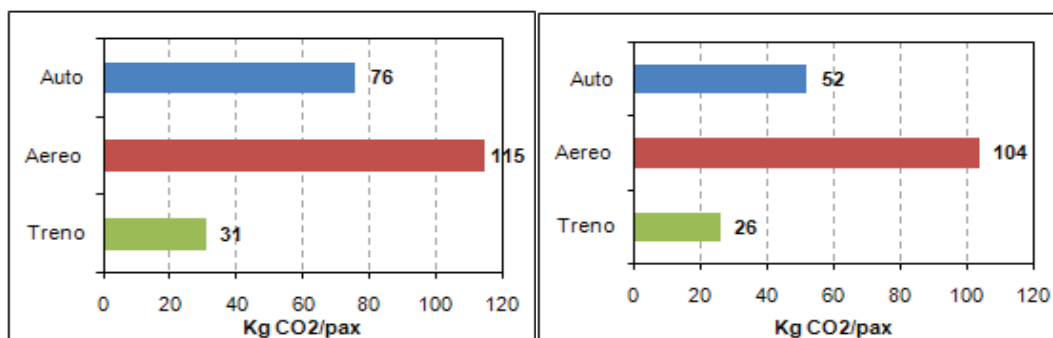




relazione Roma – Venezia il rapporto fra i valori di emissione per unità di traffico è leggermente più favorevole alla modalità stradale rispetto al caso precedente a causa di un minor coefficiente di utilizzazione dei servizi sia aerei sia ferroviari.

Emissione di CO₂ a passeggero per la relazione Napoli – Milano e Roma – Venezia (dati 2008)³



Si osservi come il fattore velocità, caratteristico delle relazioni di studio, non penalizzi le prestazioni dei servizi ferroviari rispetto alla media nazionale, grazie ad un maggiore utilizzazione media della capacità offerta.

ATTUALI LINEE DI TENDENZA DEL TRASPORTO FERROVIARIO IN ITALIA

Negli ultimi vent'anni, lo Stato italiano ha compiuto un rilevante sforzo finanziario per la realizzazione della rete ad Alta Velocità/Alta Capacità, ormai ad un buon livello di avanzamento, con la dorsale Nord-Sud da Torino a Salerno completa, a parte qualche intervento ancora necessario sui nodi. Secondo i dati forniti da FS nel suo ultimo Piano Industriale (2011 – 2016), per l'intera opera sono stati già spesi circa 28 miliardi di Euro, a fronte di un costo complessivo previsto di circa 40 miliardi.

Le principali opere in corso

	Costo a vita intera (Mld €)	Coperture disponibili (Mld €)	Avanzamento al 31.12.2011 (Mld €)	
Nodi	2,5	2,5	1,0	
AV/AC TO-MI-NA	32,0	28,3	28,0	(**)
Completamento rete AV/AC	8,3	1,9	0,2	(*)
Totale principali interventi in corso	42,8	32,7	29,2	

(*) Comprende progetti da realizzare attraverso lotti costruttivi

(**) In corso di attivazione il Project Financing per il completamento delle opere

Fonte: FS

La nuova rete, ad oggi, si estende per circa 720 km, cui vanno aggiunti i 200 km della tratta Roma-Firenze (Direttissima), attiva già dalla fine degli anni '70; il completamento prevede la

³ Il treno potrebbe essere ancora più basso se si considerasse l'attuale livello di emissione del parco elettrico nazionale che è pari a 520 g CO₂/Kwh, contro il valore 640 adottato dall'IFEU.



realizzazione/completamento delle tratte Treviglio (MI) – Padova (188) e Milano – Genova (terzo valico - 53 km).

Anno	Km AV attivati (km)
2005	205
2006	85
2007	54
2008	182
2009	188
2010	n.d.
totale	714

Fonte: Fonti varie

La rete AV/AC, sulla quale vengono realizzati i collegamenti fra i maggiori centri urbani, rende competitivo il modo ferroviario rispetto a quello stradale ed aereo, non solo per i minori impatti energetici e ambientali, ma anche sul piano delle prestazioni del trasporto. Si osservi, per esempio, la riduzione dei tempi di viaggio ottenibile attraverso servizi ad Alta Velocità rispetto a servizi di tipo convenzionale.

