



Policy Brief

ISSN: 2281-5023

CiMET

Centro Universitario Nazionale
di Economia Applicata - dal 2005

TITLE . Verso una mobilità decarbonizzata: ostacoli, policy e buone pratiche

ABSTRACT . L'elevata quota di emissioni climalteranti di cui è responsabile il settore dei trasporti, lo rende un oggetto primario delle politiche europee per il raggiungimento della neutralità climatica al 2050 e la transizione verso una mobilità totalmente sostenibile. I vari ambiti che connotano il settore dei trasporti presentano leve di intervento differenti, ma, nella loro complessità, tutte equamente valide per arrivare alla decarbonizzazione della mobilità nazionale ed internazionale. Lo scenario italiano si caratterizza per una serie di problematiche e storie di successo degne di un approfondimento a sé stante. Questo Policy Brief presenta, in una prima parte, le principali direttrici di intervento della mobilità sostenibile, declinando in maniera sintetica per ciascuna gli impatti emissivi per il Paese. Si esamina poi in maniera più approfondita la mobilità leggera in Italia, in termini di barriere che potrebbero ostacolarne l'elettrificazione, quale uno dei principali interventi di decarbonizzazione. Le sezioni successive propongono una rassegna delle principali iniziative di policy europee (a partire dal Green Deal) e nazionali (principalmente declinate dal Green Deal) a supporto della decarbonizzazione del settore dei trasporti nella sua interezza, nonché uno studio delle best practices di enti italiani privati e pubblici legate ai trasporti locali, privati, marittimi e aerei. Alcune riflessioni conclusive con raccomandazioni di policymaking completano il brief.

KEYWORDS . Mobilità, Trasporti, Decarbonizzazione, Elettrificazione, Barriere, Politiche, Best Practice

AUTHORS . **OLENA LIAKH**
Università degli Studi di Bologna e CiMET
olena.liakh@unibo.it

ELENA PRODI
Università degli Studi di Macerata e CiMET
elena.prodi@unimc.it

Working Paper CiMET / Policy Brief 18/2023

Working Paper CiMET/Policy Brief are part of the c.MET05 Working Papers Series. They have a special synthetic format and they are circulated for policy discussion and comment purposes. They have not been peer-reviewed or been subject to the review by the CiMET Board of Directors.

© 2023 by **Olena Liakh and Elena Prodi**. All rights reserved. Short sections of text, not to exceed two paragraphs, may be quoted without explicit permission provided that full credit, including © notice, is given to the source.

Verso una mobilità decarbonizzata: ostacoli, policy e buone pratiche

Olena Liakh and Elena Prodi

Decarbonizzazione della mobilità e tecnologie abilitanti

Gli obiettivi di neutralità carbonica prospettati dall'Accordo di Parigi hanno imposto ai governi e alle istituzioni di agire con urgenza per ridurre la produzione e l'impiego dei combustibili fossili e le emissioni climalteranti che ne derivano. Tra le molteplici traiettorie da perseguire a questo scopo, la decarbonizzazione del settore della mobilità e dei trasporti rappresenta un percorso necessario. Infatti, il settore dei trasporti contribuisce massicciamente alla produzione di emissioni, rappresentando la seconda causa di inquinamento atmosferico nelle aree urbane dopo le operazioni di riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Si consideri che, in Italia, il settore dei trasporti era responsabile nel 2019 (ultimo anno pre-Covid) di esattamente un quarto delle emissioni totali di gas ad effetto serra e del 30,7% delle emissioni totali di CO₂. Il 92,6% di tali emissioni sono attribuibili al trasporto stradale (Mims 2022).

Della centralità che riveste la mobilità nella transizione energetica è ampiamente consapevole la Commissione Europea (CE), la quale, già nel 2006, ha univocamente delineato l'obiettivo principale della mobilità sostenibile: assicurare il servizio dei sistemi di trasporto ai bisogni della società, dell'economia e dell'ambiente, riducendo al tempo stesso al minimo qualsiasi impatto negativo sugli stessi. Tra le varie misure introdotte per garantire la sostenibilità della mobilità, la CE ha anche imposto uno stop alla vendita di auto a benzina e diesel entro il 2035 (con poche eccezioni) per favorire invece la diffusione di veicoli e mezzi di trasporto alimentati a energia pulita.¹ Sono diversi gli studi che concordano che sarà l'elettrificazione diretta delle automobili e dei veicoli commerciali leggeri, ma anche del trasporto pubblico locale, a rappresentare la principale soluzione per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione in maniera efficace, con minore spesa e maggiore potenziale occupazionale (Kikstra et al. 2022; IEA, 2022; Armaroli et al. 2022; Giansoldati et al. 2020), a patto di essere alimentata sempre più da energie rinnovabili a impatto carbonico zero.

