

Efficienza energetica e decarbonizzazione nel settore dei trasporti

L'efficienza energetica ha un ruolo centrale per il raggiungimento dei target di decarbonizzazione nel sistema dei trasporti attraverso l'evoluzione della domanda di mobilità e il miglioramento delle prestazioni del parco circolante. Infatti, con circa 35 Mtep consumati ogni anno, questo settore incide per oltre il 30% sul fabbisogno annuo complessivo del nostro Paese ed è responsabile di circa un terzo delle emissioni totali annue di CO₂ del settore energetico.

DOI 10.12910/EAI2020-085

di Bruno Baldissara, Unità Studi, Analisi e Valutazioni, Maria Lelli, Maria Pia Valentini, Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità Sostenibile, ENEA

Il settore dei trasporti, con circa 35 Mtep di energia consumati ogni anno (esclusa aviazione e navigazione internazionali, dati MISE [1]), incide per oltre il 30% sul fabbisogno energetico annuo complessivo del nostro Paese ed è responsabile di circa un terzo del totale emissioni annue di CO₂ derivanti dal settore energetico (dati CRF [2]). Ne consegue un ruolo centrale per il raggiungimento dei target di decarbonizzazione di medio-lungo periodo, per il contributo che il settore può dare sia agli obiettivi di efficienza energetica, che alla diffusione delle rinnovabili, senza tralasciare il ruolo nelle politiche per il miglioramento della qualità dell'aria in ambito urbano.

I consumi di energia del settore dei trasporti in Italia

Per effetto della crisi economica del 2008, i consumi finali di energia del settore trasporti si sono ridotti in maniera importante, passando da circa 42 Mtep medi del triennio 2005-2007 a meno di 36 Mtep nel 2013, oltre 1 Mtep in meno

l'anno (dati MiSE [1], esclusa navigazione e aviazione internazionali, Figura 1). Nel corso dei successivi anni, con la ripresa pur modesta dell'economia italiana, i consumi energetici del settore si sono poi attestati sui 35 Mtep l'anno mediamente nel triennio 2106-18; secondo le stime ENEA (Analisi Trimestrale 1/2020 [3]) anche nel corso del 2019 il fabbisogno sarebbe sostanzialmente sui livelli dell'anno precedente. **In termini di contributi sub-settoriali,**

al trasporto stradale, che rappresenta oltre il 90% del totale consumi trasporti, va imputata buona parte della riduzione della domanda di energia negli anni della crisi, pari a circa 6 Mtep tra 2007-2013. Più nel dettaglio, i consumi stradali si sono ridotti di oltre il 15% tra il 2007 ed il 2013, per poi muoversi su una traiettoria più stabile sui 33 Mtep. Per quanto riguarda il trasporto aereo (solo aviazione domestica, dati MiSE [1]), dopo il calo degli anni della crisi (-15% tra la media del 2005-2007 ed il 2014), i consumi sono ritornati a crescere nel successivo quinquennio, di oltre un terzo nel 2018 rispetto al 2014 (le stime ENEA confermano il trend di crescita anche per il 2019). Sul lato domanda, sia la mobilità passeggeri che merci sono state segnate da decisi cali nel corso degli anni della crisi economica e da una ripresa nei successivi anni. Per quanto riguarda la mobilità passeggeri (Figura 2), pari a circa 900 miliardi di passeggeri/km anno medi tra il 2005 ed il 2008 (dati Odyssee [4]), dopo il calo fino ai livelli minimi del 2012-2013 (-14%), la domanda è tornata