Riduzione dei tempi per effetto delle nuove linee AV/AC

Tratta	Tempi attuali sulla rete storica	Tempi su nuove linee	Riduzione % dei tempi per effetto delle nuove linee
Torino-Milano	1h-30'	50'	-44%
Milano-Venezia	2h-43'	1h-25'	-48%
Milano-Bologna	1h-42'	60'	-41%
Milano-Roma	4h-30'	3h	-33%
Torino-Napoli	8h-30'	5h	-41%
Bologna-Firenze	59'	30'	-49%
Roma-Napoli	1h-45'	1h-05'	-38%
Roma-Bari	4h-30'	3h	-33%
Napoli-Bari	3h-40'	2h	-45%

Fonte: FS

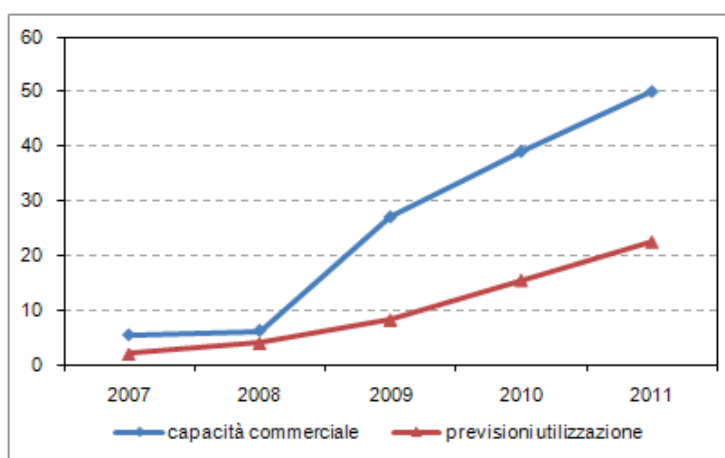
Peraltro, la presenza delle nuove linee aumenta complessivamente la capacità del sistema ferroviario che può quindi più agevolmente supportare anche i segmenti di domanda diversi dalle relazioni fra grandi centri urbani, quali il trasporto regionale e quello merci. Secondo alcune autorevoli stime (E. Cascetta, D. Gentile⁴), ci sarebbe potenzialità per un raddoppio dell'offerta dei treni pendolari sulle linee storiche che, grazie anche ad una maggiore omogeneità del traffico,

⁴ E. Cascetta, D. Gentile "La metropolitana d'Italia per il rilancio del trasporto ferroviario. Ruolo e prospettive del sistema Alta Velocità/Alta Capacità", 2007



potrebbero assumere la caratteristica di veri e propri servizi di “metropolitana regionale” se si pensasse di integrare l'accessibilità della rete attraverso nuove stazioni in prossimità dei centri più popolosi, con investimenti piuttosto limitati e di elevato valore aggiunto. Per quanto riguarda il servizio merci, la domanda potenziale potrebbe essere stimolata con una maggiore attenzione alla qualità dei servizi offerti, che dovrebbero puntare a una maggiore velocità commerciale e affidabilità.

Capacità commerciale e previsioni di utilizzazione sulle linee AV/AC

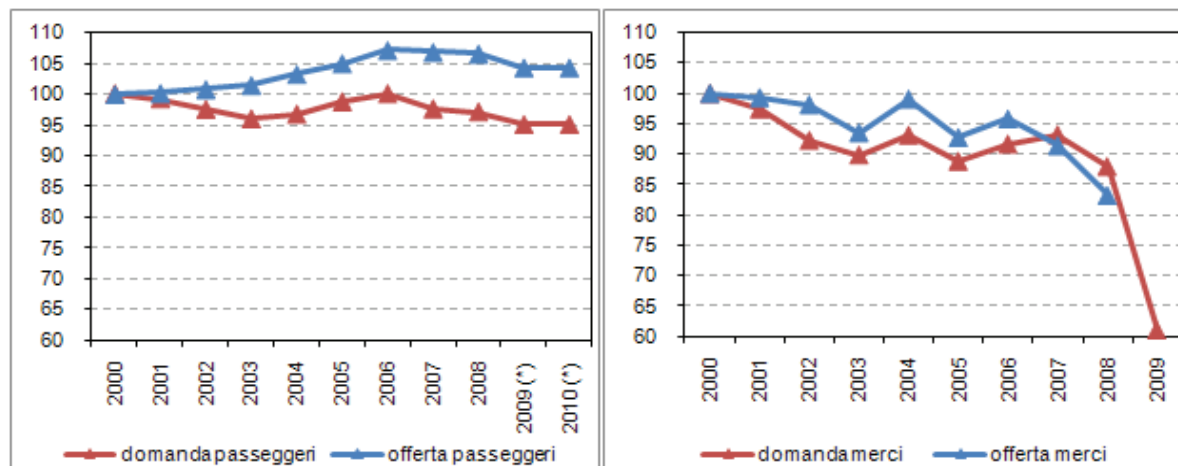


Fonte: E. Cascetta, D. Gentile ⁴.

