

10. I miglioramenti tecnologici: stima delle potenzialità (Improve)

10.1. Introduzione

Nel presente capitolo si analizzano i potenziali in termini di risparmio energetico e riduzione delle emissioni di CO₂ nel settore trasporti connessi alla evoluzione della tecnologia. Sono stati trattati in modo specifico i potenziali relativi al miglioramento dell'efficienza delle autovetture tradizionali, alimentate da combustibili fossili, allo sviluppo dell'auto elettrica e alla diffusione dei biocarburanti. Nell'ultimo paragrafo si fornisce una stima indicativa dei potenziali di altre misure, relative ad esempio ai veicoli pesanti e al trasporto navale ed aereo. I potenziali vengono calcolati in riferimento allo scenario tendenziale elaborato per l'Italia dal modello Primes 2009, illustrato al capitolo 3. Sommate tra loro, le misure analizzate potrebbero portare al 2030 a una riduzione delle emissioni compresa tra 53 E 75 Mt CO₂, pari al circa il 44%-60% delle emissioni attuali. Va tuttavia considerato che non tutte le misure possano essere considerati effettivamente cumulabili, il che nella realtà potrebbe ridurre anche in modo non del tutto marginale tali potenziali di riduzione.

Tutte le misure analizzate per la strategia *Improve* implicano il rischio del cosiddetto “effetto rimbalzo”, che porta ad avere un maggiore utilizzo dei veicoli come conseguenza di una loro maggiore efficienza e dei minori costi per chilometro percorso. Ad esempio se l'efficienza del carburante migliorasse del 50%, si potrebbe non raggiungere una riduzione del 50% del consumo di carburante a causa dell'aumento della propensione a viaggiare. E' auspicabile, quindi, che il miglioramento nel rendimento del combustibile venga combinato con altri obiettivi di risparmio energetico, altrimenti i miglioramenti conseguiti potrebbero essere almeno in parte resi vani da un aumento della domanda.

10.2. Miglioramento nell'efficienza carbonica delle autovetture

Fino ad oggi il principale driver dell'aumento dell'efficienza energetica e carbonica nel settore dei trasporti è stato senza dubbio il miglioramento tecnologico dei veicoli tradizionali alimentati da combustibili fossili¹. Questo ha riguardato sia le performance dei propulsori, sia l'evoluzione di altre componenti ausiliarie, come la diffusione di materiali più leggeri, la ricerca di forme a maggiore penetrazione aerodinamica, lo sviluppo di tecnologie per la riduzione degli attriti etc.

Così, specie negli ultimi anni si è assistito a una progressiva riduzione dei consumi specifici di carburante e delle emissioni di CO₂ per km percorso, sia per il trasporto delle merci che per gli spostamenti dei passeggeri.

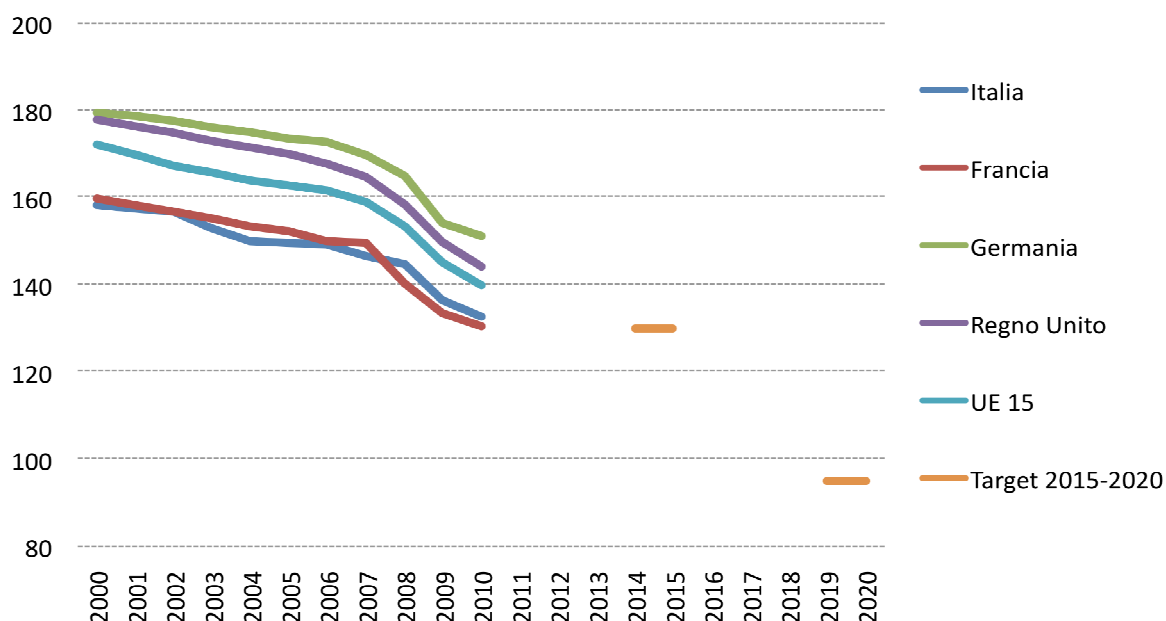
¹ Questa valutazione, ampiamente condivisa, non tiene conto del così detto “effetto rimbalzo”: i progressi tecnologici, che sui veicoli si traducono in minori consumi, e quindi minore spesa per km, ma anche in maggiore confort, migliore fruibilità dei mezzi, più sicurezza e via dicendo, possono produrre un comportamento apparentemente paradossale aumentato la domanda di trasporto e, nel complesso, le pressioni sull'ambiente.

10.2.1. *Il potenziale dell'efficienza energetica nelle autovetture tradizionali*

Questo progressivo miglioramento ha naturalmente interessato anche l'Unione Europea, come descritto nel paragrafo dedicato confronto europeo illustrato al capitolo 1 del presente rapporto. In ambito europeo le politiche in materia di emissioni di CO₂ e trasporti si sono concentrate sul meccanismo degli standard emissivi sui veicoli nuovi, e in particolare sulle autovetture. Con il Regolamento (CE) N. 443/2009 del Parlamento Europeo e del Consiglio, è stato definito un percorso progressivo che dovrà portare a un livello massimo di emissioni pari a 130 g CO₂/km al 2015² (come media del parco veicoli nuovo venduto ogni anno per ogni produttore) e a 95 g CO₂/km nel 2020 (obiettivo quest'ultimo ancora non vincolante) attraverso miglioramenti tecnologici dei propulsori. Altri 10 g CO₂/km dovranno essere raggiunti tramite misure tecniche complementari (essenzialmente biocarburanti, ma anche pneumatici ad esempio).

I miglioramenti ottenuti fino ad oggi in Europa sono significativi e dovrebbero consentire di traguardare gli obiettivi in modo relativamente agevole, in particolare guardando alle tendenze più recenti, con una evidente accelerazione a partire dal 2007-2008. Per l'Italia il target dei 95 gCO₂/km significherebbe un miglioramento nelle emissioni specifiche del parco nuovo di circa il 30% nei prossimi dieci anni, quasi il doppio rispetto a quello del decennio appena trascorso. In realtà, guardando alle sole dinamiche dell'ultimo quinquennio, caratterizzate da tassi di riduzione delle emissioni specifiche quasi doppi rispetto a quelli degli anni precedenti (con il record proprio nell'epicentro della crisi, il 2009, segno forse di una maggiore attenzione ai consumi o di motorizzazioni tendenzialmente più piccole), anche per il nostro paese il target al 2020 risulta essere circa in linea con la tendenza attuale.

Figura 10-1 Andamento delle emissioni specifiche di CO₂ delle autovetture nuove nei principali paesi europei e target 2015 e 2020 (gCO₂/km)



Fonte: Agenzia Europea dell'Ambiente

² Gli obblighi per i costruttori si applicheranno al 65 % delle loro flotte nel gennaio 2012, al 75% nel gennaio 2013, al 80% nel gennaio 2014 e al 100% a partire dal 2015.

Questi obiettivi sono alla base degli interventi sui trasporti previsti nei Piani d'azione nazionale per l'efficienza energetica (PAEE) del 2007 e del 2011. Il PAEE 2007 prevedeva di conseguire un risparmio energetico nel settore dei trasporti pari a poco meno di 2 Mtep, puntando unicamente sugli standard di emissione delle autovetture. Questo valore è stato portato a 4,23 Mtep al 2020 nella versione più recente del piano, sempre facendo leva sul rispetto dei nuovi limiti di emissione fino ai 95 gCO₂/km del 2020 e includendo i provvedimenti aggiuntivi su biocarburanti e pneumatici (ulteriori 10 g CO₂/km in meno sulla media del venduto). Complessivamente, stando allo scenario elaborato dal Ministero dello Sviluppo Economico, si tratterebbe di un potenziale di riduzione delle emissioni di circa 11 Mt CO₂³ al 2020.

Secondo l'analisi svolta per il PAEE 2011, i trasporti e l'industria sono i settori maggiormente in ritardo rispetto agli obiettivi, tutto sommato modesti, di risparmio fissati nel piano 2007, specie proprio per i trasporti. Al 2010 si stima un risparmio conseguito nel settore trasporti di appena 0,25 Mtep, tutti a carico del miglioramento dell'efficienza nelle autovetture alimentate da combustibili fossili.

Figura 10-2 Risparmio energetico annuale complessivo conseguito al 2010, atteso al 2010 e al 2016

Settori	Risparmio energetico annuale conseguito al 2010 [GWh/anno]	Risparmio energetico annuale atteso al 2010 – PAEE2007 [GWh/anno]	Risparmio energetico annuale atteso al 2016 – PAEE 2007 [GWh/anno]
Residenziale	31.427	16.998	56.830
Terziario	5.042	8.130	24.700
Industria	8.270	7.040	21.537
Trasporti	2.972	3.490	23.260
Totale	47.711	35.658	126.327

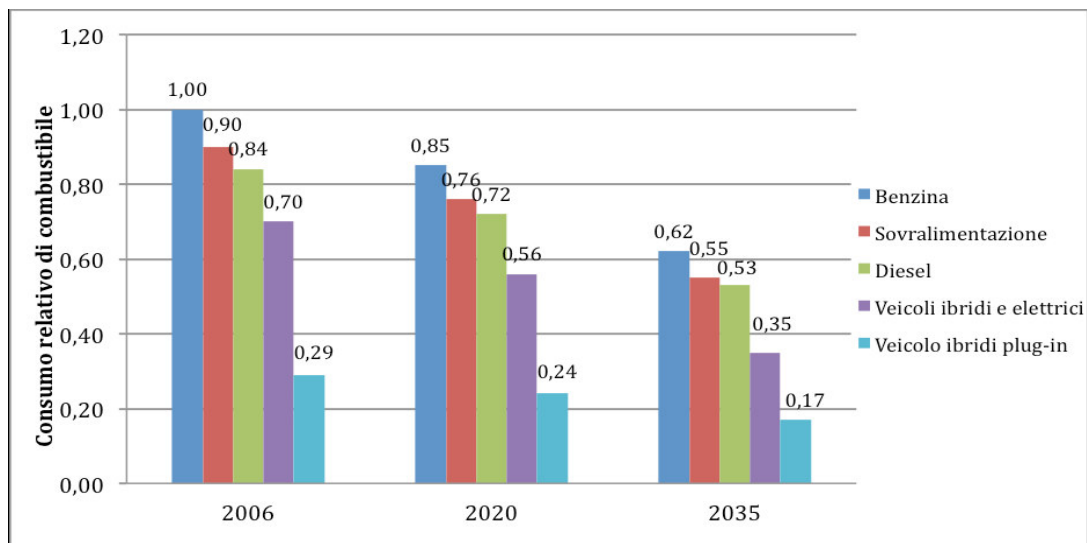
Fonte: MSE - PAEE 2011

L'obiettivo relativo allo standard emissivo sul nuovo può essere in prima approssimazione considerato un potenziale minimo, come si è visto abbastanza allineato con il trend registrato fino a oggi.

Una stima dei potenziali di questo settore a più lungo termine, fino al 2030, è ovviamente più difficile e sconta processi di innovazione e sviluppo allo stato attuale non prevedibili. Uno studio americano del National Research Councils sulle tecnologie energetiche efficienti ha realizzato delle stime del potenziale di riduzione dei consumi di petrolio entro il 2035, assumendo che le tecnologie siano utilizzate per migliorare il risparmio di carburante piuttosto che le prestazioni. I valori, differenziati per tipo di alimentazione, mostrano potenziali di miglioramento circa progressivi fino al 2035, anzi caratterizzati da una accelerazione nei secondi quindici anni della serie.

