel 2006	62
Figura 1.33: Costi per viaggiatore–km	62
Figura 1.34: Andamento incidentalità stradale in Italia	64
Figura 1.35: Incidentalità secondo l'ambito stradale. Anno 2007	65
Figura 1.36: Ripartizione percentuale degli incidenti stradale per tipo veicolo. Anno 2006	66
Figura 1.37: Trend del tasso di mortalità in Italia ed in Europa a 15	67
Figura 1.38: Variazione annuale di morti per incidenti stradali in Europa	68
Figura 1.39: Evoluzione mortalità negli anni e trend atteso in Europa ed in Italia	68
Figura 1.40: Andamento incidentalità ferroviaria italiana	69
Figura 1.41: Consumi energetici per i settori economici: industria, trasporti, civile	71
Figura 1.42: Andamento dei consumi delle diverse fonti energetiche	72
Figura 1.43: Andamento dei consumi per modalità di trasporto	72
Figura 1.44: Andamento consumi passeggeri e merci	73
Figura 1.45: Consumi passeggeri per segmento di domanda	74
Figura 1.46: Intensità energetica trasporto passeggeri per segmenti di domanda	74
Figura 1.47: Consumi trasporto merci per segmento di domanda	75
Figura 1.48: Intensità energetica trasporto merci per segmenti di domanda	75
Figura 1.49: Consumi energetici dei trasporti nei 6 paesi europei con i consumi più alti	76
Figura 1.50: Confronto consumi su strada e su ferro per l'Europa a 27. Anni 1995–2005	76
Figura 1.51: Intensità energetica su PIL concatenato all'euro 2005	77
Figura 1.52: Andamento intensità energetica pro capite in Europa	77
Figura 1.53: Consumi specifici del trasporto passeggeri	78
Figura 1.54: Consumi specifici del trasporto merci	78
Figura 1.55: Andamento delle emissioni di SO _x	82
Figura 1.56: Emissioni di SO _x del settore trasporti dell'Unione Europea a 27	82
Figura 1.57: Andamento delle emissioni di PM ₁₀	83
Figura 1.58: Emissioni di PM ₁₀ dai trasporti dell'Unione Europea a 27	84
Figura 1.59: Numero di giorni di superamento dei limiti di PM10	85

Figura 1.60: Andamento delle emissioni di NO _x	86
Figura 1.61: Emissioni di NO _x del settore trasporti dell'Unione Europea a 27	87
Figura 1.62: Concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (NO ₂)	87
Figura 1.63: Andamento delle emissioni di COV non metanici	88
Figura 1.64: Emissioni di COVNM settore trasporti dell'Unione Europea a 27	88
Figura 1.65: Medie annuali dei massimi giornalieri di concentrazioni di ozono	89
Figura 1.66: Concentrazioni medie annuali di benzene (2005)	90
Figura 1.67: Andamento emissioni di gas serra dell'Italia dal 1990 al 2006	97
Figura 1.68: Andamento emissioni di gas serra dell'Unione Europea a 15 rispetto al 1990 ai target del 2008-2012 e del 2020	98
Figura 1.69: Emissioni di gas serra del settore trasporti nell'Unione Europea a 27	98
Figura 1.70: Andamento emissioni gas serra in Italia. Anni 1990-2006	99
Figura 1.71: Esternalità di produzione e punto di ottimo del benessere sociale	101
Figura 1.72: Totale costi esterni al 2000 (EU17) per modo di trasporto e	104
Figura 1.73: Totale dei costi esterni al 2000 (EU17) nei principali paesi europei	105
Figura 1.74: Il costo della congestione nei principali paesi europei al 2000 (EU17)	106
Figura 1.75: Costi esterni della mobilità nel 2003	109
Figura 1.76: Costi esterni del trasporto su strada, aereo, su rotaia nel 2003	111
Figura 1.77: Costi esterni specifici della mobilità nel 2003	111
Figura 1.78: Costi esterni specifici della mobilità nel 1997	112
Figura 2.1: Andamento spostamenti con trasporto pubblico per dimensione città	118
Figura 2.2: La ripartizione del trasporto pubblico urbano tra "gomma e "ferro" (% spost.)	118
Figura 2.3: La domanda passeggeri soddisfatta dal TPL su ferro in alcune città europee	121
Figura 2.4: La velocità media degli spostamenti urbani per mezzo di trasporto	123
Figura 2.5: La produzione delle aziende di trasporto pubblico locale	125
Figura 2.6: Rapporto ricavi da traffico e costi operativi trasporto su gomma in Europa	127
Figura 2.7: Traffico ferroviario intermodale per tipo di terminal (2005)	131
Figura 2.8: Evoluzione della liberalizzazione del trasporto ferroviario sulla rete FS	134
Figura 2.9: Porti in cui vengono sbarcati ed imbarcati più di 2.000 migliaia di tonnellate di contenitori nel complesso della navigazione. Anno 2006	135
Figura 2.10: Movimento container nei primi 20 porti del Mediterraneo e Mar Nero	136