D'altro canto, gli studi di fattibilità delle linee ad Alta Velocità già ricomprendevano il rilancio del trasporto regionale e merci su ferro tra i benefici essenziali a compensare i costi dell'opera.

A due anni dal completamento della dorsale Salerno-Torino, preceduto da un periodo in cui la linea, pur incompleta, ha tuttavia supportato una certa offerta di treni veloci, si deve registrare purtroppo una riduzione della domanda soddisfatta dal modo ferroviario rispetto ai livelli del 2000, come si evince dal grafico sottostante.

Andamento passeggeri e merci (base 2000) del trasporto ferroviario



Fonte: Elaborazione dati CNIT e Federtrasporti



Come si evince dalla seguente tabella, ancora più significativi dei valori assoluti sono gli andamenti delle quote modali che, pur mediando l'andamento complessivo della domanda, sono anch'esse in calo, in controtendenza con gli obiettivi comunitari e le aspettative interne.

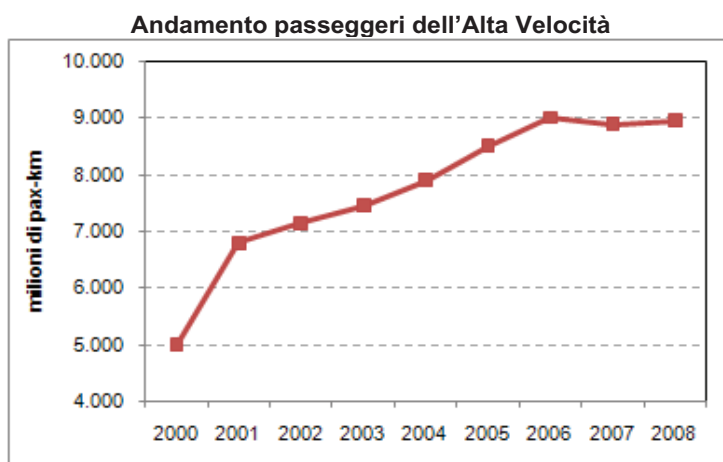
Share modale del trasporto ferroviario sul totale del trasporto di medio-lunga distanza dal 2000 al 2009 (in pax/tonn-km)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Merchi	11,4%	10,4%	9,6%	9,1%	9,5%	9,1%	9,4%	9,3%	8,9%	6,8%
Passeggeri	9,8%	9,6%	9,3%	9,2%	9,0%	8,9%	8,7%	8,4%	8,6%	8,4%

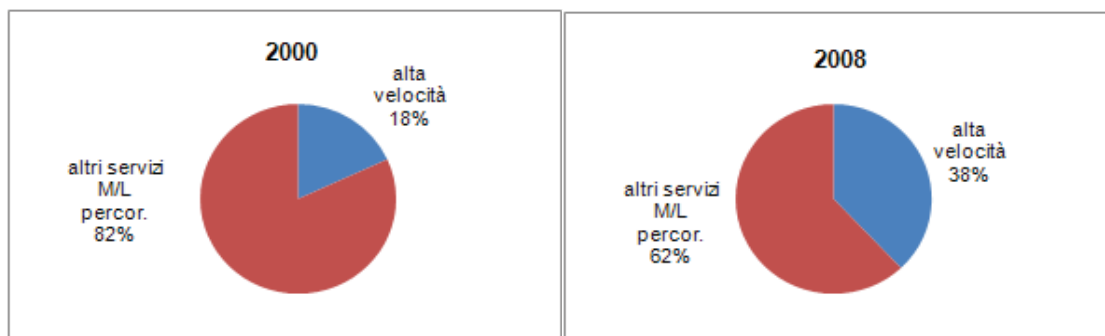
Fonte: Elaborazione ENEA su dati CNIT e ISPRA

Nella tabella non è compresa la domanda servita da Imprese Ferroviarie diverse da Trenitalia senza che ciò modifichi il senso dell'analisi.