³Per la stima si ipotizza uno scenario di riferimento caratterizzato da una ripresa del mercato delle vendite, a 2,4 milioni di autovetture ogni anno, e da una riduzione dei consumi specifici in linea con il trend registrato fino al 2007

Figura 10-3 potenziale riduzione del consumo di combustibile dei nuovi veicoli leggeri americani nel 2020 e 2035 rispetto ai valori del 2006 per diversi tipi di trazione

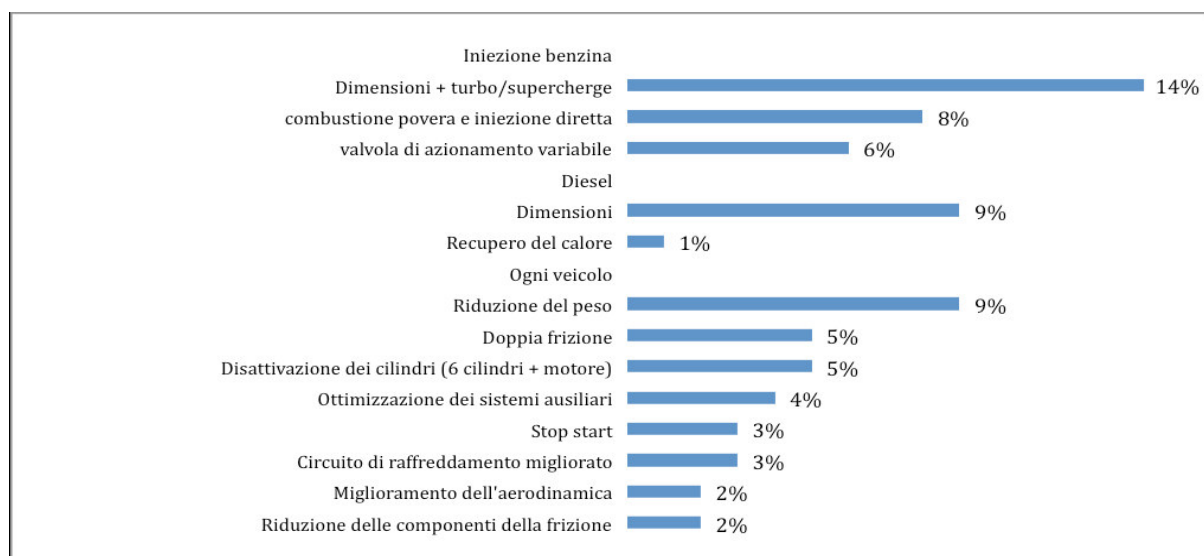


Fonte: NRC, 2009

Secondo un'altra stima del Global Fuel Economy Initiative, il maggiore utilizzo delle tecnologie attualmente disponibili per ridurre i consumi sarà in grado di tagliare, nei paesi Ocse, il consumo medio di carburante di un'auto nuova di circa il 50% al 2035.

Uno studio condotto dal World Economic Forum stima i potenziali di efficienza differenziati per tipologia di intervento e alimentazione, sia sul motore che sulle componenti ausiliarie. I risultati, illustrati nella figura che segue, mostrano potenziali di riduzione dei consumi energetici significativi. Ovviamente non tutti questi potenziali illustrati si possono sommare, ma in generale si può affermare prudenzialmente che agendo sulle diverse componenti un miglioramento del 50% sia alla portata sul medio periodo.

Figura 10-4 Potenziali di risparmio energetico per tipo di intervento e alimentazione nelle autovetture



Fonte: World Economic Forum

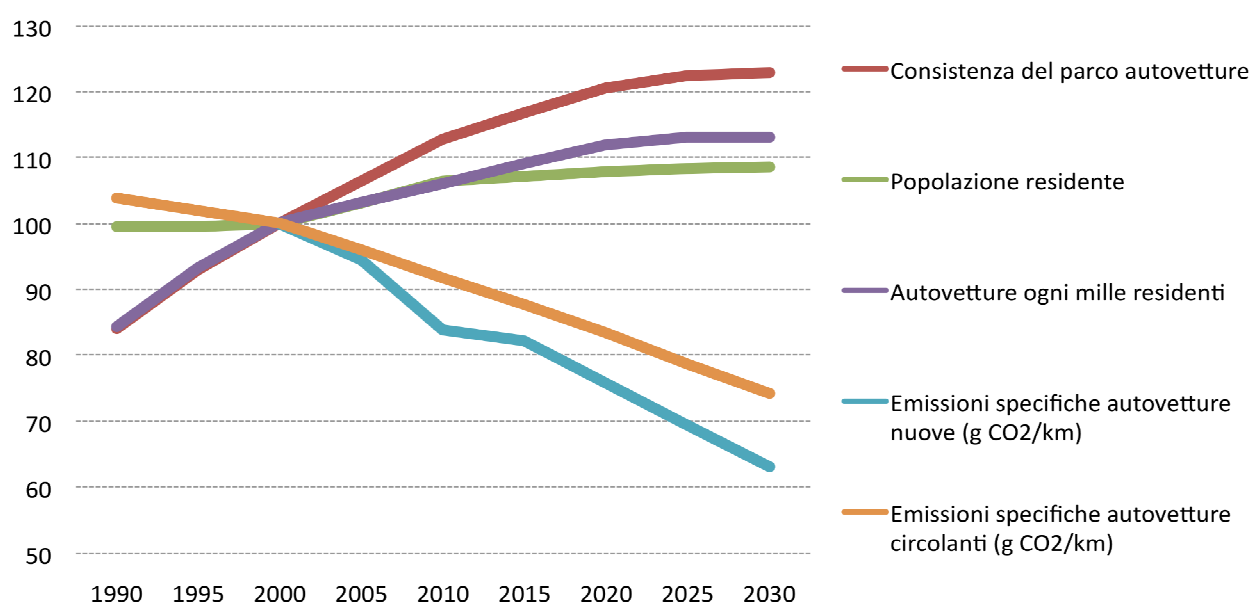
Su tali basi, nel presente lavoro si indica un potenziale la riduzione delle emissioni specifiche di CO₂ delle autovetture nuove, derivante dal miglioramento tecnologico, pari al 30-40% al 2020 e al 50-60% al 2030 rispetto ai valori attuali: ciò equivale a valori di emissioni specifiche comprese tra 95-80 g CO₂/km al 2020 e 70-55 g CO₂/km al 2030. Tali valori sono il frutto di tutti i miglioramenti tecnologici sui veicoli a combustione, inclusi quelli riconducibili alle tecnologie ibride, ma sono considerati al netto dello sviluppo delle auto elettriche, il cui potenziale è analizzato nel paragrafo successivo.

Lo scenario tendenziale (BAU) per il settore automobilistico

A partire dal potenziale tecnologico individuato nell'ambito del miglioramento delle emissioni specifiche delle autovetture, i valori assoluti di CO₂ evitata vengono calcolati per differenza rispetto a uno scenario di riferimento specifico per le autovetture, elaborato per il presente studio a partire dal PRIMES 2009 e caratterizzato dalle seguenti dinamiche:

- popolazione in crescita, dai 60,2 milioni di unità nel 2010 a 61,4 nel 2020 e a 61,9 nel 2030 (andamento modello PRIMES 2009);
- aumento del numero di autovetture per abitante ma con tassi di crescita in diminuzione, fino alla stabilizzazione nel 2025-2030 (si raggiunge così un parco di 40 milioni di veicoli);
- ripresa delle vendite annue di autovetture, che da 1,8 milioni stimati nel 2011 tornano a 2,4 milioni nel 2020, valore vicino ai massimi storici, per poi iniziare a contrarsi fino a 2 milioni di unità vendute ogni anno; le auto elettriche restano marginali sul mercato;
- allineamento del parco nuovo al target europeo previsto per il 2015 (130 g CO₂/km) e ulteriore riduzione delle emissioni specifiche fino a 100 g CO₂/km nel 2030 grazie al fisiologico sviluppo tecnologico, con un miglioramento delle emissioni specifiche medie del parco circolante dagli attuali 160 g CO₂/km a 145 nel 2020 e 130 nel 2030.

Figura 10-5 Andamento storico 1990-2010 e scenario tendenziale 2010-2030 di alcuni parametri chiave del comparto autovetture in Italia, in valori indice anno base 2000 = 100

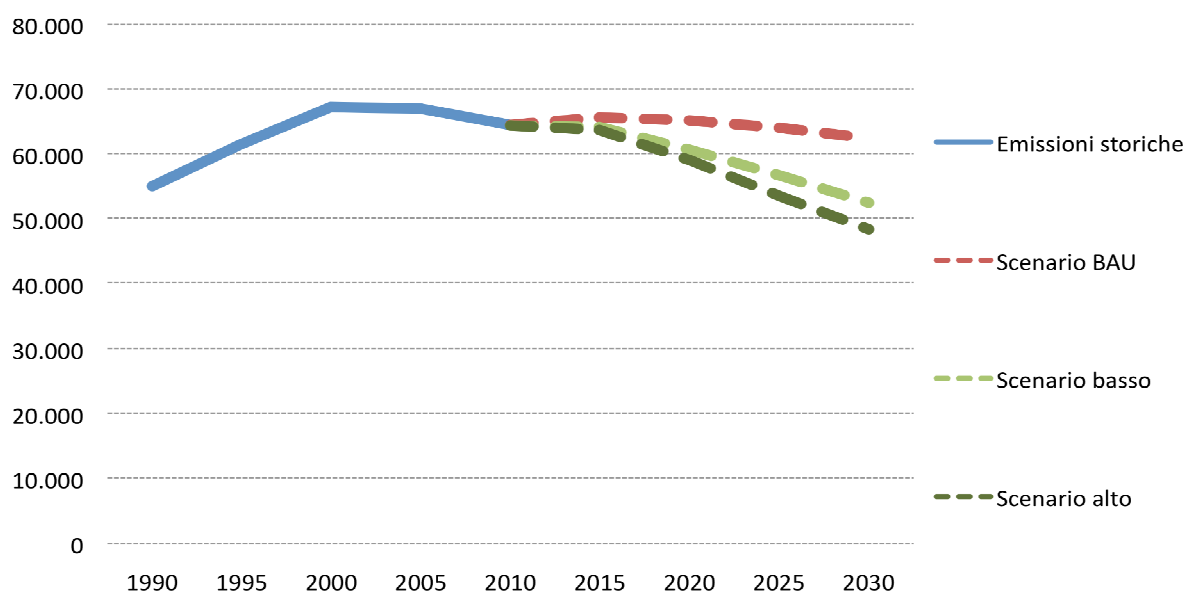


Fonte: elaborazione Fondazione su dati PRIMES 2009, ISTAT, ACI, ISPRA, MIT

Come anticipato lo scenario per il comparto automobilistico è stato elaborato in modo da essere coerente con le previsioni fornite dal PRIMES 2009, scontando tutti i limiti quindi di quel modello (Cfr. capitolo 3). In particolare oggi si potrebbe presumere una ripresa ancora più blanda della domanda di trasporto privato su gomma se non addirittura una progressiva stabilizzazione già entro il 2020. Nel grafico si illustrano gli andamenti storici e modellati dei principali parametri utilizzati per il calcolo delle emissioni del settore automobilistico nello scenario tendenziale. Da notare l'andamento delle emissioni specifiche delle autovetture nuove, dovuto al fatto che già oggi è stato conseguito il target del 2015 dei 130 g CO₂/km, cosa non prevista nel modello del 2009: solo l'accelerazione dell'ultimo triennio ha abbassato i valori di emissione specifica delle nuove autovetture di 12-13 g CO₂/km.

L'impatto in termini di riduzione delle emissioni settoriali di CO₂ è stato stimato in relazione allo scenario tendenziale Primes 2009 elaborato per le autovetture, corretto al ribasso per tener conto dei miglioramenti conseguiti proprio negli ultimissimi anni, ma non previsti dal modello⁴. A fronte di un aumento della domanda di quasi il 20% nei prossimi venti anni, lo scenario BAU prevede al 2030 una leggera riduzione delle emissioni di CO₂ (meno del 4%), da attribuire in gran parte al miglioramento dell'efficienza delle autovetture già previsto nell'andamento tendenziale.

Figura 10-6 Emissioni di CO₂ da trasporto stradale su autovetture: andamento storico, tendenziale e potenziali di riduzione (in kt CO₂)



Fonte: elaborazione Fondazione su dati PRIMES 2009, ISTAT, ACI, ISPRA, MIT

Rispetto a questo andamento tendenziale, la realizzazione dei potenziali illustrati in precedenza, sempre a parità di domanda e al netto delle autovetture elettriche, porterebbe a una ulteriore riduzione delle emissioni di settore pari a 4-6 Mt CO₂ al 2020 e a 9-13 Mt CO₂ al 2030. Si tratta quindi di un potenziale pari al 3-5% delle emissioni complessive del settore trasporti al 2020 e a 7-

⁴Lo scenario non tiene conto dei notevoli miglioramenti registrati negli ultimissimi anni: ciò porta a una sovrastima dei consumi finali e delle emissioni che può essere valutata attorno alle 2 Mt CO₂.

10% al 2030. Si osservi come il dato dello scenario massimo sia tutto sommato in linea con la stima riportata nel PAEE 2011⁵.