Nello specifico, per quanto riguarda i veicoli privati o commerciali, le principali alternative ai motori a combustione interna (o endotermici) sono le seguenti:

- i) HEV - hybrid electric vehicle, ossia veicoli ibridi dotati sia di un motore termico che elettrico, con una batteria che si ricarica solo in fase di decelerazione e frenata;
- ii) PHEV - plug-in hybrid electric vehicle, ossia veicoli ibridi ricaricabili simili agli HEV ma con la batteria direttamente caricabile tramite presa;
- iii) BEV - battery electric vehicle, ossia veicoli elettrici a batteria;
- iv) FCEV o HFCEV - (hydrogen) fuel cell electric vehicle, ossia veicoli elettrici a celle a combustibile.

Tra queste, vi è ampio consenso tra gli studiosi che la soluzione più efficace per la decarbonizzazione della mobilità, in particolare di quella leggera e urbana (vetture private, commerciali e trasporto locale) sia, in prospettiva, l'automobile a batteria (BEV). Ciò è legato a tre ragioni principali, ossia alla maggiore efficienza intrinseca della propulsione, alla capacità di abbattimento delle emissioni di anidride carbonica lungo tutto il ciclo di vita e, in prospettiva, anche alle opportunità di integrazione delle BEV nelle reti elettriche intelligenti per tramite di tecnologie digitali (Mims 2022). Ciò suggerisce che le BEV siano nella condizione di imporsi nel breve periodo come tecnologia ad alto tasso di adozione sul mercato, con impatti importanti per i consumatori ma anche per i produttori e il sistema industriale nel suo complesso. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, si attende un incremento della domanda di materie prime diverse da quelle attualmente usate nel settore automotive in funzione dell'utilizzo crescente di componenti elettroniche delle vetture.

Per quanto riguarda invece i veicoli per il trasporto pubblico locale, specialmente quello

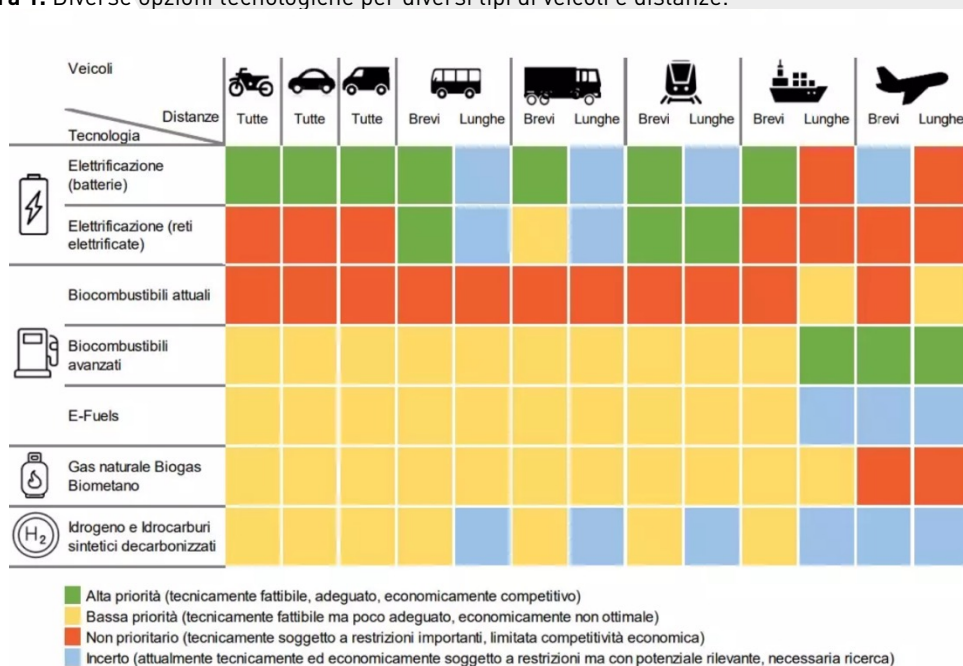
¹ Il regolamento rientra nel più ampio pacchetto "Fit for 55" per abbattere del 55% le emissioni gas serra entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990, che a sua volta fa parte del Green New Deal per arrivare alla neutralità carbonica posta al 2050.

urbano, le soluzioni potenzialmente utilizzabili sono del tutto analoghe a quelle impiegabili per i veicoli leggeri e pesanti usati in ambito cittadino illustrate sopra. Tali soluzioni si rivelano particolarmente idonee e compatibili nel caso di trasporti elettrici a catenaria (filobus, tram, metropolitane) o a batteria (Mims 2022).