Nel caso dei passeggeri, si osserva come sia proprio il segmento della media-lunga percorrenza - dove dovrebbe incidere la presenza dei servizi ad Alta Velocità - a pilotare l'andamento negativo, con una flessione del 13,5% nel periodo considerato, laddove il trasporto regionale subisce un aumento del 13,9%. Va precisato che secondo dati di FS, i servizi a mercato (costituiti soprattutto dai collegamenti AV) stanno "reggendo" bene sia le contromisure della concorrenza aerea sia la contingenza economica sfavorevole, come dimostrano i grafici seguenti.



Ripartizione domanda passeggeri di media-lunga percorrenza

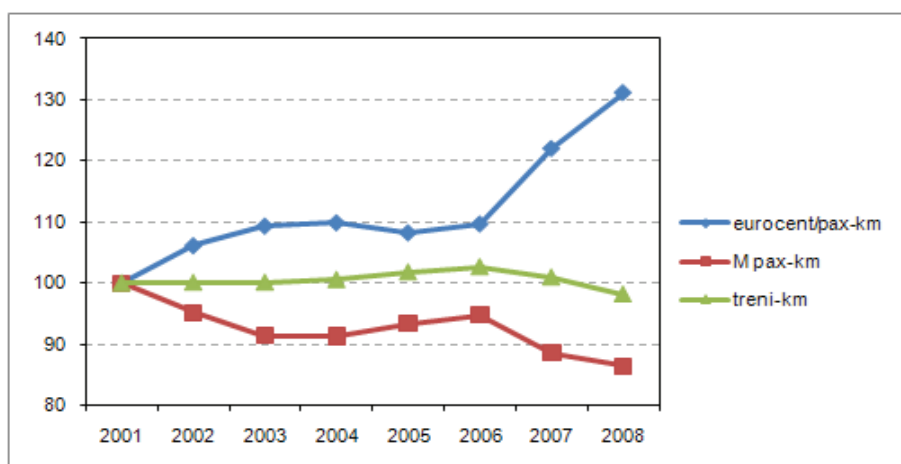




Evidentemente, però, il successo dei servizi AV non è sufficiente a colmare le perdite subite dagli altri segmenti di traffico.

Esaminando i dati contenuti nel grafico seguente, si osserva come proprio dal 2007 il gruppo FS abbia optato per un politica di riduzione complessiva dell'offerta sulla media-lunga distanza, a fronte di un sostanziale aumento delle tariffe praticate, dovuto anche ai maggiori costi di esercizio per il miglioramento della qualità del servizio offerto con l'AV. Vale la pena sottolineare che, nel periodo 2000-2009, la modalità aerea ha incremento i passeggeri-km di circa il 40%, anche grazie alla politica dei prezzi low-cost.