Tabella 10-1 Dati storici, scenari tendenziali e potenziali delle emissioni di CO₂ da autovetture in Italia

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Percorrenza autovetture (Gpkm)	523	615	727	689	713	754	780	806	832
Emissioni storiche autovetture (kt CO ₂)	55.079	61.278	67.272	66.875	64.432				
Emissioni specifiche autovetture nuove (g CO ₂ /km)			158	150	133				
Emissioni specifiche autovetture circolanti (g CO ₂ /km)	181	178	174	168	160				
Scenario BAU									
Emissioni specifiche autovetture nuove (g CO ₂ /km)						130	120	110	100
Emissioni specifiche autovetture circolanti (g CO ₂ /km)						153	146	137	130
Emissioni autovetture (kt CO ₂) - Primes 2009						65.673	65.095	64.048	62.460
Scenario basso									
Emissioni specifiche autovetture nuove (g CO ₂ /km)						114	95	83	70
Emissioni specifiche autovetture circolanti (g CO ₂ /km)						151	138	125	113
Emissioni autovetture (kt CO ₂)						64.116	60.720	56.809	53.109
Emissioni evitate (kt CO ₂)						1.557	4.375	7.239	9.351
Riduzione dei consumi energetici finali (ktep)						550	1.579	2.642	3.451
Scenario alto									
Emissioni specifiche autovetture nuove (g CO ₂ /km)						106	80	68	55
Emissioni specifiche autovetture circolanti (g CO ₂ /km)						150	134	118	105
Emissioni autovetture (kt CO ₂)						63.653	58.971	53.772	49.024
Emissioni evitate (kt CO ₂)						2.020	6.124	10.276	13.436
Riduzione dei consumi energetici finali (ktep)						714	2.211	3.750	4.958

Fonte: elaborazione Fondazione su dati PRIMES 2009, ISTAT, ACI, ISPRA, MIT

⁵Questo riporta un potenziale al 2020 di circa 11 Mt CO₂, ma includendo anche l'obiettivo dei 130 g CO₂/km che nella presente analisi viene dato per acquisito e che appunto vale circa metà della riduzione indicata.

10.3. Le auto elettriche

La crescita dei veicoli elettrici nei prossimi due decenni è una delle maggiori incognite circa l'evoluzione del settore dei trasporti in Italia e nel mondo. Oltre ai trasporti, questa variabile avrà possibili ripercussioni su tutto il sistema elettrico, di cui in prospettiva tali veicoli potranno diventare una parte integrante nell'ottica di un sistema intelligente di generazione e accumulo distribuiti.

L'impostazione data al presente lavoro, comune ad altri studi, considera all'interno della famiglia dei veicoli elettrici sia quelli alimentati esclusivamente attraverso batterie (*Electric Vehicle* - EV, o anche *Battery Electric Vehicle* - BEV⁶), sia quelli ibridi ricaricabili dalla rete (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - PHEV); viceversa, non rientrano in questa categoria e quindi non sono trattati nel presente paragrafo, ma in quello precedente, i veicoli ibridi classici (*Hybrid Electric Vehicle* - HEV), alimentati principalmente attraverso combustibili tradizionali e capaci di sfruttare la tecnologia elettrica per migliorarne l'efficienza in termini di consumi e di emissioni di gas-serra.

I veicoli a idrogeno

Come e più dell'elettricità, l'idrogeno è un vettore energetico innovativo per il trasporto. A differenza dell'energia elettrica, non esiste ancora né una produzione estesa di idrogeno né un sistema di distribuzione. L'idrogeno può essere utilizzato direttamente o in celle a combustibile. In un veicolo a combustione interna ad idrogeno avviene la combustione nel motore alla stessa stregua di un combustibile tradizionale. Nelle celle a combustibile, l'idrogeno reagisce con l'ossigeno per produrre energia elettrica, emettendo come sottoprodotti acqua e, potenzialmente, calore. Le celle a idrogeno possono avere un'efficienza due volte superiore rispetto alle tecnologie di combustione tradizionali. Le celle a idrogeno sono attualmente molto costose e non sono tecnicamente mature. Lo stesso vale per lo stoccaggio dell'idrogeno a bordo del veicolo.

Non ci sono emissioni di gas serra a scala locale direttamente associate all'uso d'idrogeno ma ve ne sono durante la sua produzione e saranno molto variabili a seconda della fonte di energia utilizzata. Almeno nel breve e medio periodo l'impiego di idrogeno e di celle a combustibile appare più probabile per le auto, gli autobus e i camion in servizio nelle città (ad esempio i camion di consegna). Un sistema di trasporto basato sull'uso dell'idrogeno richiede una rete di stazioni di rifornimento che costerà ingenti somme di denaro per la loro realizzazione. E' improbabile, in assenza di una politica di interventi molto forte e del sostegno finanziario da parte dei governi di tutto il mondo, che le forze di mercato siano sufficienti a permettere l'utilizzo su vasta scala dell'idrogeno. Il problema principale è che lo sviluppo di tale infrastruttura sarà fortemente dipendente dalla domanda di idrogeno nei trasporti e, a sua volta, la domanda di idrogeno nei trasporti sarà fortemente dipendente dalla disponibilità di adeguate infrastrutture.

⁶ Da alcuni indicati anche come veicoli a emissioni zero (*Zero Emission Vehicle* - ZEV); tale dicitura non viene qui presentata in quanto riferita solo alle emissioni di inquinanti e di gas serra a livello locale, mentre i veicoli alimentati con energia elettrica producono emissioni di gas serra e di altri inquinanti in funzione del modo in cui tale energia viene prodotta (al netto di una analisi di ciclo di vita)

10.3.1. Le prospettive del mercato dell'auto elettrica

La previsione del futuro sviluppo e della penetrazione nel mercato delle auto elettriche e ibride ha notevoli incertezze e dipende da numerosi fattori.

Il sistema di propulsione elettrica rappresenta una tecnologia innovativa che non ha ancora raggiunto la maturità e la commercializzazione di massa, a causa di barriere tecnologiche ed economiche. Oltre alla necessità di un ulteriore miglioramento della tecnologia delle batterie, la commercializzazione di veicoli elettrici sarà influenzata dalle condizioni al contorno, come i prezzi dell'energia, la regolamentazione e le misure governative, che difficilmente possono essere previste.

La gamma di scenari sulla possibile penetrazione nel mercato varia notevolmente nelle diverse analisi presenti in letteratura e, mentre diversi studi si concentrano solo sugli sviluppi del mercato globale per i veicoli elettrici a motore, altri differenziano ulteriormente tra i diversi paesi e regioni del mondo e individuano i potenziali mercati di punta.

A titolo di esempio si può citare lo studio presentato nel 2008 dal Dipartimento dei trasporti inglese⁷ (2008), in cui sono presentati quattro scenari: "Business as usual" (cambiamento limitato e scarsa adozione di veicoli elettrici), "Mid-range" (lieve incremento agli incentivi), "High Range" (interventi significativi su incentivi e infrastruttura) e "Extreme Range" (altissima domanda di veicoli elettrici). Al 2030 i quattro scenari analizzati portano a risultati molto diversi tra loro: i veicoli elettrici (EV e PHEV) rappresenteranno circa l'8,5 % del parco circolante nello scenario BAU, quasi il 12% in quello a sviluppo medio, il 32% nella ipotesi di domanda sostenuta e quasi il 60% nello scenario più estremo.

Tabella 10-2 - Scenari di penetrazione delle automobili elettriche nel mercato britannico

		2020	2030	2020	2030
Parco autovetture in UK		32.000.000	35.000.000	100%	100%
Scenari					
Business as usual	EV	70.000	500.000	0,20%	1,40%
	PHEV	200.000	2.500.000	0,60%	7,10%
Mid-Range	EV	600.000	1.600.000	1,90%	4,60%
	PHEV	200.000	2.500.000	0,60%	7,10%
High-Range	EV	1.200.000	3.300.000	3,80%	9,40%
	PHEV	350.000	7.900.000	1,10%	22,60%
Extreme Range	EV	2.600.000	5.800.000	8,10%	16,60%
	PHEV	500.000	14.800.000	1,60%	42,30%

fonte: UK – BERR, 2008

Guardando all'Italia, si può citare uno studio condotto dal RSE, con la proposta di uno scenario molto spinto che ipotizza, al 2030, la presenza di 10 milioni di auto elettriche pure o ibride *plug-in* su un parco nazionale di 40 milioni di veicoli. Lo studio prevede una forte accelerazione, in particolare della tecnologia ibrida, dopo il 2020 (fino a quella data non si raggiungono i due milioni di veicoli EV e PHEV).

⁷ BERR 2008. UK Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform, UK Department for Transport, Investigation into the Scope for the Transport Sector to Switch to Electric Vehicles and Plugin Hybrid Vehicles. October 2008.

In un altro recente lavoro, presentato dall'*Energy Strategy Group* del Politecnico di Milano sulle *Smart Grid* nel marzo 2012⁸, si fornisce una stima per il potenziale di sviluppo dell'auto elettrica in Italia al 2020 ancora più ottimistica di quella del RSE: a quell'anno potrebbero essere infatti tra 2 milioni e 3,8 milioni le autovetture elettriche o ibride *plug-in* circolanti in Italia.

Nel presente lavoro si è fatto riferimento a un lavoro del 2009 promosso dall'Agenzia Europea dell'Ambiente⁹, nel quale sono stati analizzati i risultati di diverse ricerche, tra cui:

- uno studio prodotto dal Boston Consulting Group (BCG) del 2009 che ipotizza tre scenari di penetrazione nei quattro maggiori mercati automobilistici - Europa occidentale, Nord America, Giappone, e la Cina;
- i lavori dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), tra cui lo scenario "climatico" Blue Map;
- uno studio della società di consulenza Roland Berger che ipotizza un solo scenario;
- un lavoro dell'Electric Power Research Institute (EPRI) che nel 2007 ha analizzato l'impatto ambientale di tre scenari per i veicoli ibridi elettrici plug-in;
- un lavoro dell'Eurelectric, 2007, che analizza un solo scenario;
- uno studio del 2009 della compagnia McKinsey del 2009 che sviluppa due ipotetici percorsi di sviluppo;
- un lavoro del Massachusetts Institute of Technology (MIT), del 2007, con un solo scenario;
- un recente studio del Fraunhofer Institute of Systems and Innovation Research che immagina due tabelle di marcia per l'introduzione dei veicoli elettrici nel mercato tedesco.

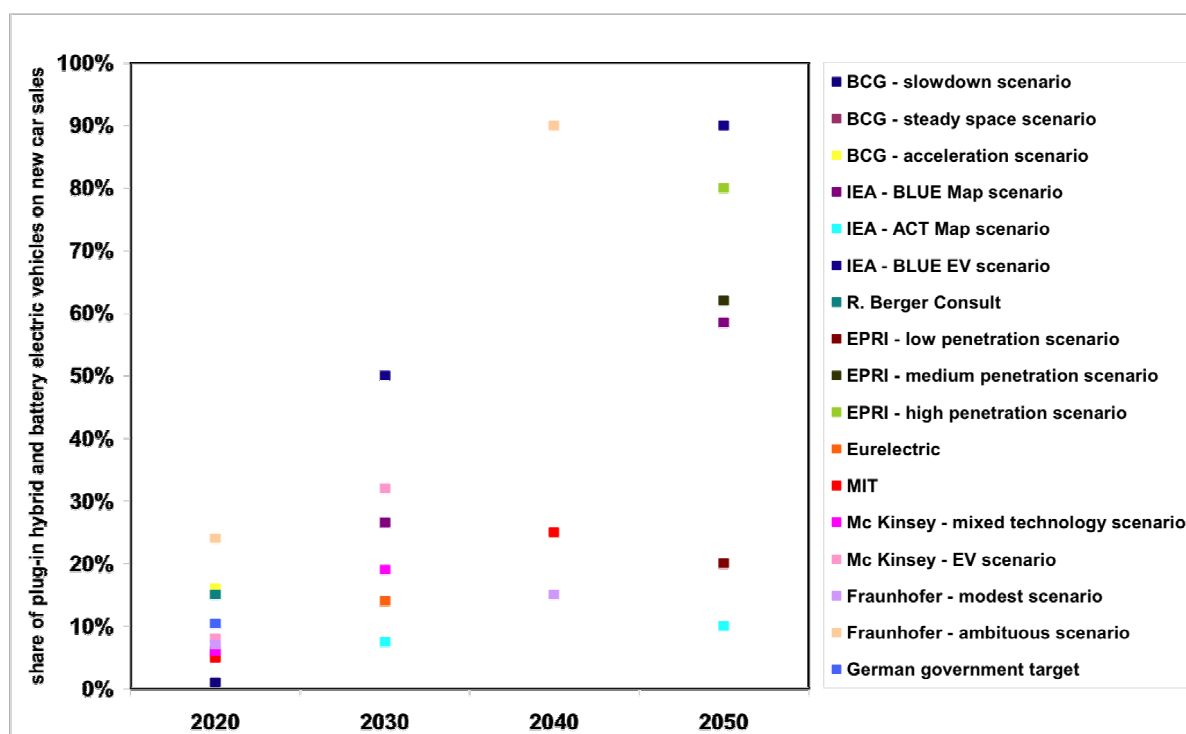
In estrema sintesi, la *review* dell'Agenzia Europea dell'Ambiente arriva alle seguenti conclusioni:

- In tutti gli studi confrontati, il motore a combustione interna rimane la tecnologia dominante fino al 2020. Le auto con tecnologie di propulsione alternative raggiungono una quota di mercato che varia tra il 12% e il 35% delle vendite di auto nuove. Si stima che i veicoli completamente elettrici avranno più probabilità di essere introdotti nel trasporto urbano, mentre i sistemi ibridi elettrici a propulsione sono principalmente applicati sui veicoli di grandi dimensioni.
- Le previsioni per il 2030 sono molto più incerte e, a seconda delle ipotesi di partenza, si passa da una quotata di penetrazione del mercato inferiore al 10% (secondo le previsioni dello scenario IEA ACT Map) a un 50% previsto dall'IEA nello scenario BLUE EV.
- Per il 2050 quasi tutte le fonti considerate prevedono una penetrazione del mercato superiore al 50% e, nello scenario BLUE Map dell'IEA, nel 2050 si arriverà al 90% di auto elettriche.