Figura 2.11: Numero di toccate-porto settimanali di servizi nazionali ed internazionali riguardanti le regioni italiane	138
Figura 2.12: Linee di AdM attive nel 2007	139
Figura 2.13: Domanda ed offerta <i>Autostrade del Mare</i>	140
Figura 2.14: Eurocargo Napoli (Grimaldi Group)	143
Figura 2.15: Traghetto Eurostar Roma (Grimaldi Group)	144
Figura 2.16: Cruise Barcellona (Grimaldi Group)	144
Figura 2.17: Coefficienti di consumo per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione	146
Figura 2.18: Coefficienti di emissione NO _x ed SO _x per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione	146
Figura 2.19: Coefficienti di emissione VOC ed PM ₁₀ per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione media	147
Figura 2.20: Costi ambientali per il trasporto stradale e marittimo in funzione del coefficiente di utilizzazione	148
Figura 2.21: Consistenza del parco veicolare nel periodo 1990–2007	149
Figura 2.22: Variazione della consistenza parco di autovetture e moto	150
Figura 2.23: Andamento del rapporto autovetture su popolazione	151
Figura 2.24: Rapporto autovetture su popolazione per alcuni paesi europei (2006)	152
Figura 2.25: Andamento parco autovetture per tipi di combustibile	152
Figura 2.26: Parco autovetture per classi di cilindrata nel 2003 e nel 2007	153
Figura 2.27: Consistenza del parco autovetture secondo l'età	153
Figura 2.28: Consistenza del parco autovetture secondo l'età per alimentazione. 2006	154
Figura 2.29: Parco auto suddiviso per standard emissivo	155
Figura 2.30: Consistenza parco merci secondo il peso (2007)	155
Figura 2.31: Esempio di integrazione di sistemi ITS per la gestione della mobilità urbana	159
Figura 2.32: Schema degli obiettivi realizzativi del progetto SITI	169
Figura 3.1: Distribuzione emissioni CO ₂ in Italia	171
Figura 3.2: Andamento, per le vetture europee di nuova produzione, dei consumi	174
Figura 3.3: Incidenza dei maggiori costi unitari di produzione sul prezzo finale auto in funzione di diversi livelli di riduzione dei consumi	175
Figura 3.4: Le tre forze F_{grav} , F_{rot} , F_{aer} , che si oppongono al moto, in condizioni stazionarie ($F_{iner}=0$)	177

Figura 3.5: Perdite secondo il ciclo NEDC	178
Figura 3.6: Perdite secondo il ciclo EUROMIX	178
Figura 3.7: I recuperi di efficienza possibili con le diverse tecnologie	179
Figura 3.8: L'influenza del ciclo di guida sui risparmi ottenibili con le diverse tecnologie	180
Figura 3.9: Peso e prestazioni di autovetture di recente costruzione	180
Figura 3.10: Volumi e pesi (sola scocca) unitari autovetture Fiat classe B	181
Figura 3.11: Ripartizione del peso complessivo di un autoveicolo	182
Figura 3.12: Distribuzione percentuale delle perdite per attrito in un motore a C.I.	190
Figura 3.13: Evoluzione delle due motorizzazioni "classiche": Diesel ed accensione comandata	192
Figura 3.14: Pro e contro del motore Diesel e del motore a benzina e risultati ottenibili con l'integrazione delle due tecnologie	192
Figura 3.15: Il sistema Uni-Air del gruppo Fiat	195
Figura 3.16: Tecnologie innovative per il motore a ciclo Otto	196
Figura 3.17: Emissioni a confronto: il metano (IVECO 8469) ed i limiti di omologazione	198
Figura 3.18: Tecnologie innovative per il motore a ciclo Diesel	200
Figura 3.19: Toyota Prius II	201
Figura 3.20: Emissioni Toyota Prius e corrispondenti limiti	202
Figura 3.21: Prestazioni offerte dai sistemi di accumulo elettrico (Diagramma di Ragone)	203
Figura 3.22: Il criterio di classificazione basato sulla percentuale di riduzione dei consumi	205
Figura 3.23: Schema funzionale di ibrido serie	206
Figura 3.24: Il CityClass Fuel Cell a Torino	207
Figura 3.25: Il Daily MicroVett Bimodale: collocazione del motore elettrico	209
Figura 3.26: Lo Stop & Start del Gruppo PSA	211
Figura 3.27: Lexus RX 400h	211
Figura 3.28: Andamento dei flussi di potenza in un ibrido	213
Figura 3.29: Punti di funzionamento del motore in un ibrido	214
Figura 3.30: Curve caratteristiche del powerpack EcoDriver della Fiat	215
Figura 3.31: Distribuzione di frequenza delle percorrenze giornaliera per una autovettura ad uso privato	217