Diversa è la situazione per il trasporto pesante (si veda la Figura 1), soprattutto su lunghe distanze: la elettrificazione diretta potrebbe non rappresentare la soluzione migliore a causa della necessità di infrastrutture di ricarica ad altissima potenza, dunque costose e complesse.

Anche i settori del trasporto navale e aereo forniscono un contributo rilevante ai fini del raggiungimento della neutralità carbonica nel lungo termine. Innanzitutto, in termini di emissioni potenzialmente evitabili: il traffico marittimo e quello aereo hanno rispettivamente prodotto emissioni pari a 8,5 e 11,9 Mt CO₂ per rotte internazionali, e 4,5 e 2,4 Mt CO₂ per quelle nazionali nel 2019, corrispondenti a 1,1% e 0.6% di emissioni totali in Italia. Per quanto riguarda le direttrici di intervento, due traiettorie promettenti sia per il trasporto marino che aereo riguardano, da un lato, l'introduzione di biocombustibili e combustibili alternativi/sintetici rispetto a quelli di origine fossile; dall'altro lato il miglioramento dell'efficienza dei consumi energetici da parte dei mezzi (riducendo il peso, perfezionandone ergonomia e componenti, ottimizzando rotte e navigazione) – viste e considerate le minori opzioni di elettrificazione in confronto al trasporto su strada (si parla principalmente di elettrificazione di porti, navi e velivoli, ma si tratta di tecnologie ancora da applicare su lunghe tratte e, in molti casi, ancora da sviluppare). Ciascuno di questi settori è poi caratterizzato da strategie di decarbonizzazione ad hoc già in fase di implementazione o sperimentazione, come l'utilizzo di metanolo (minore contenuto di carbonio) e idrogeno nelle navi o le compensazioni di emissioni aeree.

Figura 1. Diverse opzioni tecnologiche per diversi tipi di veicoli e distanze.



Fonte: Armaroli et al. (2022).

Potenziali ostacoli alla elettrificazione diretta della mobilità leggera e urbana

L'elettrificazione diretta di auto, veicoli commerciali leggeri e trasporto pubblico urbano rappresenta un processo di transizione verso la neutralità carbonica che implicherà un grande sforzo sistemico da parte di imprese, consumatori e soprattutto policymaker. Questi ultimi in particolare dovranno operare numerose scelte di policy in ambito economico, tecnologico, culturale per aggirare i potenziali ostacoli che complicano la riconversione del sistema di trasporto e l'elettrificazione della mobilità. Infatti, l'Italia ha un sistema di trasporto che

risente di una serie di “distorsioni storiche”, tra cui il ritardo infrastrutturale nelle reti di trasporto pubblico locale e nel servizio che erogano, fattore che incentiva l’utilizzo di automobili private e la dipendenza da esse negli spostamenti, anche di quelli brevi. L’Italia è, infatti, il paese europeo con il maggior numero di autovetture per abitante (secondo soltanto al Lussemburgo) (Mims, 2022). Non solo. L’Italia fa ampio affidamento al trasporto su gomma anche per i trasporti legati agli scambi commerciali. Fattore che nel tempo ha inibito lo sviluppo del trasporto pesante per tramite di mezzi su rotaia che sarebbero meno inquinanti. In questo contesto, gli interventi principali per contrastare l’aumento delle emissioni di gas serra attraverso l’elettrificazione della mobilità dovrebbero concentrarsi su una serie di potenziali ostacoli che vengono di seguito illustrati.