⁸ Smart Grid Executive Report: Applicazioni, tecnologie e prospettive di sviluppo delle Smart Grid in Italia

⁹ Euroepan Topic Centre on Air and Climate Change – ETC/ACC, 2009, "Environmental impacts and impact on electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe – Critical Review of Literature", ETC/ACC Technical Paper 2009/4

Figura 10-7 Scenari di penetrazione del mercato mondiale– quota di veicoli ibridi plug-in e veicoli elettrici a batteria nelle vendite dei veicoli nuovi



Fonte: European Topic Center on Air and Climate Change 2009

In conclusione lo studio ETC/ACC identifica tre gruppi di scenari in funzione del grado di penetrazione della tecnologia elettrica, secondo le seguenti definizioni:

- Scenari ottimistici: ipotesi di un'introduzione precoce sul mercato dei veicoli elettrici e ibridi che determina una quota delle nuove vendite del 20% nel 2020, fino al 50% nel 2030 e oltre l'80% nel 2050.
- Scenari moderati: l'introduzione sul mercato avviene in ritardo, la quota di vendite varia dal 15% al 35% nel 2030 e arriva a circa il 60% nel 2050.
- Scenari pessimistici: l'introduzione sul mercato non avviene prima del 2015, la quota di vendite varia dal 5% al 10% nel 2030 e non arriva a più del 25% nel 2050.

Questi scenari verranno ripresi nel paragrafo finale per stimare i potenziali nazionali di risparmio energetici e di CO₂.

10.3.2. Consumi ed emissioni delle automobili elettriche

Il consumo di energia dei veicoli elettrici e ibridi *plug-in* è poco documentato ed è difficile da determinare. I dati esistenti, inoltre, sono per lo più riferiti a veicoli di piccole dimensione, le cui prestazioni non sono direttamente confrontabili con quelle medie del parco veicolare. Il consumo di energia dipende inoltre da diversi parametri quali: l'efficienza del motore, il sistema di trazione, il peso del veicolo, la dimensione, l'aerodinamicità e il peso della batteria (può essere anche di 200 kg). In generale, i veicoli elettrici hanno il massimo risparmio energetico sulle basse velocità e in situazioni di guida caratterizzate da andamenti irregolari (ad esempio in modalità di guida urbana).

Tabella 10-3 - Review dei consumi di energia dei veicoli elettrici e ibridi plug-in per diverse situazioni di guida

Fonte	Tipo di veicolo	Ciclo di guida	Consumo di energia (kWh/100km)		Dati analizzati
			min	max	
EABEV 2009 EV	EV	Medio	11	14	piccoli EV disponibili e concept car
UNSA 2008	EV	Medio	10	18	EV annunciati e disponibili
ENG 2007	EV - PICCOLO/MEDIO	Urbano	12	15	Concept car
ENG 2007	EV -MEDIO	Inter urbano	18	20	Concept car
CARB 2007	EV	Medio	20	25	Concept car americane del 1990
UNSA 2008	EV	Medio	14	34	Concept car americane del 1990
EDIS 1999	EV	Urbano	16	25	Concept car del 1999
EDIS 1999	EV	Inter urbano	19	24	Concept car del 1999
MIT 2000	EV	Medio	12	16	Simulazioni
BERR 2008	EV	Medio		16	Stima
EURE 2007	EV	Medio		27	Stima
WWF 2009	EV	Medio	15	20	Stima
IFEU 2007	EV	Medio		20	Stima
KING 2007/ETEC 2007	EV/ PHEV	Medio		16	Stima
ARG 2008	PHEV	Urbano (US)	17	18	Stima
ARG 2008	PHEV	Motorway (US)	18	19	Stima
IEA 2007	PHEV	Urbano (EU)	14	15	Stima
IEA 2007	PHEV	Inter urbano (EU)	12	13	Stima
IEA 2007	PHEV	Motorway (EU)	26	27	Stima
ENG 2007	PHEV	Urbano		14	Concept car
ENG 2007	PHEV	Inter urbano		20	Concept car

fonte: ETC/ACC 2009

Dai dati riportati nello studio ETC/ACC del 2009, si evince che il consumo di energia elettrica oscilla tra 0,10 kWh/km e 0,34 kWh/km. Un valore compreso tra 0,15 e 0,20 kWh/km dovrebbe, quindi, essere rappresentativo dei consumi di energia dei veicoli elettrici in circolazione nei prossimi anni, sebbene gli sviluppi tecnologici possano ridurre questi valori in breve tempo. Nei calcoli che seguiranno si adotta in maniera cautelativa il dato peggiore, 0,20 kWh/km, applicando un coefficiente di miglioramento del 1% annuo, come indicato dall'ERSE¹⁰.

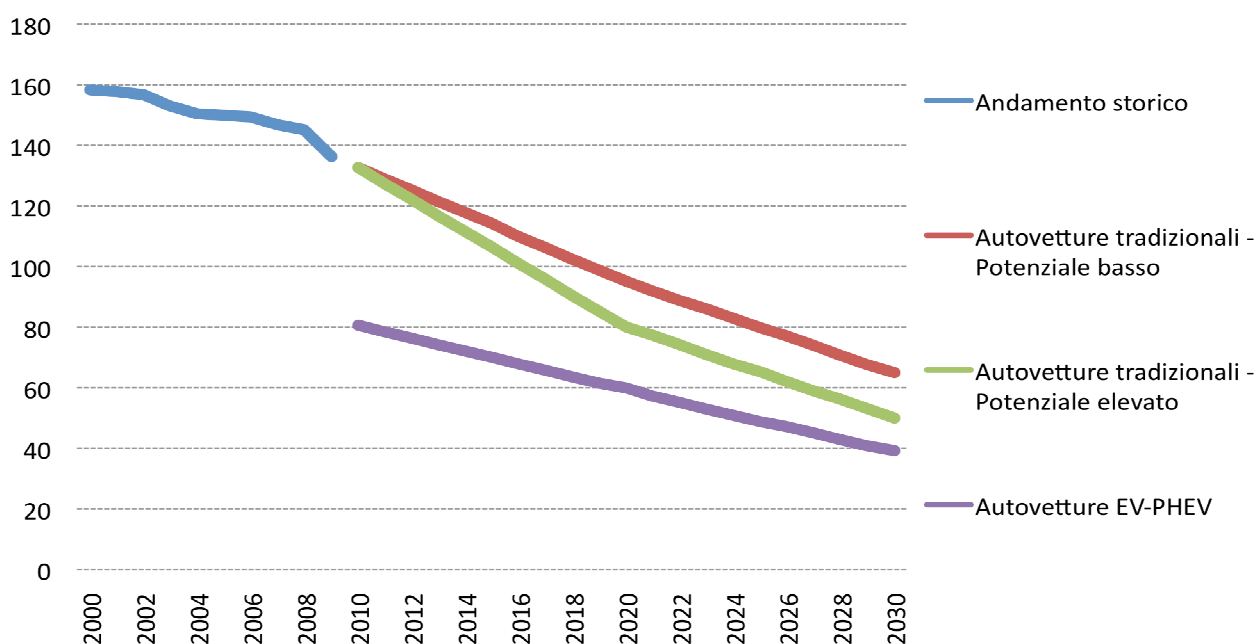
Per poter passare alla stima delle emissioni di CO₂, oltre ai consumi chilometrici dei veicoli è necessario conoscere il fattore di emissione del sistema di produzione elettrica. Se infatti i veicoli elettrici presentano indubitabili vantaggi rispetto alle vetture tradizionali a combustibili fossili per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico locale, ad esempio nelle grandi città, l'impatto sul clima dipende innanzitutto dal mix energetico utilizzato per produrre l'elettricità. In linea generale, si può affermare che l'auto elettrica sia sempre vantaggiosa rispetto alle auto tradizionali alimentate

¹⁰ Ricerca di Sistema Elettrico –ERSE, 2010, “Scenari di mobilità connessi alla diffusione dei veicoli PEV/PHEV”

a combustibili fossili in termini di riduzione delle emissioni di gas serra¹¹, a meno di mix energetici “estremi”. Nel caso di un sistema elettrico fortemente basato sull’uso del carbone, ad esempio, un’auto elettrica potrebbe arrivare ad emettere tra 120-200 g CO₂/km¹²: si tratterebbe quindi di un *range* in linea con le attuali emissioni medie delle auto europee convenzionali, 160 gCO₂/km.

Nel caso specifico dell’Italia, le emissioni specifiche del sistema nazionale della produzione elettrica si aggirano oggi attorno ai 400 g CO₂/kWh. Per un’auto elettrica caratterizzata da consumi di 0,15-0,20 kWh/km, ciò si traduce nell’emissione di 60-80 g CO₂/km, valori ben al di sotto di quelli delle migliori automobili a combustibili fossili in circolazione. In prospettiva questa performance è inoltre destinata a migliorare significativamente, grazie alla progressiva riduzione delle emissioni specifiche della produzione elettrica in Italia, trainata principalmente dallo sviluppo delle fonti rinnovabili. Secondo gli ultimi scenari elaborati dalla Fondazione, nell’ipotesi di applicare a livello nazionale le indicazioni contenute nelle Roadmap europee al 2050 per le emissioni di gas serra e per l’energia, il settore elettrico nazionale vedrebbe ridursi il fattore di emissione fino a circa 330 g CO₂/kWh nel 2020 e fino a 240 g CO₂/kWh nel 2030, anno in cui le rinnovabili potrebbero soddisfare metà della domanda interna di elettricità¹³.

Figura 10-8 Emissioni specifiche in Italia delle autovetture tradizionali, elettriche e ibride “plug-in (EV-PHEV)”, andamento storico e scenari al 2030 (g CO₂/km)



Fonte: elaborazione Fondazione su dati Primes e ISPRA

¹¹ Questa considerazione vale anche adottando approcci analitici più complessi: ad esempio, alla stessa conclusione si giunge anche attraverso una analisi delle emissioni *well-to-wheel*, da pozzo alla ruota, che mediamente portano a valori dei 10-20% più alti rispetto alle emissioni dirette

¹² Nella ipotesi di un fattore di emissione del parco termoelettrico di 800 g/kWh applicato alle due ipotesi di consumo a 0,15 e 0,20 kWh/km),

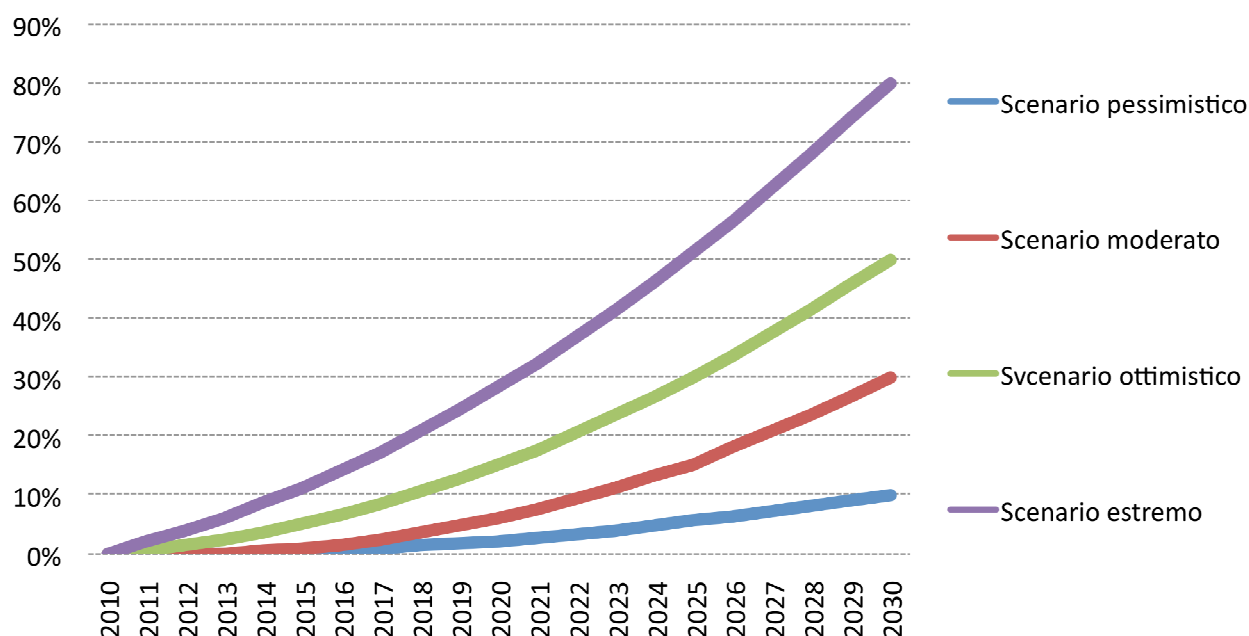
¹³ Gli ultimi scenari dell’ENEA, riportanti nel Compendio del Rapporto Energia e Ambiente del 2012, sono ancora più favorevoli, e indicano al 2030 emissioni specifiche del settore elettrico nell’ordine dei 140 g CO₂/kWh grazie alla penetrazione della tecnologia di cattura e stoccaggio del carbonio – CCS.