Figura 3.32: Schema di funzionamento di una cella a combustibile	221
Figura 3.33: Prestazioni delle celle a combustibile adottate dalla Honda	222
Figura 3.34: Schema di funzionamento di un veicolo con cella a combustibile ibridizzato	223
Figura 3.35: Livelli di emissione sonora dei veicoli in funzione delle condizioni di marcia	224
Figura 3.36: Peso dei veicoli “ad emissioni zero” in funzione dell’autonomia richiesta	225
Figura 3.37: Fasi del ciclo di vita di un veicolo	227
Figura 3.38: Fasi del ciclo di vita di alcuni combustibili	228
Figura 3.39: Emissioni di gas serra del veicolo base a benzina e a gasolio nelle tre fasi del ciclo di vita del veicolo	233
Figura 3.40: Emissioni di gas serra delle 3 fasi del ciclo di vita del veicolo	237
Figura 3.41: Il sistema sviluppato dal CRF	240
Figura 3.42: Il comportamento del conducente come fattore di riduzione dei consumi ed il ruolo dell’infomobilità	240
Figura 3.43: Fiat Panda Aria	248
Figura 3.44: Miglioramento % del rendimento del motore	250
Figura 3.45: Variazioni % emissioni dal serbatoio alla ruota vs. metano	250
Figura 3.46: Transesterificazione degli oli vegetali	253
Figura 3.47: Stabilità della miscela benzina-etanolo in presenza di acqua	260
Figura 3.48: Consumi energetici ed emissioni gas serra	262
Figura 3.49: Bilancio energetico netto per 3 tipi di biocombustibile	263
Figura 4.1: Consumo energetico ed emissioni di gas serra pro-capite	279
Figura 4.2: Previsioni al 2020 della domanda passeggeri nella EU25	279
Figura 4.3: Ripartizione delle spese POR QSN 2007-2013 per il tema Trasporti	322
Figura 4.4: Fabbisogno finanziario del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale	327
Figura 4.5: Spesa pro-capite in sicurezza-confronti internazionali	327
Figura 4.6: Andamento delle vendite e delle radiazioni di autovetture in Italia	332
Figura 4.7: Parco veicolare mezzi pubblici a basso impatto	336
Figura 4.8: Ipotesi di rinnovo della flotta ATAC	336
Figura 4.9: Finanziamenti e avanzamento lavori legge 211/92	338
Figura 4.10: Diffusione dei PUT e dei PUM	356
Figura 4.11: La dotazione di piste ciclabili	359

Figura 4.12: Vetture per km erogate (numeri indice)	361
Figura 4.13: TPL: passeggeri trasportati (numeri indice)	361
Figura 4.14: Iscritti al car sharing in Italia nel periodo 2003–2008	366
Figura 4.15: La presenza di piattaforme logistiche in Italia	369
Figura 5.1: Potenziale di riduzione di gas serra	380
Figura 5.2: Riduzione dei gas serra delle misure di pianificazione	382
Figura 5.3 Riduzione dei gas serra delle misure tecnologiche	382

Edito dall'ENEA
Unità Comunicazione
Lungotevere Thaon di Revel, 76 – 00196 Roma
www.enea.it

Edizione del volume a cura di Giuliano Ghisu
Copertina: Cristina Lanari, Bruno Giovannetti

Stampa: Primaprint (Viterbo)
Finito di stampare nel mese di giugno 2009