a. Costi di produzione e acquisto

Uno dei fattori attualmente limitanti per la transizione all’elettrico potrebbe essere rappresentato dal prezzo di acquisto delle vetture. Allo stato attuale, il prezzo di una BVE sembrerebbe essere superiore di circa 10.000 € (circa il 30%) a una equivalente ICEV diesel o ibrida e fino al 50%, rispetto a una ICEV a benzina (Mims, 2022; IEA and ICCT 2019). Il differenziale di prezzo è condizionato dalle dimensioni del veicolo (più marcato per le vetture piccole, dove il costo della batteria incide maggiormente mentre per le auto di lusso il differenziale è ormai quasi azzerato). Altre limitazioni di carattere economico sono legate a squilibri tra domanda e approvvigionamento di elettricità, il che potrebbe richiedere ulteriori sviluppi tecnologici e/o investimenti aggiuntivi che finirebbero per incrementare il costo totale della scelta dell’elettrificazione diretta rispetto a soluzioni alternative. Infatti, l’entità dei vantaggi della elettrificazione diretta dipenderà in primo luogo dalla possibilità di produrre elettricità a zero emissioni di gas serra e a basso costo, nonché dall’ottimizzazione e dalla qualità delle batterie.

b. Sviluppo tecnologico

La produzione di veicoli elettrici dipende ampiamente da materie prime importate dall’estero. Nello specifico, le batterie delle auto elettriche richiedono l’utilizzo di una serie di materiali, alcuni metalli e grafite, i cui livelli di produzione attuali dovranno essere accresciuti per soddisfare una domanda di batterie prevista in forte crescita (Mims 2022). Questo aspetto inciderà sulla struttura delle catene di approvvigionamento di materie prime, a causa dell’accresciuta domanda di alcuni metalli (es. litio, nichel, cobalto) e della riduzione di quella di combustibili fossili, scatenando potenziali implicazioni di natura geopolitica. Non mancano anche le preoccupazioni riguardo alle batterie esauste: queste ultime potrebbero invero essere riciclate e avere una seconda vita per lo stoccaggio di fonti rinnovabili discontinue e che quindi possono impiegare batterie ricaricabili solo parzialmente. Sul punto vi sono progetti in corso di studio e sviluppo.²

c. Aspetti culturali

La diffusione dei veicoli elettrici tra la popolazione e la sostituzione dei motori a combustione è un processo legato anche ad aspetti c.d. culturali di accettazione delle nuove tecnologie e di percezione dei rischi che le circondano: aspetti, quelli culturali, che a loro volta influenzano le intenzioni di acquisto dei nuovi veicoli. Ad esempio, uno studio condotto da Giansoldati, Monte e Scorrano (2020) sulla diffusione delle BEV in Italia ha illustrato che per circa il 15% degli intervistati (su un campione rappresentativo di 860 persone) l’acquisto di una BEV è scoraggiato dal timore che l’esperienza di guida sia differente, e meno piacevole, da quella associata a un veicolo con motore a combustione. Il 12,5% teme ripercussioni sulla sicurezza e sul rischio di incendio della batteria, mentre il 13% addita una generale diffidenza nelle nuove tecnologie in generale. Quasi il 20% poi mette in dubbio i reali benefici ambientali delle auto elettriche. Infine, circa il 40% degli intervistati concorda che alcuni aspetti di carattere pratico potrebbero

² Ad esempio, le batterie esauste delle automobili sono impiegate per immagazzinare elettricità in un impianto fotovoltaico collocato sulla copertura delle tribune dello stadio di Amsterdam. L’elettricità prodotta viene utilizzata per illuminare i match serali. Questo stesso impiego è in corso di studio e implementazione presso l’Aeroporto di Fiumicino grazie a un accordo tra ENEL-X e la società Aeroporti di Roma.

rappresentare un fattore di resistenza al passaggio a motori elettrici, tra cui la necessità di pianificare i viaggi con più anticipo rispetto al passato anche tenendo conto della presenza di colonnine di ricarica lungo il tragitto, oppure imprevisti come colonnine di ricarica non funzionanti che potrebbero causare il dilatarsi dei tempi di viaggio.