Considerando anche i miglioramenti nell'efficienza dei veicoli elettrici (riduzione dei consumi dell'1% ogni anno), ciò si tradurrebbe in emissioni specifiche pari a 60 g CO₂/km nel 2020 e a 40 g CO₂/km nel 2030, ossia circa la metà del valore attuale.

10.3.3. *Il potenziale delle automobili elettriche in Italia e gli impianti sulle emissioni di CO₂*

Come anticipato, per calcolare il potenziale nazionale dei veicoli elettrici e ibridi plug-in al 2020-2030 sono stati ripresi i tre scenari indicati dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (ETC/ACC 2009), che forniscono indicazioni circa le quote dell'elettrico sul mercato del nuovo. A questi è stato aggiunto un quarto scenario, in risposta alle valutazioni più recenti che tendono a rivedere al rialzo le previsioni degli ultimi anni. I quattro scenari, caratterizzati da un andamento di tipo esponenziale con una crescita marcata nel decennio 2020-2030, prevedono che le autovetture EV-PHEV raggiungano le seguenti quote di mercato (sul nuovo) al 2030: 10% nello scenario pessimistico, 30% in quello moderato, 50% in quello ottimistico e 80% in quello più estremo.

Figura 10-9 Quote di mercato sul nuovo delle autovetture EV-PHEV in Italia nei diversi scenari di sviluppo



Fonte: elaborazione Fondazione

Le quote indicate sono state applicate ai dati di vendita adottati per lo scenario di riferimento (con le autovetture nuove che passano dagli attuali 1,8 milioni di unità/anno a 2,4 nel 2020 per poi ridursi fino a 2 milioni nel 2030), e il parco auto cumulato è stato calcolato ipotizzando una vita media dei veicoli di 5 anni. Si ottengono così i seguenti scenari¹⁴:

¹⁴Da notare che secondo l'analisi del PAEE 2011, nell'ambito della promozione delle auto elettriche, i margini di intervento non riguardano unicamente le autovetture private, ma anche imprese di autonoleggio e servizi di car sharing, taxi, flotte di veicoli commerciali leggeri. Si tratta di un mercato annuo di circa 500 mila veicoli: 300 mila autovetture per uso noleggio/car sharing e 4 mila per Taxi, 200 mila veicoli commerciali leggeri per le merci.

- Scenario pessimistico: al 2020 si stimano 50.000 veicoli EV-PHEV elettrici venduti ogni anno e un parco complessivo di circa 150.000 autovetture; al 2030 si arriva a 200.000 autovetture/anno e poco più di 800mila veicoli elettrici in circolazione;
- Scenario moderato: al 2020 si stimano oltre 140.000 veicoli EV-PHEV elettrici venduti ogni anno e un parco complessivo di poco meno di più di 400mila unità; al 2030 si arriva a 600.000 autovetture vendute e quasi 2,5 milioni di veicoli elettrici circolanti;
- Scenario ottimistico: al 2020 si stimano 360.000 veicoli EV-PHEV elettrici venduti ogni anno e un parco complessivo di 1,2 milioni di unità; al 2030 si arriva a 1.000.000 di autovetture vendute e a 4,3 milioni di veicoli elettrici (poco più del 10% del parco auto nazionale);
- Scenario estremo: al 2020 si stimano 670.000 veicoli EV-PHEV elettrici venduti ogni anno e un parco complessivo di 2,4 milioni di unità; al 2030 si arriva a 1,6 milioni di autovetture vendute e a poco più di 7 milioni di veicoli elettrici circolanti (quasi il 18% del parco auto nazionale).

Ipotizzando per i veicoli elettrici percorrenze chilometriche inferiori a quelle dei veicoli tradizionali ma crescenti, fino a convergere al 2030 con il dato medio nazionale¹⁵, e applicando gli scenari per il settore della produzione elettrica e per i consumi illustrati nel paragrafo precedente, si ottengono i risultati mostrati in tabella.

Al 2030, nello scenario più conservativo, potrebbero circolare poco meno 800 mila autovetture elettriche e ibride plug-in con un risparmio in termini di emissioni di CO₂ di meno di 1 milione di t. Sempre al 2030, nello scenario ottimistico, con oltre il 10% del parco auto circolante costituito da auto elettriche, si potrebbero ridurre le emissioni di quasi 5 Mt CO₂ (circa il 4% delle emissioni settoriali) mentre in quello estremo si potrebbe arrivare a quasi 8 Mt CO₂ evitate. L'impatto sul sistema della produzione elettrica sarebbe tutto sommato modesto: si va dallo 0,25% sui consumi elettrici attesi al 2030 per lo scenario pessimistico a poco più del 3% dello scenario estremo¹⁶. Oltre a ridurre le emissioni di gas serra, la diffusione delle auto elettriche contribuisce anche a ridurre i consumi energetici finali, essendo questa tecnologia energeticamente più efficiente, a parità di percorrenza, cosa che si ripercuoterà anche sulle valutazioni sui potenziali dei biocarburanti illustrate al paragrafo successivo.

¹⁵Si suppone che le auto elettriche, almeno nella prima fase, siano caratterizzate da percorrenze inferiori a 1/3 della media nazionale

¹⁶per avere un riferimento, secondo l'EURELECTRIC uno spostamento completo verso i veicoli elettrici nella UE-27 dovrebbe aumentare il consumo di elettricità dalle attuali 3.100 TWh a 3.570 TWh - un aumento di solo il 15%.

Tabella 10-4 - Impatti degli scenari a medio termine di penetrazione dei veicoli elettrici e ibridi plug-in in Italia

	2015	2020	2025	2030
Consumi specifici autovetture elettriche (kWh/km)	0,19	0,18	0,17	0,16
Fattore emissione settore elettrico (kgCO ₂ /kWh)	0,37	0,33	0,29	0,24
Emissioni specifiche autovetture elettriche (gCO ₂ /km)	70	60	49	39
Percorrenza media annua autovetture elettriche (km)	9.000	10.000	11.000	12.000
Scenario pessimistico				
Quota di vendite EV-PHEV sul nuovo	0,30%	2,10%	5,50%	10,00%
Parco auto EV-PHEV	6.728	148.807	450.934	832.484
Riduzione dei consumi energetici finali (ktep)	-2	-44	-142	-275
Emissioni evitate (kt CO ₂)	5	128	439	902
Domanda elettrica aggiuntiva alla rete (GWh)	12	269	853	1.634
Scenario moderato				
Quota di vendite EV-PHEV sul nuovo	0,90%	6,00%	15,00%	30,00%
Parco auto EV-PHEV	28.605	414.196	1.278.360	2.459.160
Riduzione dei consumi energetici finali (ktep)	-7	-123	-403	-811
Emissioni evitate (kt CO ₂)	22	356	1.244	2.666
Domanda elettrica aggiuntiva alla rete (GWh)	49	749	2.419	4.827
Scenario ottimistico				
Quota di vendite EV-PHEV sul nuovo	5,00%	15,00%	30,00%	50,00%
Parco auto EV-PHEV	256.413	1.212.939	2.678.000	4.310.000
Riduzione dei consumi energetici finali (ktep)	-69	-360	-845	-1.422
Emissioni evitate (kt CO ₂)	193	1.042	2.605	4.672
Domanda elettrica aggiuntiva alla rete (GWh)	439	2.194	5.067	8.460
Scenario estremo				
Quota di vendite EV-PHEV sul nuovo	11,00%	28,00%	51,00%	80,00%
Parco auto EV-PHEV	601.686	2.366.888	4.691.600	7.040.000
Riduzione dei consumi energetici finali (ktep)	-161	-702	-1.481	-2.322
Emissioni evitate (kt CO ₂)	453	2.034	4.564	7.632
Domanda elettrica aggiuntiva alla rete (GWh)	1.030	4.281	8.877	13.819

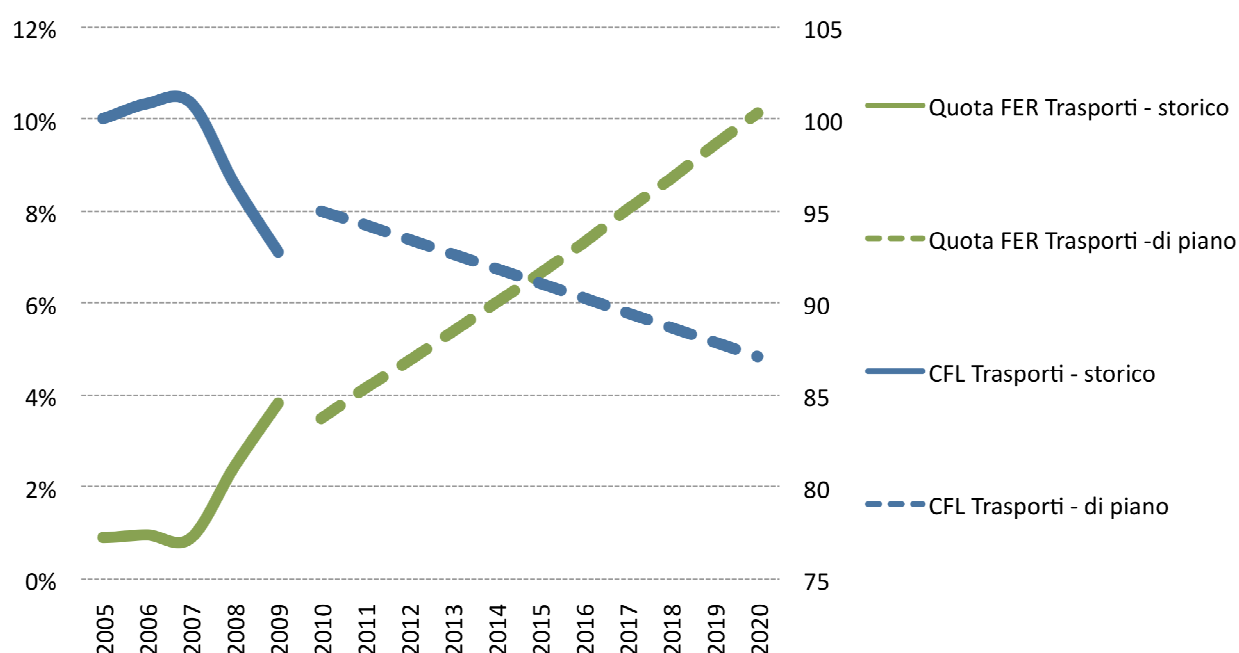
Fonte: elaborazione Fondazione su dati PRIMES 2009, ISTAT, ACI, ISPRA, MIT

10.4. I biocarburanti

Lo sviluppo dei biocarburanti è un pilastro della strategia europea per la riduzione delle emissioni di gas serra del settore trasporti. Lo sviluppo dei biocarburanti consente di non intervenire troppo sulle infrastrutture e sui veicoli esistenti, e rappresenta quindi una strategia di intervento relativamente agevole in un settore critico come quello dei trasporti. I biocarburanti risultano

particolarmente attraenti per quei settori che hanno scarse possibilità di puntare in maniera decisa sulla elettrificazione, come il trasporto aereo, ma anche quello navale e dei veicoli pesanti. In particolare è l'industria aeronautica a puntare molto su questa soluzione: voli test hanno dimostrato chiaramente che l'uso di combustibile composto dal 50% di biocarburanti sugli aerei, senza alcuna modifica al motore, è una alternativa praticabile e sicura, e si prevede che nel lungo termine gli aerei possono volare anche con il 100% di biocarburanti¹⁷.

Figura 10-10 Andamento storico e previsioni del PANER per il Consumo Finale Lordo (CFL, asse dx in valori indice anno base 2005 = 100) e per la quota di fonti rinnovabili (FER, asse sx in %) nei trasporti in Italia



Fonte: elaborazione Fondazione su dati PRIMES 2009, MSE

Attualmente le fonti rinnovabili, e in particolare i biocarburanti, coprono circa il 4% del fabbisogno energetico del settore trasporti a livello europeo, con un trend in crescita. L'Italia presenta buoni potenziali e anche alcuni casi di eccellenza in questo campo, con una capacità produttiva generalmente eccedente la domanda interna: nel 2010 i biocarburanti, e principalmente il biodiesel, sono arrivati a coprire circa il 4,8% del Consumo Finale Lordo del settore, pur con una netta prevalenza di materie prime o prodotti di importazione. Questo dato consente comunque all'Italia di restare in linea con gli obiettivi fissati nel Piano d'azione nazionale per le fonti rinnovabili (PANER) sui trasporti. A tale proposito si può osservare come per questo settore il contributo delle rinnovabili, e quindi di biocarburanti in gran parte, venga calcolato in funzione di consumi fortemente decrescenti (-13% tra 2005 e 2010) che presuppongono una serie di interventi importanti in materia di efficienza energetica. In questo l'analisi mostrata di seguito si discosta in modo netto, isolando il solo contributo dei biocarburanti e utilizzando l'andamento tendenziale dei consumi energetici indicato da Primes (che tra 2005 e 2020 prevede un aumento del 4%).