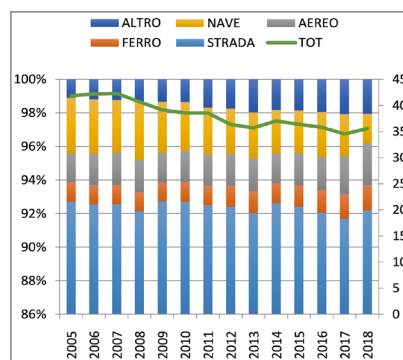


Fig. 1 Consumi finali di energia da trasporti in Italia, totale (Mtep a dx) e per modalità (in %, a sin)

a crescere arrivando a fine 2018 sui livelli pre-crisi. Nello stesso orizzonte temporale di analisi la domanda di trasporto su strada risulta in lieve calo rispetto ai livelli pre-crisi (-1%), mentre quella su aereo e ferro è stimata in aumento, rispettivamente del 40% e del 7%. Si sottolinea come questi aumenti di traffico abbiano determinato solo in parte incrementi di consumi energetici, dal momento che soprattutto nel settore aereo c'è stato un significativo miglioramento dell'efficienza energetica, legato al rinnovo delle flotte e alle politiche per il riempimento degli aeroplani. Per quanto riguarda la **movimentazione delle merci** (Figura 3), circa 270 miliardi di tonnellate/km anno tra il 2005-2007 (dati Odyssee [4]), se ne registra un calo fino al 30% tra il 2014 ed il 2015; nonostante la ripresa degli anni successivi, a fine 2018 i livelli sono inferiori ancora di circa un quarto rispetto ai livelli pre-crisi. Più nel dettaglio, a fronte del calo del trasporto merci su strada e su ferro (-40% e -20% rispettivamente), si segnala un aumento traffico merci su nave, che non ha comportato un corrispondente aumento di consumi navali. Anche in questo caso, come per la modalità aerea, l'incremento del Load Factor, incentivato da politiche quali il Marebonus, ha prodotto ottimi risultati in termini di efficienza energetica. Infine, il trasporto ferroviario, che comunque rappresenta volumi di traffico marginali rispetto alla strada, ha da sempre prestazioni energetiche migliori rispetto agli

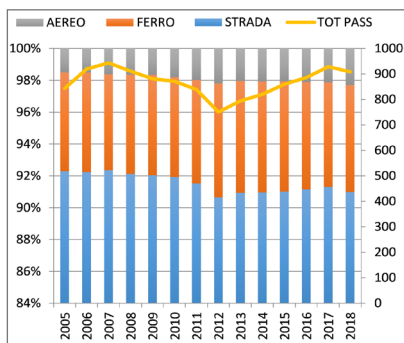


Fig. 2 Domanda mobilità passeggeri in Italia, tot (Gp/km, dx) e per modalità (%), sin

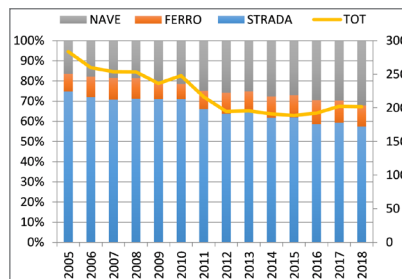


Fig. 3 Domanda mobilità merci in Italia, tot (Gt/km, dx) e per modalità (%), sin

altri modi, soprattutto nel settore delle merci, dove sta recuperando quote di mercato grazie anche a politiche di incentivazione del trasporto intermodale.

Efficienza e trasporto stradale

In riferimento al solo trasporto stradale, sulla base dei dati di consumo energetico e dei dati di mobilità in termini di veicoli/km (fonte ISPRA [5]), emerge come il consumo specifico si sia ridotto nel corso dell'ultimo decennio, ad un ritmo inferiore all'1% medio annuo (Figura 4): a fronte della ripresa del traffico stradale, i consumi sono rimasti infatti sostanzialmente costanti, dopo gli anni di crisi (Figura 5). Dalla Figura 6 emerge inoltre la progressiva riduzione delle emissioni medie specifiche delle autovetture di nuova immatricolazione: dopo il lungo periodo di riduzioni che aveva portato le emissioni medie del nuovo immatricolato dai 118 g CO₂/km di inizio 2014 ai 112,5 di fine 2017, nel 2018 e 2019 si era assistito ad una inversione di tendenza, con incrementi superiori al 2% annuo (dati UNRAE [6]). Nel corso del 2020 le