d. Infrastrutture

L'elettrificazione della mobilità richiederà lo sviluppo di un sistema di trasporto, distribuzione e stoccaggio dell'energia, ma soprattutto l'incremento dei punti di ricarica pubblici e privati. Un rapporto dell'ex Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità sostenibili evidenzia come a fine 2021 in Italia si contavano circa 26 mila punti di ricarica pubblica e 24 mila sistemi di ricarica privati (Mims 2022). Per soddisfare gli obiettivi del Fit for 55%,³ bisognerebbe creare almeno 3,6 milioni di punti di ricarica privati e 31 mila e 850 punti di ricarica pubblica, investendo da qui al 2030 almeno tre miliardi di euro. Ciò implica il potenziamento dell'offerta di stazioni a media e bassa potenza (3-22 kW AC) laddove le auto possono posteggiare per tempi lunghi (ad esempio, garage residenziali e pubblici, luoghi di lavoro, luoghi di svago, centri commerciali) e di elevata potenza (ricariche veloci da 50 kW e ultraveloci > 100 kW, DC) sulla rete autostradale (o in zone limitrofe e facilmente accessibili). In questo contesto, i centri storici delle grandi città, dove spesso le abitazioni non sono dotate di garage privati, rappresentano un aspetto critico. Qui occorrono soluzioni innovative: ad esempio, alcuni esperti suggeriscono l'installazione di prese di ricarica sui pali della illuminazione pubblica e più in generale nuove modalità di gestione del trasporto pubblico e aumento della sua capillarità (Mims 2022).

e. Riverberi sul sistema produttivo

La progressiva sostituzione dei veicoli a combustione interna con veicoli elettrici e l'impiego di carburanti puliti potrebbe minacciare l'industria delle componenti meccaniche e della produzione dei tradizionali motori endotermici, nonché sugli occupati di questi comparti, soprattutto in quelle regioni che si distinguono per l'intensa attività produttiva nell'automotive, come ad esempio la regione Emilia-Romagna. Una soluzione potrebbe essere quella di investire in parallelo nello sviluppo di biocarburanti, prodotti a partire da biomasse, che possono essere impiegate nei tradizionali motori. Tuttavia, non sempre i biocarburanti si rivelano una alternativa complementare all'elettrificazione. Infatti, la attuale applicazione su larga scala dei biocarburanti di prima generazione (tra cui bioetanolo che si ricava da mais e canna da zucchero e biodiesel da olio di palma e altri oli vegetali come colza e girasole) è ostacolata dagli elevati costi di produzione, dall'impronta idrica, dalla competizione con i terreni coltivabili per la produzione di cibo, nonché dalle emissioni di anidride carbonica che sono addirittura maggiori rispetto a benzina e diesel (T&T, 2016). Non registrano ancora soddisfacenti prestazioni i biocarburanti avanzati prodotti a partire da rifiuti e residui (quali oli alimentari, grassi di animali, residui agricoli). Questi ultimi sono certamente più sostenibili di quelli tradizionali ma possiedono anch'essi limiti importanti, ossia elevati costi di produzione, a cui si aggiunge la dipendenza dalla disponibilità degli scarti delle materie prime da cui si originano (Manzi 2023). Inoltre, questi vettori non conseguono un obiettivo zero-emission dal momento che contribuiscono alla riduzione delle emissioni fino al 88% rispetto a un carburante fossile. Ad oggi, i biocarburanti avanzati sono in grado di alimentare appena il 5% del parco circolante italiano (1.9 milioni di auto) (quota che potrebbe salire al massimo al 20%, pari a 6,9 milioni, nel 2030). Il loro impiego, di conseguenza, dovrebbe essere limitato ai comparti che non possono essere elettrificati facilmente, come ad esempio il trasporto pesante, marittimo o le flotte aeree.

³ Tra i principali obiettivi si annoverano la riduzione delle emissioni di almeno il 55% entro il 2030 e il conseguimento della neutralità climatica entro il 2050, garantendo una transizione che sia giusta e socialmente equa.

Principali linee di policy nel quadro del Green Deal europeo e iniziative italiane di supporto alla mobilità sostenibile

Il superamento degli ostacoli all'elettrificazione finora analizzati, nonché l'efficace raggiungimento della decarbonizzazione del settore dei trasporti in generale, richiede un intervento mirato da parte dei policymaker. In questo senso, l'Unione Europea è attivamente intervenuta su vari fronti. Attraverso il Green Deal sono state poste in essere diverse iniziative direttamente a sostegno della conversione del settore della mobilità e dei trasporti verso obiettivi di sostenibilità. Di seguito viene proposto un quadro di sintesi delle azioni principali (Tabella 1) che orientano le misure italiane recentemente messe in pratica, anch'esse discusse in questa sezione. In generale, si noterà come queste misure di ampio respiro non tengano in considerazione tutti i potenziali ostacoli esaminati nel paragrafo precedente, ma si concentrano principalmente sulla promozione di aspetti tecnologici e infrastrutturali.