Andamento tariffe, domanda e offerta treni media e lunga percorrenza FS



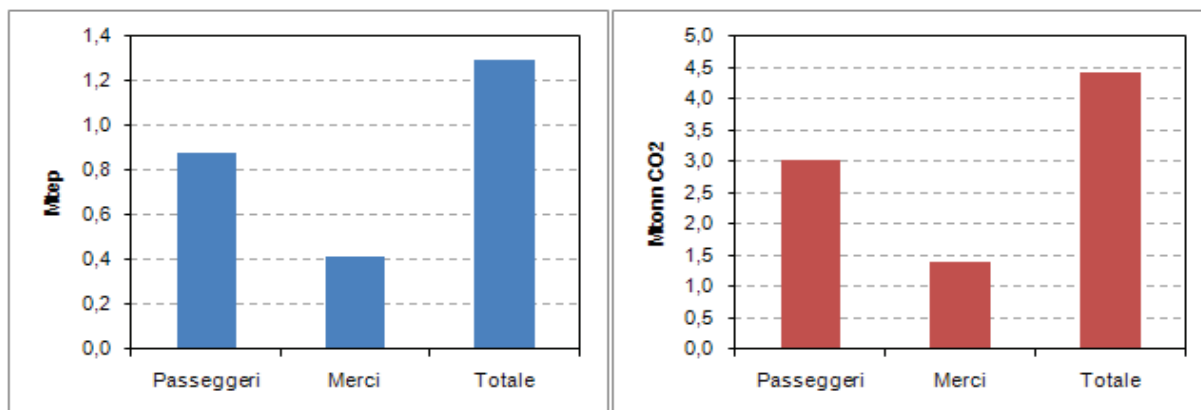
Fonte: elaborazione dati CNIT

D'altro canto anche il nuovo Libro Bianco Comunitario evidenzia la necessità di una ristrutturazione delle tariffe di trasporto che dovrebbero riflettere la composizione dei costi di infrastruttura e delle externalità. Ciò può essere conseguito attraverso una revisione delle accise sui carburanti che devono tener conto del contenuto energetico e di carbonio, e l'applicazione di pedaggi che coprano anche i costi della congestione, dell'inquinamento locale, del rumore e della sicurezza. Inoltre, bisogna introdurre misure per orientare il mercato alla riduzione delle emissioni di CO₂.

RICADUTE ENERGETICHE E AMBIENTALI DI UN POSSIBILE RILANCIO DEL TRASPORTO FERROVIARIO

L'Unione europea promuove, dunque, l'uso della modalità ferroviaria. In particolare, nell'ultimo Libro Bianco la Commissione europea dichiara di voler deviare, entro il 2030, il 30% del trasporto merci su strada di distanza superiore ai 300 km sulle modalità ferroviaria e marittima nel loro complesso. Per quanto riguarda il trasporto passeggeri, non vengono fissati target precisi al 2030, ma viene stabilito che entro il 2050 la maggior parte del trasporto sulle medie distanze dovrebbe avvenire per ferrovia.

A partire da queste indicazioni è stata effettuata un'analisi mirata a quantificare il risparmio energetico e la riduzione delle emissioni climalteranti che potrebbero essere conseguiti nel 2030, se gli obiettivi comunitari fossero perseguiti per il caso nazionale, considerati i valori specifici di consumo ed emissione riportati in precedenza. I risultati di tale analisi sono riportati nei grafici seguenti.

**Risultati elaborazioni: risparmio energetico e riduzione di emissione di CO₂**

Le assunzioni alla base della stima sono le seguenti:

- che la domanda di trasporto segua le linee di tendenza delineate all'interno delle ultime previsioni della Direzione Generale Energia della Commissione Europea per lo scenario di riferimento⁵;
- che il 30% del traffico merci stradale su distanze superiori ai 300 km venga spostato su mare e su ferro, in egual misura su ciascuna delle due modalità;
- che il traffico ferroviario passeggeri acquisisca dalle modalità stradale e aerea un volume di traffico pari a quello registrato nel 2007, prima che la crisi economica facesse sentire i suoi effetti sulla mobilità;
- che, per tutte le modalità di trasporto considerate (strada, ferro, aereo, mare)⁶, da oggi al 2030 i consumi specifici si riducano di circa 20 punti percentuali.

Nel complesso, quindi, il risparmio energetico conseguibile si attesterebbe intorno a 1,3 Mtep/anno, a fronte di una riduzione delle emissioni di gas serra pari a circa 4,4 M tCO₂/anno. Si tratta di valori di tutto riguardo che corrispondono a più del 5% degli attuali consumi e quasi al 6% delle attuali emissioni di CO₂ del trasporto extraurbano. Riduzioni dello stesso ordine di grandezza sono da attendersi anche per le emissioni degli inquinanti atmosferici tipici del trasporto stradale (ossidi di azoto e particolato in primis).

Tali risultati trascurano i benefici energetici ed ambientali derivanti dal decongestionamento della rete stradale che, tuttavia, per il contesto extraurbano coinvolto, è di scarsa rilevanza. D'altro canto, però, la minore congestione stradale, così come peraltro una maggiore sicurezza del trasporto, sono benefici di una politica di promozione del trasporto ferroviario che vanno sommati a quelli energetici e ambientali come valori a se stanti, tutt'altro che trascurabili.

⁵ EU Energy Trends to 2030, reference scenario update 2009

⁶ Per quanto riguarda il trasporto su strada, sono attesi effetti di efficientamento del parco autoveicoli grazie ai target di emissione specifica sui veicoli di nuova commercializzazione introdotti dal regolamento CE 443/2009 e all'adozione di nuovi provvedimenti comunitari per il parco autocarri; per quanto riguarda il trasporto ferroviario, sono prevedibili misure di risparmio energetico da parte degli operatori del settore (vedi anche cap. successivo) e una maggiore efficienza dei processi di produzione dell'energia elettrica; per il trasporto marittimo l'IMO sta introducendo parametri di efficienza delle navi e le Compagnie di Navigazione sono sempre più attente ad adottare misure operative di contenimento dei consumi per ridurre l'impatto del caro-petrolio; per il trasporto aereo, infine, sono attese positive ricadute sull'efficienza energetica e ambientale per l'inclusione di tale settore all'interno dei meccanismi di Emission Trading dei gas-serra (Dir. 101/2008), anche se per il momento relativi solo ai traffici internazionali.