¹⁷ Alcune importanti imprese del trasporto aereo hanno indicato un obiettivo pari al 30% di biocarburanti di seconda generazione entro il 2030

L'elemento di maggiore criticità dei biocarburanti è rappresentato dagli impatti potenziali sul sistema della produzione alimentare e sull'ambiente. Fino a oggi si è puntato sui biocarburanti di prima generazione, che presentano problemi sia in termini di competizione con l'agricoltura orientata alla produzione alimentare (*food*) che di impatti sull'ambiente. Alcuni studi recenti, tra cui quelli della stessa Agenzia europea dell'ambiente, hanno messo in discussione la stessa possibilità che l'utilizzo di biocarburanti di prima generazione possa contribuire alla lotta al cambiamento climatico, riportando bilanci negativi sul ciclo di vita in termini di emissioni di gas serra.

Ci troviamo oggi in una fase di transizione, nella quale i biocarburanti di prima generazione dovranno lasciare progressivamente il posto a quelli di seconda generazione, costituiti da biomasse ligno-cellulosiche derivanti da scarti di processi tecnici. Questi ultimi risolvono, almeno in parte, i problemi della prima generazione, sia in termini di competizione con la produzione alimentare che di impatti ambientali, ivi incluso il bilancio delle emissioni di gas serra. Guardando più a lungo termine, alcune tecnologie in fase di sviluppo potrebbero addirittura consentire di svincolare la produzione di biocarburanti dalla disponibilità di terreni coltivabili (si pensi alle coltivazioni di alcune specie algali).

Attualmente l'Europa si è data come obiettivo quelli di arrivare a coprire il 10% della domanda energetica dei trasporti con le fonti rinnovabili entro il 2020. Questo obiettivo può essere raggiunto da un lato aumentando la componente rinnovabile dell'energia elettrica (quindi maggiore utilizzo di elettricità e sistema di produzione a forte penetrazione di rinnovabili) e dall'altro promuovendo l'utilizzo dei biocarburanti. Per quanto riguarda i biocarburanti l'obiettivo si pone sul consumo e non sulla produzione: il ricorso alle importazioni delle materie prime potrebbe quindi rendere poco significativa una valutazione del potenziale di produzione nazionale, fermo restando i criteri di sostenibilità sempre più stringenti e la tendenza a scoraggiare un sistema (nuovamente) dipendente dall'estero. In ogni caso le tecnologie per la produzione di biocarburanti di seconda generazione non hanno ancora raggiunto un grado di maturità sufficiente, e le stime disponibili sui potenziali di produzione devono essere considerate solo indicative.

In linea di massima, per determinare un potenziale nazionale dei biocarburanti, potrebbero risultare più importanti della produzione stessa la capacità di lavorazione e le dimensioni del mercato interno. Per quanto riguarda la capacità di lavorazione, tradizionalmente l'Italia presenta una buona dotazione impiantistica, con un surplus sistematico di prodotto rispetto alla domanda interna. Questo vale per i biocarburanti di prima generazione, mentre per quelli di seconda generazione, per i motivi già accennati, è difficile fornire valutazioni definitive in questo senso. Quello che si può dire è che il nostro Paese, rispetto agli altri partner europei, si trova in posizione abbastanza avanzata sia in termini di *know-how* che di competenze tecniche in questo settore.

Per quanto riguarda il mercato potenziale, il primo driver è costituito dall'obiettivo europeo sulle fonti rinnovabili. La Direttiva 28/2009 fissa un target al 2020 per le fonti rinnovabili nel settore dei trasporti pari al 10% della domanda energetica. Questo può essere soddisfatto sia attraverso la quota di fonti rinnovabili connessa ai consumi elettrici per autotrazione, sia, appunto, attraverso l'immissione sul mercato nazionale di biocarburanti. La Direttiva prevede anche che la quota rinnovabile di elettricità destinata ai trasporti venga moltiplicata per un fattore 2,5. Di seguito si presenta una stima del potenziale dei biocarburanti basato sulle prospettive di crescita del mercato interno, e fondato sui seguenti assunti:

- che questo corrisponda al complemento delle rinnovabili elettriche rispetto ai target settoriali al 2020 e al 2030;
- che il target per le rinnovabili nei trasporti al 2030 sia pari a un raddoppio rispetto al 2020, ossia al 20% dei consumi energetici previsti a quella data.

Inoltre si ipotizza che il consumo di elettricità per i trasporti, escluso quello per le vetture elettriche, resti costante (circa 11 TWh): ciò è in linea con lo scenario Primes 2009, che prevede una crescita del trasporto su ferro di merci e una leggera diminuzione di quello passeggeri a fronte di un leggero miglioramento nell'efficienza dei veicoli. Fissato questo parametro, le dimensioni della domanda interna di biocombustibili dipendono quindi direttamente dalle ipotesi di sviluppo dei veicoli elettrici, illustrate nel paragrafo precedente.

Una maggiore penetrazione della tecnologia elettrica nei trasporti agisce in modi differenti. Da un lato fornisce un contributo diretto sulla quota di domanda che può ritenersi soddisfatta da fonti rinnovabili, in funzione ovviamente del grado di penetrazione delle rinnovabili nel settore della produzione elettrica. In secondo luogo consente di ridurre i consumi energetici del settore, essendo le auto elettriche più efficienti rispetto alle tecnologie tradizionali: guardando ai consumi finali, a parità di percorrenza i veicoli elettrici consumano quasi un terzo dei veicoli tradizionali. Si può osservare come i due aspetti siano tra di loro correlati ai fini del calcolo dell'obiettivo per le rinnovabili nel settore dei trasporti: essendo calcolato questo in rapporto consumi finali lordi, tende a "svalutare" per alcuni versi il contributo delle rinnovabili elettriche, il cui peso rispetto alla incidenza effettiva sui consumi primari di energia viene più che dimezzato. Oltre a questo bisogna ricordare che il target europeo si misura su tutti i consumi del settore trasporti, mentre la presente analisi si concentra sulle autovetture, responsabili di circa la metà dei consumi settoriali¹⁸.

Di seguito si riporta una stima dei potenziali (di mercato) dei biocarburanti in funzione degli obiettivi sulle fonti rinnovabili al 2020 e 2030 (ipotesi), degli scenari di penetrazione delle autovetture elettriche e dei consumi energetici di settore. Risulta innanzitutto evidente come il contributo del settore elettrico, anche nel caso di realizzazione dello scenario più estremo (l'80% delle nuove auto vendute EV-PHEV al 2030), sia comunque limitato per le ragioni appena descritte: le rinnovabili elettriche riescono a coprire introno al 10% del target complessivo sui trasporti. In tutti gli scenari i biocarburanti sono l'opzione di gran lunga preponderante per rispondere agli obiettivi sulla quota di consumi soddisfatti attraverso le fonti rinnovabili: al 2020, grazie all'immissione sul mercato di 3,3-3,7 Mtep di biocarburanti, si eviterebbe l'emissione di 9,3-11,7 Mt CO₂; al 2030 questi valori salirebbero rispettivamente a 6,1-8,0 Mtep e 16,4-21,6 Mt CO₂.

¹⁸Per chiarire meglio questo aspetto, immaginiamo per assurdo al 2030 di avere solo autovetture elettriche in circolazione: per soddisfare il volume di traffico previsto dal Primes (832 Gpkm per le auto private), verrebbero richiesti alla rete circa 90 TWh di elettricità, ossia 7,7 Mtep di energia finale invece dei 23 Mtep necessari ad alimentare un parco tradizionale. Il consumo finale del settore trasporti passerebbe così dai 46 Mtep previsti dallo scenario Primes 2030 (di cui oltre la metà sono consumi per autovetture) a circa 31 Mtep. Nella ipotesi che le fonti rinnovabili elettriche soddisfino al 2030 il 50% della domanda interna di elettricità, il contributo del comparto delle autovetture in termini di domanda soddisfatta da fonti rinnovabili sarebbe pari alla metà dei 7,7 Mtep di consumo: non più del 12% del consumo finale settoriali dunque.

Tabella 10-5 - Consumi ed obiettivi secondo le diverse ipotesi di sviluppo

	2015	2020	2025	2030
Obiettivo per la quota di fonti rinnovabili nel settore trasporti	6,60%	10,00%	15,00%	20,00%
Scenario tendenziale (senza auto elettrica)				
Consumo energetico del settore trasporti (ktep)	44.612	45.626	45.966	45.916
Obiettivo di consumo da fonti rinnovabili (ktep)	2.922	4.563	6.895	9.183
di cui biocarburanti	2.649	4.231	6.493	8.710
di cui elettriche non EV-PHEV	273	331	402	473
di cui elettriche EV-PHEV	0	0	0	0
Emissioni evitate per l'utilizzo di biocarburanti (kt CO2)	7.496	11.721	17.791	23.605
Ipotesi di sviluppo limitato dell'auto elettrica				
Consumo energetico del settore trasporti (ktep)	44.610	45.582	45.824	45.641
Obiettivo di consumo da fonti rinnovabili (ktep)	2.922	4.558	6.874	9.128
di cui biocarburanti	2.648	4.219	6.440	8.585
di cui elettriche non EV-PHEV	273	331	402	473
di cui elettriche EV-PHEV	0	8	31	70
Emissioni evitate per l'utilizzo di biocarburanti (kt CO2)	7.495	11.687	17.647	23.265
Ipotesi di sviluppo moderato dell'auto elettrica				
Consumo energetico del settore trasporti (ktep)	44.605	45.503	45.563	45.105
Obiettivo di consumo da fonti rinnovabili (ktep)	2.922	4.550	6.834	9.021
di cui biocarburanti	2.647	4.197	6.344	8.340
di cui elettriche non EV-PHEV	273	331	402	473
di cui elettriche EV-PHEV	1	23	88	208
Emissioni evitate per l'utilizzo di biocarburanti (kt CO2)	7.491	11.625	17.382	22.602
Ipotesi di sviluppo elevato dell'auto elettrica				
Consumo energetico del settore trasporti (ktep)	44.543	45.266	45.121	44.494
Obiettivo di consumo da fonti rinnovabili (ktep)	2.918	4.527	6.768	8.899
di cui biocarburanti	2.633	4.130	6.181	8.062
di cui elettriche non EV-PHEV	273	331	402	473
di cui elettriche EV-PHEV	11	66	185	364
Emissioni evitate per l'utilizzo di biocarburanti (kt CO2)	7.453	11.439	16.936	21.848
Ipotesi di sviluppo estremo dell'auto elettrica				
Consumo energetico del settore trasporti (ktep)	44.451	44.924	44.485	43.594
Obiettivo di consumo da fonti rinnovabili (ktep)	2.912	4.492	6.673	8.719
di cui biocarburanti	2.613	4.032	5.946	7.652
di cui elettriche non EV-PHEV	273	331	402	473
di cui elettriche EV-PHEV	26	129	324	594
Emissioni evitate per l'utilizzo di biocarburanti (kt CO2)	7.394	11.170	16.293	20.736

Fonte: elaborazione Fondazione su dati PRIMES 2009, MSE

Naturalmente i potenziali di mercato dei biocarburanti, e gli impatti attesi in termini di riduzione delle emissioni di CO2 appena illustrati, derivando da un target calcolato in percentuale sul consumo settoriale di energia, sono direttamente legati a eventuali interventi di efficientamento. Va ricordato inoltre come adottando il metodo di calcolo previsto dalla Direttiva 28/2009 per il Consumo Finale Lordo dei trasporti, si ottengono mediamente valori di consumo, e quindi anche obiettivi di rinnovabili, inferiori del 10-15% a quelli presentati, basati sui bilanci energetici nazionali del MSE ripresi dal Primes.

10.5. Gli altri ambiti di intervento

Oltre ai biocarburanti e agli interventi sul parco autovetture in direzione di una maggiore efficienza dei motori a combustione interna e dello sviluppo della tecnologia elettrica, esistono altre tipologie di intervento che toccano altri ambiti dei trasporti e su cui è più difficile fornire stime affidabili sui potenziali, ovvero gli impatti attesi sui consumi e sulle emissioni di CO₂ sono in genere più limitati.

L'insieme dei potenziali stimati al 2030 negli altri ambiti di intervento, dall'eco-driving ai veicoli pesanti, dal trasporto navale a quello aereo, si attestano tra 8 e 12 Mtep di riduzione dei consumi energetici e tra 22-32 Mt di emissioni di CO₂.

10.5.1. *Il trasporto ferroviario*

Il trasporto ferroviario in Italia soddisfa circa il 4% della domanda di traffico passeggeri e il 10% di quella merci, ma grazie alla buona efficienza energetica contribuisce appena allo 0,3% delle emissioni di CO₂ del settore trasporti. Il principale ruolo di questa modalità di trasporto sta nello spostamento dalle altre modalità meno efficienti, a cominciare dal trasporto stradale: questo aspetto verrà trattato nei capitoli 10 e 11. Ma anche per il trasporto su ferro, che pure presenta emissioni specifiche paragonabili al trasporto via mare e pari a un quinto di quelle stradali per le merci e a meno della metà per i passeggeri (cfr. Cap. 1), esistono buoni margini di miglioramento, che possono essere conseguiti agendo su vari fronti.

Il principale è quello dell'elettificazione delle linee ferroviarie. In Italia circa il 25% della rete nazionale (circa 16 mila km) non è elettrificata, mentre questo dato sale fino a quasi il 70% per la rete regionale (circa 3.500 km). Il passaggio dalla trazione diesel a quella elettrica consente un notevole risparmio sia in termini di consumi energetici che, soprattutto, di emissioni di CO₂. Secondo il PAEE 2011, sostituendo le motrici a gasolio con motrici bimodali, per consentire l'utilizzo dell'elettricità nelle tratte miste, percorse dal 45% dei treni, si potrebbero ridurre le emissioni nazionali di 8 mila t CO₂, quasi il 3% delle emissioni da trasporto ferroviario.