A partire dall'8 luglio 2020, la CE ha puntato al rafforzamento dell'elettrificazione di veicoli, delle infrastrutture di ricarica e dell'utilizzo di energia eolica e solare a questo scopo (e per la produzione di idrogeno pulito), nell'ambito della nuova strategia omnicomprensiva di decarbonizzazione e integrazione dei sistemi energetici europei.

Il 10 dicembre dello stesso anno è stata emanata una proposta di aggiornamento della ormai obsoleta direttiva sulle pile (2006/66/CE), proprio in virtù del crescente aumento della domanda di batterie per veicoli e del bisogno di ridurre il rischio di inquinamento ambientale, migliorarne efficienza, sicurezza e circolarità attraverso il recupero a fine ciclo di vita (compresi materiali di fabbricazione come piombo, litio e cobalto, che rappresentano risorse preziose).

Un'ulteriore serie di proposte è stata presentata il 14 dicembre 2021 con l'obiettivo di ridurre il 90% delle emissioni del settore dei trasporti, mediante il potenziamento a livello europeo della rete ferroviaria (anche transfrontaliera), delle vie navigabili interne, delle infrastrutture di rifornimento alternative e di trasporto intelligente, e della transizione verso una mobilità urbana verde (biciclette, trasporti pubblici, spostamenti pedonali, parcheggi, taxi).

L'inquinamento atmosferico urbano è stato il fulcro di un'altra proposta della Commissione (10 novembre 2022) riguardante il trasporto su strada con la nuova norma Euro 7, che fisserà dei parametri di emissione per tutti i veicoli a motore (autovetture, autobus, furgoni, autocarri) europei, sia di nuova emissione (dal 2035 saranno venduti esclusivamente veicoli ad emissioni zero) che quelli in circolazione.

Il 9 dicembre dello stesso anno la CE ha accolto l'accordo politico tra il Parlamento e Consiglio europeo su nuove misure ambiziose per il trasporto aereo, essenziali per il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica dell'accordo di Parigi entro il 2050. Si tratta, in particolare, dell'incremento delle quote di emissioni del carbonio, che verranno applicate ai voli delle compagnie Spazio Economico Europeo, sulla base della loro responsabilità rispetto all'inquinamento atmosferico. Un altro fondamentale intervento della CE ha riguardato l'adozione di due atti delegati sull'idrogeno rinnovabile (13 febbraio 2023), come parte della più ampia direttiva che prevede, tra l'altro, interventi nel settore dei trasporti e un supporto al raggiungimento dell'obiettivo di produzione di 10 milioni di tonnellate di idrogeno rinnovabile stabilito con RePowerEU.⁴ Infine, il più recente intervento della Commissione nel settore dei trasporti ha riguardato la formulazione di nuovi target per l'annullamento delle emissioni dei nuovi autobus dal 2030 e una riduzione graduale delle emissioni dei nuovi camion fino al 90% entro il 2040 (14 febbraio 2023).

⁴ I contenuti degli atti comprendono, rispettivamente, dei criteri da osservare per poter considerare i vettori energetici tra i carburanti rinnovabili non biologici e una metodologia per misurare le emissioni prodotte da questi ultimi nell'arco del loro ciclo di vita.

Tabella 1. Interventi della CE nell'ambito del Green Deal per la decarbonizzazione del settore dei trasporti.

Data	Provvedimento	Ambito di intervento
8 luglio 2020	Strategie di integrazione dei sistemi energetici europei	Rafforzamento dell'elettificazione di veicoli e delle infrastrutture di ricarica
10 dicembre 2020	Alleanza europea delle batterie	Riduzione del rischio di inquinamento ambientale e miglioramento dell'efficienza e della sicurezza delle batterie per veicoli
14 dicembre 2021	Proposte per rendere i trasporti europei più efficienti e sostenibili, con il 90% di emissioni in meno	Potenziamento in chiave "verde" di reti ferroviarie, vie navigabili interne, infrastrutture di rifornimento alternative, e mobilità urbana
10 novembre 2022	Proposta di una nuova norma Euro 7 sulla riduzione di emissioni dei veicoli per il trasporto su strada	Parametri di emissione per tutti i veicoli a motore europei, di nuova emissione e in circolazione
9 dicembre 2022	Accordi su norme per il trasporto aereo europeo	Incremento di quote emissive di voli sulla base della loro responsabilità sull'inquinamento atmosferico
13 febbraio 2023	Proposta di norme sull'idrogeno rinnovabile	Supporto all'obiettivo di produzione di 10 milioni di tonnellate di idrogeno rinnovabile stabilito con RePowerEU
14 febbraio 2023	Proposta di obiettivi emissivi per nuovi autobus urbani e camion	Formulazione di nuovi target di riduzione graduale di emissioni dei nuovi autobus e camion

Fonte: elaborazioni degli autori su CE (2023).