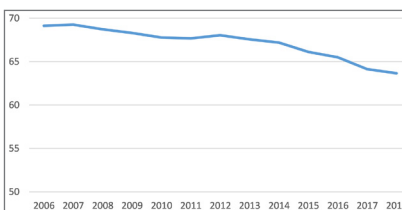


Fig. 4 Consumi specifici energia finale trasporto stradale (media tre anni, gep/veic*km), dati ISPRA
Nota: gep = grammi equivalenti di petrolio

emissioni medie specifiche, pari a circa 108 gCO₂/km, sono tornate a scendere (circa il 9%), rispetto ai livelli del 2019, ma sembrano tuttavia ancora lontane dal target di 95 gCO₂/km del 2021. Il risultato dell'ultimo biennio 2018-19 pare essere legato alla ripresa delle vendite di auto a benzina e a una massiccia diffusione di veicoli di grandi dimensioni. **Elemento di preoccupazione per la decarbonizzazione del settore è poi rappresentato dal lento tasso di rinnovo del parco veicolare:** dopo che nel 2019 i volumi di vendita si erano assestati sugli stessi livelli dell'anno precedente (+0,3%), successivo al calo del 2018 (-3% rispetto al 2017), nei primi nove mesi del 2020 il mercato delle nuove immatricolazioni ha subito un crollo senza precedenti, per effetto delle restrizioni imposte dalle misure di contenimento dell'emergenza sanitaria: meno di 1,4 milioni autovetture, -28% rispetto ai livelli di vendite del 2019 (dati ANFIA [7]). Inoltre, se nel corso del triennio 2015-2017 si era assistito ad un **disaccoppiamento tra consumi e traffico** (consumi in aumento più moderato rispetto al traffico), in concomitanza con l'accelerazione del ricambio del parco auto e la riduzione delle emissioni medie del circolante, nel successivo biennio 2018-2019 tale disaccoppiamento sembra invece essersi indebolito, in concomitanza con una fase di rallentamento del tasso di rinnovo del parco e delle emissioni specifiche medie (ENEA [3]).

Elettrificazione del trasporto stradale

L'elettrificazione del trasporto stradale opera nella direzione di una maggiore sostenibilità grazie ad una elevata efficienza energetica dei veicoli e alla possibilità di utilizzare energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, almeno in parte (ENEA, [8]). Il contributo dell'elettrificazione del trasporto stradale privato al conseguimento degli obiettivi di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni climateranti è previsto in seno al PNIEC in una quota di 6 milioni di veicoli elettrici al 2030, di cui 4 milioni elettrici

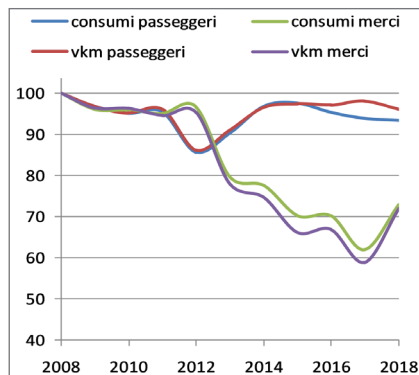


Fig. 5 Andamento del traffico e consumi finali di energia trasporto stradale, elaborazioni su dati ISPRA (2008=100)