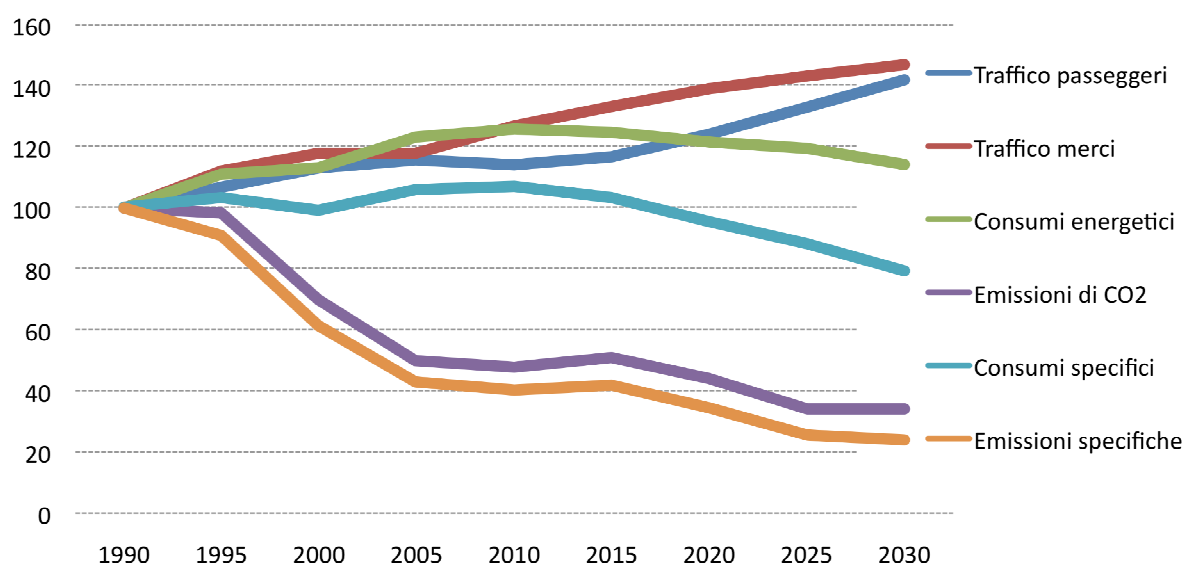
Esistono anche altri modi per aumentare l'efficienza energetica e carbonica del trasporto ferroviario. In linea generale si possono individuare le seguenti tipologie di intervento:

- Riduzione della massa: si ottengono dei risultati migliori dalla riduzione della massa nei treni passeggeri rispetto ai treni merci in quanto il peso dei passeggeri è molto basso rispetto al peso del treno. Nuovi materiali e nuovi progetti, come i treni a due piani hanno il potenziale di ridurre la massa per sedile di oltre il 35%.
- Riduzione del trascinamento: la resistenza aerodinamica e l'attrito meccanico incidono per circa il 10% del consumo energetico di un treno. Tecnologie come le coperture per carri merci aperti possono ridurre il consumo energetico in modo significativo. La carenatura del carrello, per esempio, può ridurre il consumo energetico del 6% al 7%.
- Miglioramenti di propulsione elettrica: la recente tecnologia inverter presente in più del 50% dei nuovi treni è significativamente più efficace rispetto alla vecchia tecnologia. I miglioramenti nella frenata rigenerativa hanno un potenziale notevole.
- Miglioramenti della propulsione diesel: iniezione diretta common rail, una variante dei sistemi di iniezione diretta del carburante utilizzato dalle autovetture, deve ancora

raggiungere un'adozione su larga scala nel settore ferroviario. Si possono realizzare guadagni di efficienza del 20% se usato in combinazione con iniettori migliorati.

Anche tecnologie che aiutino in fase di manovra possono contribuire al miglioramento dell'efficienza: ad esempio sistemi che segnalano il momento ottimale per iniziare la marcia in folle in fase di ingresso alla stazione potrebbero da soli portare a ridurre i consumi di oltre il 5%.

Figura 10-11 Andamento storico e scenario tendenziale al 2030 di alcune grandezze caratteristiche del settore ferroviario in Italia (valori indice anno base 1990=100)



Fonte: Primes 2009

Da queste premesse si può valutare un potenziale significativo in termini di efficienza. Lo scenario tendenziale Primes tra il 2010 e il 2030 prevede una crescita del traffico ferroviario del 25% per i passeggeri e del 16% per le merci. Nello stesso periodo di tempo, grazie proprio ai miglioramenti nell'efficienza delle tecnologie, i consumi energetici totali scendono del 10% e le emissioni di gas serra del 30%. Primes prevede quindi un miglioramento significativo dell'efficienza del trasporto ferroviario già nel *business as usual*: questa si aggira attorno al 25% per i consumi di energia e al 40% per le emissioni di CO₂.

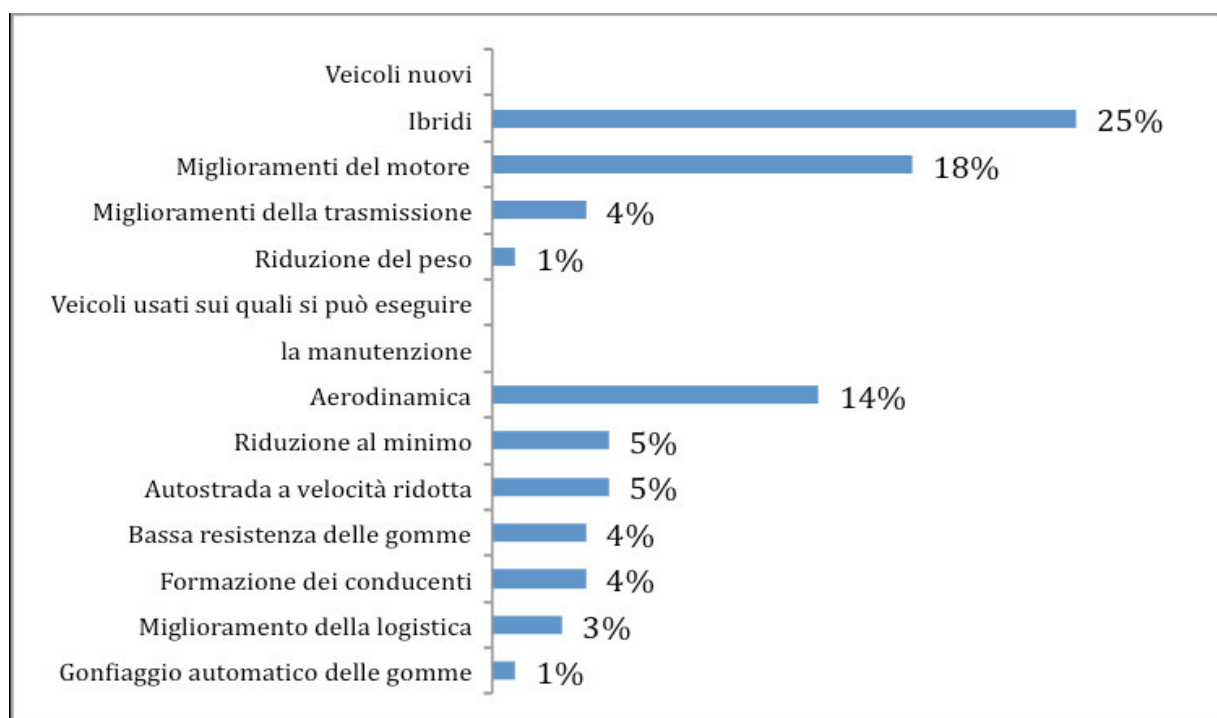
10.5.2. I veicoli pesanti

L'analisi svolta nei precedenti paragrafi si è concentrata perlopiù sulle autovetture e i veicoli leggeri. Tuttavia buoni margini esistono anche per i così detti veicoli pesanti, destinati sia al trasporto merci che passeggeri (inclusi quindi anche i trasporti pubblici e collettivi su gomma). Su queste tipologie di veicoli l'elettrificazione incontra alcuni ostacoli importanti, mentre certamente un contributo importante per la riduzione delle emissioni di CO₂ lo possono dare i biocarburanti.

Esistono in ogni caso diverse tecnologie che possono favorire il risparmio energetico nei mezzi pesanti: si tratta di interventi molto simili a quelle del settore dei veicoli leggeri, ma alcune differenze dei veicoli richiedono cambiamenti nell'approccio. La stragrande maggioranza dei mezzi pesanti funzionano a gasolio. Nei mezzi pesanti il carico trasportato incide fortemente sul peso totale, lasciando un basso margine di riduzione del peso complessivo dei veicoli che infatti porta ad un incremento di efficienza di un solo punto percentuale. D'altra parte, le maggiori dimensioni dei motori dei mezzi pesanti (e il maggior spazio consentito per i motori) rende fattibile il recupero di

calore e l'applicazione di tecnologie per la gestione termica. I potenziali benefici delle tecnologie per il consumo energetico utilizzate nei mezzi pesanti dipende fortemente dalla *duty cycle*. Sulle lunghe distanze, per esempio, i camion passano la maggior parte del loro tempo viaggiando a velocità relativamente elevate e costanti. Questa caratteristica li rende inadatti all'utilizzo dei motori ibridi, ma permette di sfruttare le tecnologie che migliorano l'aerodinamica e riducono la resistenza al rotolamento che incrementano l'efficienza del combustibile rispettivamente del 14% e del 4%. Gli autobus e i camion dal lato opposto viaggiano a velocità inferiori e con soste ripetute, possono quindi avere un motore ibrido che permette di raggiungere un'efficienza del combustibile del 25%, mentre l'aerodinamica del veicolo è meno importante.

Figura 10-12 Tecnologie per l'incremento di efficienza per i veicoli pesanti



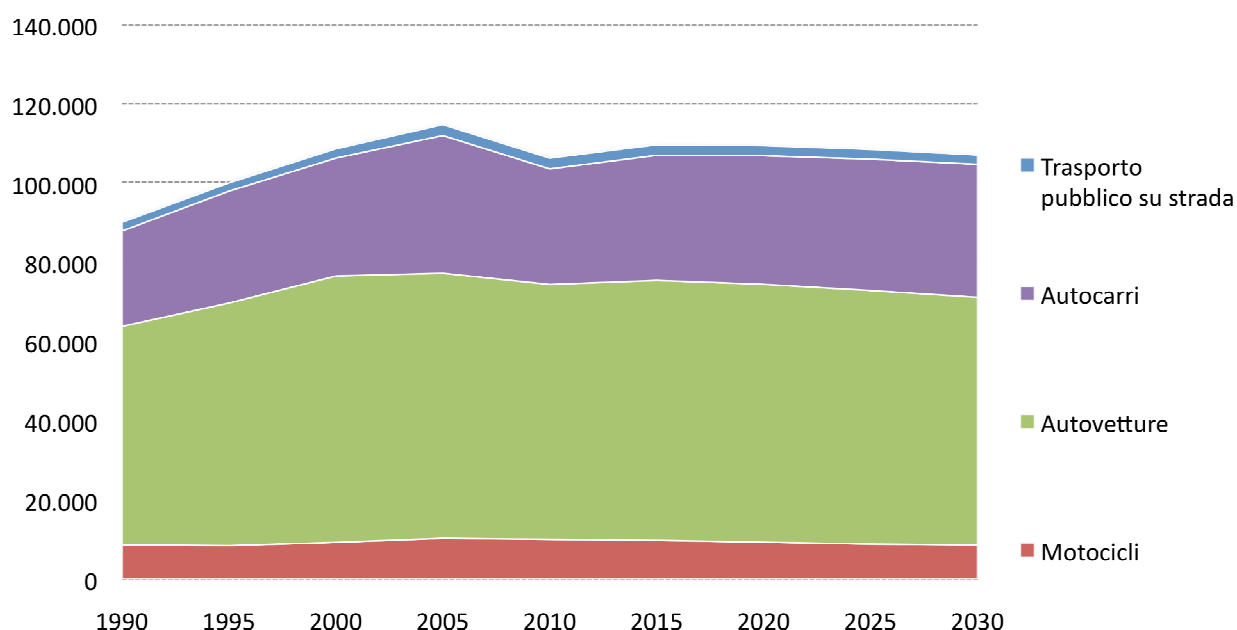
Fonte: World Economic Forum

In Italia i veicoli pesanti per il trasporto merci e passeggeri sono responsabili di circa un quarto dei consumi e delle emissioni del settore trasporti. A medio termine uno sviluppo significativo delle tecnologie indicate in precedenza potrebbe portare a miglioramenti nell'efficienza energetica e carbonica compresi tra 20 e 30%: ciò significherebbe tra 3-4 Mtep di energia risparmiata e 8-11 Mt CO₂ in meno.