L'Italia, dal suo canto, ha implementato una serie di misure conformi agli indirizzi europei. Una leva di intervento fondamentale è data dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) – inoltrato alla CE nel 2020 – che ha la priorità nel decarbonizzare e migliorare l'efficienza energetica del settore dei trasporti entro il 2030, facendo leva sulle fonti rinnovabili per la transizione all'elettificazione. Anche il Piano per la Transizione Ecologica (PTE) del 2022 comprende, tra i vari obiettivi, l'annullamento in Italia delle emissioni da trasporti mediante una graduale introduzione e conversione dell'alimentazione dei veicoli a elettricità, biocarburanti e idrogeno. Identifica, altresì, come principale limite alla decarbonizzazione il predominio della mobilità privata (principale responsabile della congestione urbana) rispetto a quella condivisa. Il PTE fa ampio riferimento alle azioni del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) maggiormente di impatto a questo scopo: rafforzamento del sistema ferroviario (Missione 3), transizione green della mobilità locale (Missione 2), spostamento del trasporto merci su ferrovie.

Per quanto riguarda in generale le leve di intervento adottate, l'Italia ha introdotto, a partire dalla legge di bilancio 2019, degli incentivi e disincentivi fiscali per favorire la mobilità stradale sostenibile, nella forma di: (a) ecobonus e extrabonus per l'acquisto di veicoli nuovi elettrici e ibridi a basse emissioni e la rottamazione di quelli ad alto inquinamento; (b) contributi statali per assicurare la circolazione di autoveicoli non inferiori a Euro 6; (c) incentivi per l'acquisto di motoveicoli ecologici; d) imposte sull'acquisto di nuove autovetture ad alte emissioni. Per l'ammodernamento del parco mezzi del trasporto pubblico locale e regionale conformemente agli standard europei sono state dedicate varie risorse e fondi, tra i quali: 1) 2.415 milioni di euro del PNRR; 2) il "Fondo mezzi" dedicato nel quale sono confluite risorse per un totale di 640 milioni nel solo periodo 2019-2022; 3) il Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile per 1.405 milioni dal 2021 al 2023.

La micromobilità per elettrica rappresenta un'altra fondamentale direttrice di azione in Italia, in particolare la circolazione di segway, monopattini elettrici, monowheel e hoverboard è stata, da un lato regolata con discipline via via più complesse e sanzionatorie a partire dal D.L. 2019/162, e dall'altro incentivata tramite il Fondo "Programma sperimentale buono mobilità" (D.L. 2019/111) – per un totale di 255 milioni di euro per il periodo 2019-2024 – destinato alla concessione di buoni per l'acquisto di biciclette ed altri mezzi per la micro-

mobilità, nonché per la rottamazione di motocicli e autovetture inquinanti. Per promuovere maggiormente la mobilità ciclistica, si è finanziato, attraverso i fondi della legge di bilancio 2020 (150 milioni per il periodo 2022-2024), l'ampliamento del 50% delle piste ciclabili urbane, e con il D.L. 2020/34 è stata introdotta la definizione di "corsia ciclabile" nel Codice della strada. Anche le infrastrutture di ricarica per la mobilità elettrica sono state oggetto di una serie di interventi, tra cui i più importanti riguardano l'identificazione di investimenti per il Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli elettrici (D.L. 2019/32) e la formalizzazione della definizione normativa di "infrastrutture di ricarica di veicoli elettrici" (D.L. 2020/76). A completamento delle strategie nazionali per la mobilità sostenibile, sono anche state adottate delle misure per rinnovare il parco dei mezzi dedicati all'autotrasporto merci e migliorare la sostenibilità del trasporto marittimo – sostituire la flotta navale inquinante, rendere disponibili combustibili marini alternativi e puliti nel trasporto marittimo.

Tabella 2. Interventi di policy in Italia per la decarbonizzazione del settore dei trasporti.