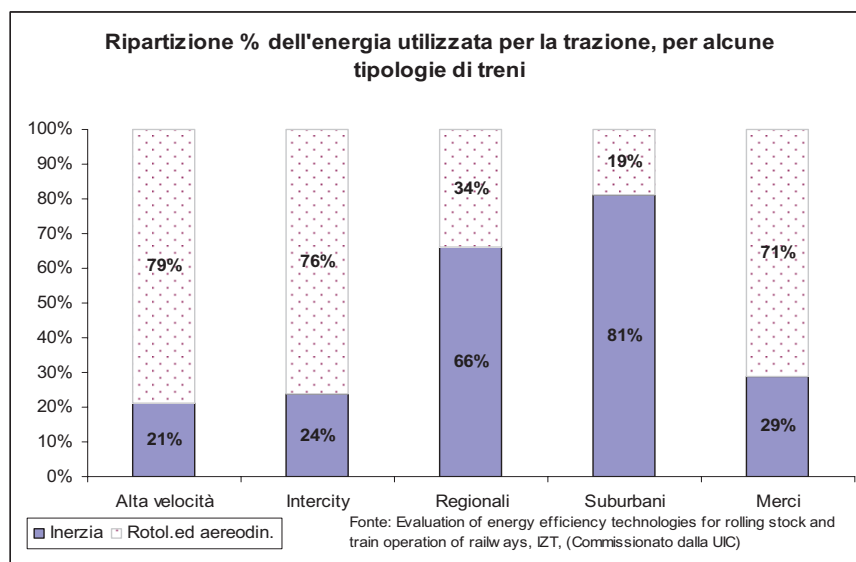


LE TECNOLOGIE PER IL RISPARMIO ENERGETICO NEL SETTORE FERROVIARIO: ACCUMULO ELETTRICO E FRENATURA RIGENERATIVA⁷

Nella figura che segue sono riportate 5 diverse classi di servizio ferroviario. Per ciascuna di esse si è valutata la tipica ripartizione della domanda finale di energia.

Per i treni regionali e suburbani una percentuale molto alta dell'energia richiesta è utilizzata per vincere l'inerzia in fase di accelerazione e si trasforma perciò in energia cinetica del convoglio.

Ripartizione % dell'energia utilizzata per la trazione, per alcune tipi di treni



Nei treni a trazione elettrica, grazie alla reversibilità dei motori/generatori, questa energia può essere, almeno in parte, restituita al sistema e reimmessa in rete, purché si realizzi una delle seguenti ipotesi:

- in linea ci sia un altro treno ad utilizzarla (sistemi in continua o a frequenza ferroviaria);
- le sottostazioni di alimentazione siano reversibili.

La presenza in sottostazione o a bordo del treno di un accumulo elettrico rende invece possibile il recupero di energia in modo indipendente dalle caratteristiche della linea, che può essere anche non elettrificata, purché naturalmente la trazione sia diesel-elettrica.

La prima sperimentazione dell'uso di un sistema di accumulo elettrico in sottostazione è stata condotta in Germania con l'impiego di supercondensatori in una stazione della metropolitana di Colonia, dimostrando una buona efficienza energetica con una riduzione dei consumi del 23% rispetto ai valori iniziali. Il sistema ha preso il nome di SITRAS ed è stato poi commercializzato dalla Siemens ed installato su altre linee metropolitane. Queste sono caratterizzate dalla presenza di fermate ravvicinate, ma non sempre è possibile la frenatura elettrica a recupero perché solo in un 20% dei casi - secondo uno studio del Politecnico di Milano - quando un mezzo frena ce n'è un altro in fase di accelerazione nel tratto servito dalla medesima sottostazione.

⁷ Volume ENEA "Sistemi di propulsione elettrica ed ibrida" (Gianpiero Brusaglino, Giovanni Pedè, Emilio Vitale - 2009).