puri (BEV - Battery Electric Vehicle) e la restante parte in veicoli ibridi “plug-in” ossia ricaricabili. I veicoli elettrici non trovano ancora ampia diffusione a causa di bassa autonomia, elevato prezzo d’acquisto e scarsa diffusione delle stazioni di ricarica sebbene il trend delle vendite negli ultimi anni sembri andare incontro alle ottimistiche previsioni del PNIEC. L’autonomia dei veicoli elettrici è legata alla quantità di energia che è possibile immagazzinare nel sistema d’accumulo che essendo il componente più costoso, riveste un peso importante nel costo complessivo del veicolo. La tecnologia per l’accumulo attualmente impiegata nel settore automotive è basata sulla chimica del litio, più precisamente litio-ione, che si prevede essere quella predominante anche per i prossimi anni, fino a quando non saranno disponibili nuove tipologie di batterie, capaci di superare i limiti attuali. L’incremento della densità energetica, a parità di peso del sistema d’accumulo, favorirà un aumento dell’autonomia ed una minore richiesta di spazio a bordo per la collocazione della batteria. Il trend di sviluppo previsto per le batterie prevede l’utilizzo del Silicio all’anodo e la riduzione della percentuale di Cobalto (materiale critico) al catodo, accrescendo, nel contempo, la quota del Nichel (Progetto europeo “3beLiE-

Ve”, coordinato dall’Austrian Institute of Technology, per lo sviluppo di celle Litio-Nickel-Manganese (LNMO) prive di cobalto che vede anche la partecipazione di ENEA). Le successive generazioni di batterie si baseranno sull’uso di elettrolita allo stato solido e l’implementazione di altre tecnologie, come la Litio-Zolfo (Li-S) e la Li-aria (Li-O₂). L’introduzione di nuovi concetti di progettazione dei pacchi batterie e la riduzione dei costi in conto capitale e di fabbricazione, grazie all’aumento del volume delle vendite di veicoli elettrici, contribuiranno a ridurre ulteriormente il costo delle batterie nel prossimo futuro. Tale costo, superiore a 1.000 \$/kWh nel 2010, è sceso fino a 156 \$/kWh nel 2019. In accordo alle ultime previsioni effettuate dalla Società di Consulenza BloombergNE, entro il 2023 il costo medio delle batterie sarà intorno a 100 \$/kWh, valore che è identificato dalla comunità scientifica come il target da perseguire per colmare il divario di costo tra i veicoli elettrici e quelli convenzionali.

Il nodo della ricarica

Al 2030 i 6 milioni di veicoli elettrici previsti in circolazione potrebbero richiedere circa 10 TWh aggiuntivi, pari al 3% del consumo attuale, compatibile con lo sviluppo della rete di generazione. Tuttavia la diffusione della mobilità elettrica richiede un adeguamento della rete di distribuzione a causa dell’innalzamento dei picchi di potenza, specie se si punterà sulle modalità di ricarica rapida. La possibilità di ricaricare la batteria in breve tempo potrebbe in parte compensare un’autonomia limitata ma richiede infrastrutture di ricarica ad elevata potenza e sistemi di accumulo a bordo veicolo in grado di accettare elevati ratei di corrente garantendo, nel contempo, adeguati livelli di sicurezza: fra i target di sviluppo delle batterie, infatti, s’intende migliorare la prestazione di ricarica veloce, dimezzando il tempo richiesto, ossia passando dagli