10.5.3. L'eco-driving

Anche il modo di guidare influenza l'efficienza carbonica dei veicoli, aumentando o diminuendo i consumi per km. Migliorare la tecnica di guida può avere un impatto significativo sul consumo di carburante e sulle emissioni di CO₂, oltre a contribuire a migliorare la sicurezza, ridurre il rumore e lo stress. Possiamo definire l'eco-driving proprio come quella modalità di funzionamento (guida) del veicolo che consente di minimizzare consumi ed emissioni, seguendo alcune accortezze (accelerazioni e decelerazioni graduali, velocità moderata e uniforme, limitato uso di apparecchiature elettriche e del condizionatore, buona manutenzione del veicolo etc.).

Figura 10-13 Emissioni di CO₂ da trasporti stradali in Italia, andamento storico e scenario tendenziale 2030 (kt CO₂)



Fonte: Primes 2009

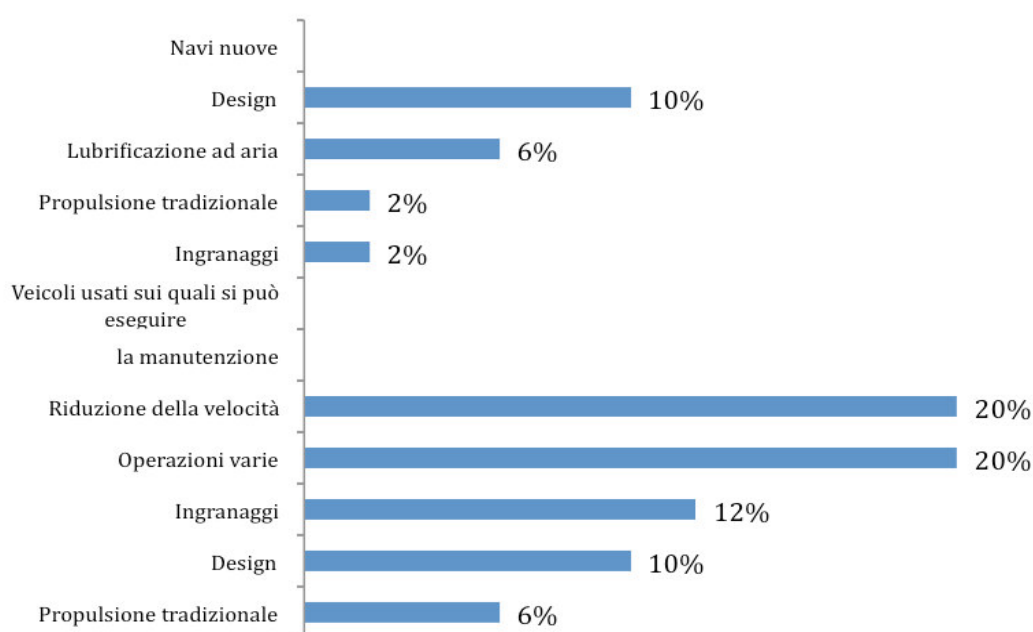
La promozione dell'eco-driving passa attraverso educazione e formazione, ma anche diffusione di tecnologie appropriate. Già oggi esistono alcuni progetti di formazione dei conducenti professionisti per migliorare le capacità di guida in questo senso. Nelle auto di nuova generazione si stanno diffondendo alcune tecnologie utili ai fini di una condotta di guida più sostenibile (come indicatori di cambio marcia, i controlli dei consumi di carburante che mostrano il carburante in tempo reale e la media del risparmio conseguito): secondo alcuni studi una buona dotazione della strumentazione a bordo può far risparmiare anche il 5% di carburante ed emissioni. Seppure difficile da stimare, si può affermare in prima approssimazione che un forte impulso alla guida intelligente, unitamente a una buona manutenzione dell'autovettura, potrebbe portare a ridurre i consumi e le emissioni di CO₂ del 10% -15%. Nel caso dell'Italia, guardando ai veicoli su gomma pubblici e privati, per il trasporto merci e passeggeri, ciò si potrebbe tradurre al 2020 e 2030 nel risparmio di 4-6 Mtep e 11-16 Mt CO₂.

10.5.4. Il settore navale

A livello globale il settore navale pesa per circa il 10% sui consumi energetici dei trasporti, e oltre i quattro quinti di questi consumi derivano dal traffico merci e passeggeri internazionale. La sfida principale in questo settore è quindi di tipo globale e non rientra tra le strategie di riduzione delle emissioni nazionali (nelle quali non viene contabilizzata la parte derivante dal traffico internazionale). Guardando alla situazione italiana, il trasporto navale nelle acque interne, contabilizzato nelle statistiche ufficiali, conta appena per lo 0,6-0,7% dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ nazionali: anche in questo settore è comunque possibile ottenere riduzioni di consumi ed emissioni notevoli in relazione ai valori assoluti. In linea di massima si possono individuare quattro categorie di intervento:

- Progettazione navale: il miglioramento del design delle navi comprende le modifiche della forma dello scafo e dei raccordi, per esempio, l'ottimizzazione delle dimensioni principali che portano ad un incremento dell'efficienza del 10%.
- Miglioramenti del sistema di propulsione: può essere sfruttata l'energia eolica attraverso l'uso di aquiloni, rotori o vele che sono ancora in fase di sperimentazione per le navi commerciali.
- Miglioramenti degli ingranaggi: i miglioramenti degli ingranaggi includono l'ottimizzazione del motore principale, sistemi di recupero del calore di scarto, miglioramento dei sistemi ausiliari e l'automazione. Tali miglioramenti possono portare ad un incremento dell'efficienza del 2%.
- Miglioramento del funzionamento e della manutenzione: la manutenzione di base della superficie dello scafo, per esempio, può aumentare l'efficienza del 3-5%, mentre i rivestimenti dello scafo possono aumentare l'efficienza del 9%. Grazie alla manutenzione delle eliche si possono ottenere guadagni simili.

Figura 10-14 Potenziali delle tecnologie per l'incremento di efficienza per le navi



Fonte: World Economic Forum

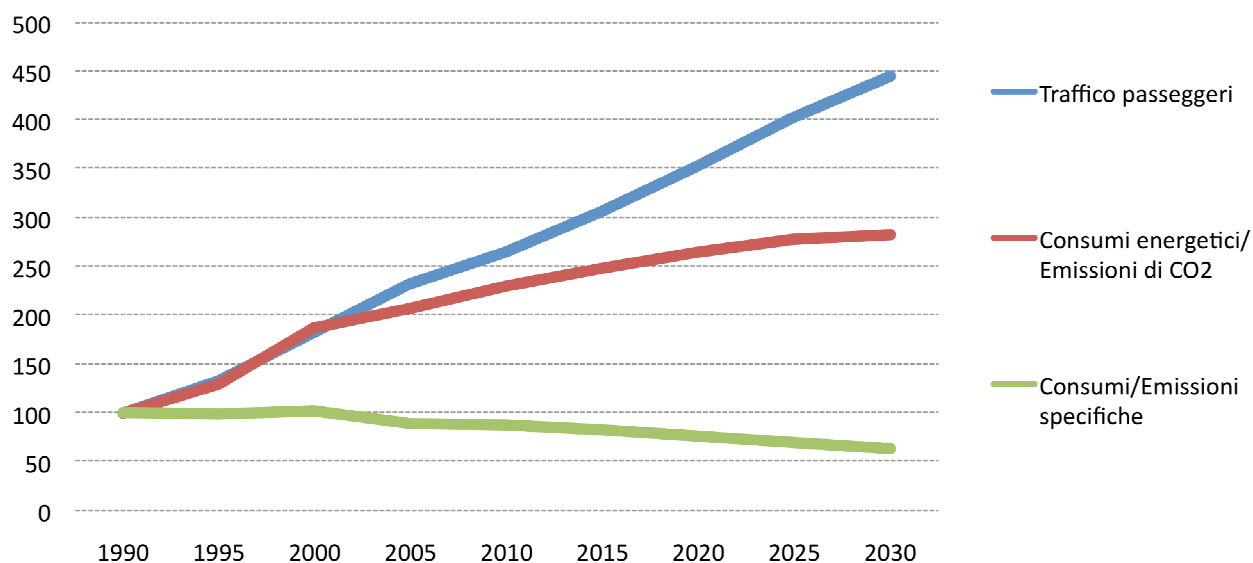
Nel complesso tutte queste tecnologie e i miglioramenti delle operazioni potrebbero aumentare l'efficienza delle navi già esistenti del 40%, e arrivare a un 65% per le navi di nuova costruzione. Per l'Italia questo vorrebbe dire risparmiare almeno 100-150 ktep e ridurre le emissioni di 300-450 kt CO₂.

10.5.5. Il trasporto aereo

Il traffico aereo ha un peso ancora abbastanza limitato sui consumi energetici e sulle emissioni di gas serra, ma il settore è caratterizzato da una dinamica molto forte, che in Italia lo ha portato a raddoppiare le emissioni di CO₂ in meno di vent'anni, superando il 10% delle emissioni del settore trasporti pur soddisfacendo meno del 4% della domanda di traffico nazionale. A fronte di un certo

miglioramento dell'efficienza, con una riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂ per passeggero-km di circa il 12% in vent'anni, questo settore sconta una forte crescita della domanda e secondo lo scenario tendenziale Primes, in linea con le proiezioni elaborate a scala internazionale dalla IEA, nei prossimi vent'anni sarà la modalità di trasporto caratterizzata dal più alto tasso di crescita: stando alle previsioni dello scenario tendenziale Primes, entro il 2020 il traffico aereo supererà quello ferroviario.

Figura 10-15 Andamento storico e scenario tendenziale al 2030 di alcune grandezze caratteristiche del trasporto aereo in Italia (valori indice anno base 1990=100)



Fonte: Primes 2009

Tra tutte le modalità di trasporto, l'aereo presenta le più alte emissioni specifiche, sia per le merci che per i passeggeri. È tuttavia possibile migliorare le attuali prestazioni energetiche e ambientali di questo comparto, lavorando su più fronti. Attualmente i rappresentanti del settore sembrano puntare molto sui biocarburanti, trattato al paragrafo precedente: per una strana coincidenza l'obiettivo del 10% al 2020 corrisponde per l'Italia proprio all'intero consumo del comparto aeronautico.

Oltre ai biocarburanti, esistono margini di intervento significativi che riguardano altri aspetti del trasporto aereo, a cominciare ad esempio dall'ottimizzazione del controllo del traffico aereo e delle operazioni aeroportuali, che negli ultimi decenni hanno consentito notevoli risparmi. Si possono individuare le seguenti categorie:

- **Progettazione aeronautica:** i miglioramenti tecnologici sono possibili su diverse parti dell'aereo: sulla fusoliera, sui motori, sui sistemi etc. L'utilizzo di materiali leggeri e la riduzione del peso delle componenti non essenziali può portare ad una diminuzione del consumo di combustibile pari a circa il 9%.
- **Riduzione della resistenza aerodinamica:** la resistenza aerodinamica di un velivolo in volo deve essere superata dalla spinta del motore. Grazie alla maggiore capacità di calcolo delle simulazioni la conoscenza del comportamento aerodinamico è notevolmente migliorato negli ultimi decenni, permettendo una più efficace ottimizzazione aerodinamica.

- Miglioramento delle prestazioni del motore: ogni nuova generazione di motore ha fornito un miglioramento dell'efficienza che va dal 5% al 15%. In prospettiva riduzioni dei consumi e delle emissioni potrebbero derivare dall'utilizzo di motore aperto, limitatamente ai voli a corto-medio raggio a causa delle velocità di crociera ridotte: questa tecnologia consente infatti di raggiungere un rendimento propulsivo superiore del 90%, contro il 75-80% della tecnologia attuale.

Nel complesso lo sviluppo tecnologico potrebbe portare ad un aumento indicativo dell'efficienza nel settore del trasporto aereo pari al 20-30% nei prossimi vent'anni. Rispetto allo scenario Primes ciò consentirebbe un risparmio di 1-1,5 Mtep e 3-4,5 Mt CO₂.

10.6. Sintesi dei risultati

Quadro 10-I Sintesi dei potenziali di riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto allo scenario di riferimento

Tipologia di intervento	Scenario di intervento	Riduzione attesa delle emissioni di CO ₂ MT
Migliore efficienza carbonica del parco veicolare	Scenario impegno moderato (95g CO ₂ /km al 2030)	9,3
	Scenario impegno elevato (70 gCO ₂ /km al 2030)	13,4
Diffusione auto elettriche e ibride plug-in	Scenario pessimistico (mercato nuovo 2030 al 10%)	0,9
	Scenario moderato (mercato nuovo 2030 al 30%)	2,7
	Scenario ottimistico (mercato nuovo 2030 al 50%)	4,7
	Scenario estremo (mercato nuovo 2030 al 80%)	7,6
Utilizzo di biocarburanti	20% di rinnovabili nei trasporti al 2030 con scenario pessimistico auto elettriche e ibride plug-in	21,1
	20% di rinnovabili nei trasporti al 2030 con scenario moderato auto elettriche e ibride plug-in	19,8
	20% di rinnovabili nei trasporti al 2030 con scenario ottimistico auto elettriche e ibride plug-in	18,4
	20% di rinnovabili nei trasporti al 2030 con scenario estremo auto elettriche e ibride plug-in	16,4
Altre misure di efficientamento su	Veicoli commerciali (leggeri e pesanti)	8 - 11
	Trasporto aereo	3 - 4,5
	Eco-driving (autoveicoli e veicoli commerciali)	11-16