Sono stati quindi recentemente proposti accumuli elettrici “on board”, di diverso tipo, per le categorie treni regionali e suburbani, per le quali è massima l'utilità del recupero d'energia, cui si aggiunge la possibilità di partenza dalle grandi stazioni cittadine - lì dove la trazione diesel inquina in misura rilevante - in solo elettrico, grazie ad un opportuno dimensionamento del pacco batterie.

La East Japan Railway ha ibridizzato una automotrice diesel-elettrica (2 motori di trazione da 120 kW nominali), aggiungendo al sistema di trazione diesel delle batterie litio-ioni. Dalle prove, il risparmio di combustibile è risultato del 20% circa, senza considerare i vantaggi ambientali e la possibilità di marcia autonoma (con le sole batterie) di 5 km. Nel luglio 2007, tre convogli KIHA-E200, ciascuno formato da due automotrici ibride di questo tipo, sono entrati in regolare servizio commerciale. In Europa un sistema analogo è stato proposto da Bombardier per automotrici e tram, quest'ultimo sperimentato in Germania, e dalla Hitachi per il Regno Unito. La GE ha proposto infine una versione ibrida delle sue locomotive Classe Evolution, da 4400 HP.

Anche le FFSS avevano studiato, pochi anni fa, una analoga rimotorizzazione delle automotrici diesel Aln 668, le cui prestazioni (calcolate), prima e dopo la modifica, sono illustrate in tabella:

Evoluzione delle prestazioni dell'automotrice Aln 668 rimotorizzata

ALN668	Convenzionale	Ibrido
<i>Fuel Cell</i>	-	-
<i>Motori Diesel</i>	2 × 205 kW	2 × 150 kW
<i>Accumulo elettrico</i>	-	16 × moduli ZEBRA
<i>Combustibile</i>	600 litri (gasolio)	700 litri (gasolio)
<i>Peso a carico normale (tonn)</i>	40,6	44,5
<i>Autonomia (km)</i>	700	1000
<i>ad emissioni nulle (km)</i>	-	30
<i>Consumi [kg/km]</i>	> 0,5 (gasolio)	0,39 (gasolio)
<i>Emissioni</i>		
<i>CO₂ [kg/km]</i>	> 1,5	1,2
<i>NO_x [g/km]</i>	> 22,5	8,3
<i>HC [g/km]</i>	> 1,5	0,02
<i>CO [g/km]</i>	> 5,7	0,22
<i>PM [g/km]</i>	non disponibile	0,013

Fonte: Trenitalia

Come può vedersi, il vantaggio delle versioni ibride in termini di riduzione dei consumi energetici è importante (>20% per quella con motogeneratori, un valore analogo a quello misurato sul prototipo giapponese) e lo è anche in termini ambientali. Infatti le automotrici rimotorizzate affiancano a ridotte o nulle emissioni in ambiente extraurbano, capacità di marcia in solo elettrico in ambiente urbano.

Altre applicazioni dei sistemi di accumulo elettrico ai sistemi di trazione su rotaia si sono avute per i locomotori di manovra, che impegnano una potenza media che è solo una piccola frazione di quella massima necessaria. In questi casi l'accumulo elettrico, “spianando” i picchi di potenza, consente di usare un motore diesel dimensionato per la potenza media giornaliera e quindi molto più piccolo e meno costoso del motogeneratore del diesel-elettrico tradizionale, necessariamente dimensionato per la potenza di picco.



In queste locomotive, infatti, se è notevole la potenza richiesta all'avviamento, la velocità massima e la potenza media oraria sono ridotte; inoltre è in genere basso anche il duty-cycle (tempi di fermata lunghi rispetto al totale), per cui la potenza media su base giornaliera è ancora minore.

Poiché con questo dimensionamento il motore funziona per un tempo maggiore in condizioni più vicine alla condizione di minimo consumo specifico, il rendimento medio di trazione (calcolato durante tutta la missione, compresi quindi i transitori ed il funzionamento al minimo) migliora e si riducono consumi ed emissioni.

È questo il caso del locomotore ibrido proposto dall'Alstom, sostituendo il motore diesel originario con uno molto più piccolo, che marcia in condizioni ottimali, abbinato a batterie al piombo. Nell'esercizio del locomotore si sono infatti ottenute significative riduzioni delle emissioni gassose (del 40% quelle di NO_x e del 60% per il particolato), del rumore (-15 dB) e dei consumi di combustibile (circa il 40%).