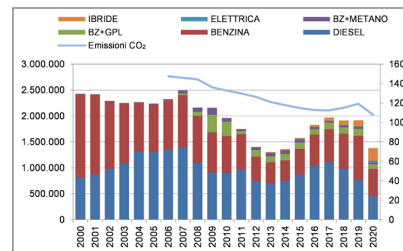


Fig. 6 Nuove immatricolazioni vetture e coefficiente medio specifico emissioni

attuali 30 a 12 minuti. A tal riguardo è opportuno sottolineare che la maggior parte dei viaggi giornalieri ha percorrenza limitata ed i tempi in sosta sono di svariate ore: si tratta di condizioni che favoriscono la realizzazione di una rete di ricarica, privata e pubblica, a potenze contenute, capace di soddisfare la maggior parte delle richieste quotidiane. **Le ricariche rapide e ultrarapide rivestono un ruolo importante in alcuni casi, come ad esempio i trasferimenti lunghi;** le relative infrastrutture andrebbero idoneamente collocate ed eventualmente supportate con sistemi di buffer elettrico, in relazione alle elevate potenze di picco richieste. **In generale, lo sviluppo della rete di ricarica non deve gravare sulla rete elettrica nei punti ove possono realizzarsi fenomeni di incapienza della domanda con conseguenti interventi onerosi di potenziamento della rete di distribuzione.** È opportuno altresì favorire le soluzioni di “smart charging” per livellare i carichi e gestire in maniera ottimale la potenza disponibile, soprattutto in presenza di un elevato numero di punti di ricarica. Le possibilità di integrazione dei sistemi di accumulo veicolare evidenziano il contributo che i veicoli stessi possono offrire alla rete attraverso i sistemi di ricarica “V2X” (Vehicle to Grid, Vehicle to Home e Vehicle to Vehicle), dove il veicolo diviene parte attiva del sistema scambiando in modalità bidirezionale energia con la rete, l’abitazione (o ufficio) e altri veicoli.

Il paradigma ASI per ridurre consumi fossili ed emissioni nei trasporti

Il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) e l'Agenzia Europea dell'ambiente (EEA) hanno definito un paradigma entro cui è possibile ricondurre tutte le possibili strategie di intervento per il contenimento delle emissioni carboniche (e quindi dei consumi fossili) del settore trasporti; tale paradigma prende il nome dall'acronimo ASI che sta ad indicare i tre indirizzi strategici individuati dalle due organizzazioni internazionali:

1. Avoid/Reduce: evitare gli spostamenti non necessari e ridurre le percorrenze di quelli ineliminabili
2. Shift: Spostare la domanda di modalità verso le modalità di trasporto più efficienti
3. Improve: migliorare le performance del trasporto nelle diverse modalità

Il primo obiettivo rientra nella sfera del governo della domanda, così come il terzo attiene più specificatamente al controllo dell'offerta (mezzi, infrastrutture e reti di servizi); il secondo si colloca in posizione intermedia, in quanto può essere perseguito sia attraverso strumenti di governo della domanda sia attraverso politiche di offerta.

Gli strumenti a disposizione dell'Amministrazione sono molteplici, e vanno dall'informazione e formazione alla pianificazione territoriale, dalla regolazione normativa alle leve economiche e alla promozione dell'innovazione tecnologica.

La Tabella 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 relativi.

Obiettivo tattico	Possibili misure	Ambiti d'intervento
Ridurre il numero degli spostamenti passeggeri	Promozione lavoro a distanza e tele servizi	Organizzazione del lavoro e dell'erogazione dei servizi
Ridurre la percorrenza media degli spostamenti passeggeri	Riorganizzazione delle funzioni urbane	Pianificazione territoriale
Ridurre la percorrenza media delle merci	Promozione della filiera corta delle merci	Politiche dei prezzi e fiscalità
	Ottimizzazione dei viaggi e dei carichi	Incentivi alla riorganizzazione del trasporto merci

Tab. 1 Contenimento dei volumi di traffico: obiettivi, possibili misure e ambiti d'intervento

BIBLIOGRAFIA

1. MiSE, Bilanci energetici formato Eurostat (<https://dgsaie.mise.gov.it/ben.php>)
2. UNFCCC, Inventario Nazionale Emissioni CRF (<https://unfccc.int/documents/223564>)
3. ENEA, Analisi Trimestrale del Sistema Energetico Nazionale (<https://www.enea.it/it/seguici/publicazioni/analisi-trimestrale-del-sistema-energetico-italiano/analisi-trimestrale-del-sistema-energetico-italiano>)
4. Odyssee MURE (<https://www.indicators.odyssee-mure.eu/energy-efficiency-database.html>)
5. ISPRA (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/dati-transporto-stradale/view>)
6. UNRAE (<http://www.unrae.it/dati-statistici/immatricolazioni/tag/immatricolazioni>)
7. ANFIA (<https://www.anfia.it/it/dati-statistici/immatricolazioni-italia>)
8. ENEA, Audizione Commissione VI (Finanze) della Camera dei Deputati, Roma 14 ottobre 2020