Provvedimento	Ambito di intervento
PNIEC	Transizione all'elettrificazione dei trasporti attraverso un maggiore ricorso a fonti rinnovabili
PTE	Supporto agli obiettivi del PNRR e del PNIEC per la riduzione delle emissioni dei trasporti mediante elettrificazione, maggiore utilizzo di biocarburanti e idrogeno, e supporto alla mobilità pubblica
Incentivi e disincentivi fiscali per autoveicoli	ecobonus/extrabonus per acquistare nuovi veicoli elettrici e rottamare quelli inquinanti; contributi statali per evitare la circolazione di autoveicoli inferiori a Euro 6 incentivi per l'acquisto di motoveicoli ecologici d) imposte sull'acquisto di nuove autovetture ad alte emissioni
Ammodernamento dei mezzi del trasporto pubblico locale/regionale	Stanziamiento di: 2.415 milioni di euro del PNRR 640 milioni (2019-2022) dal "Fondo mezzi" 3) 1.405 milioni (2021-2023) dal Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile
Stimolo alla micromobilità elettrica	Regolamentazione della circolazione di segway, monopattini elettrici, monowheel e hoverboard: D.L. 2019/111: 255 milioni di euro (2019-2024) per acquisto di biciclette/mezzi di micromobilità e rottamazione di motocicli/autovetture inquinanti fondi della legge di bilancio 2020 (150 milioni per il periodo 2022-2024) per ampliare del 50% le piste ciclabili urbane D.L. 2020/34: definizione di "corsia ciclabile" nel Codice della strada
Infrastrutture di ricarica per la mobilità elettrica	D.L. 2019/32: investimenti per il Piano nazionale infrastrutturale di ricarica dei veicoli elettrici D.L. 2020/76: definizione normativa di "infrastrutture di ricarica di veicoli elettrici"
Misure per la sostenibilità di autotrasporto merci e trasporto marittimo	Rinnovo parco mezzi (autotrasporti) Sostituzione della flotta inquinante, maggiori combustibili marini alternativi puliti

Fonte: elaborazioni degli autori su Camera dei deputati [2022].

Buone pratiche implementate da attori pubblici e privati in materia di decarbonizzazione di vari ambiti del settore dei trasporti

Al processo di transizione nel settore della mobilità contribuiscono anche soggetti privati e pubblici, leader nei trasporti, che stanno mettendo a punto iniziative in chiave di sostenibilità del trasporto privato e pubblico locale, dell'aviazione e della cantieristica navale. Di seguito sono illustrati alcuni dei principali progetti innovativi che possono essere identificati come buone pratiche per la decarbonizzazione della mobilità potenzialmente replicabili da parte di altri soggetti del settore.

In ambito privato. La produttrice italiana di automobili di lusso Lamborghini S.p.A. ha abbracciato una vision fortemente incentrata sulla lotta al cambiamento climatico, da raggiungere attraverso la transizione verso modelli completamente ibridi e ad elevata efficienza energetica in grado di abbattere emissioni e consumi energetici (neutralità climatica al 2050). Le iniziative green di Lamborghini hanno un forte potenziale di spinta dell'intero settore automobilistico privato verso l'elettrificazione e l'utilizzo di energie rinnovabili. Un esempio ne sono le tecnologie per veicoli ibridi installate nei modelli Lamborghini Revuelto, Lamborghini Sián e Terzo Millennio. Un'ulteriore leva di decarbonizzazione sfruttata dall'azienda è quella della riduzione del consumo di carburante attraverso la diminuzione del peso dell'autovettura. Questo è stato possibile grazie all'introduzione di materiali in fibra di carbonio per la carrozzeria.

Spostando l'attenzione sul trasporto marittimo, il caso di Fincantieri S.p.A. è di deciso interesse. Si tratta di una delle più considerevoli aziende europee nel settore della cantieristica navale che ha la vision di diventare un cruciale punto di riferimento per la transizione energetica nel proprio settore di riferimento. Tra le varie iniziative intraprese, vi sono innovazioni legate alla costruzione di nuove navi ecosostenibili, tra cui la dotazione di sistemi di alimentazione prevalentemente a celle a combustibile (sostituendo i combustibili tradizionali), a batterie al litio, metanolo o ammoniaca, per azzerare l'emissione di sostanze inquinanti. Uno dei modelli a emissioni zero è Zeus, alimentato a idrogeno e dotato di una batteria agli ioni di litio, che consente un'autonomia di navigazione a zero emissioni di 8 ore. Un altro obiettivo di rilevanza è quello di ridurre l'attingimento alla rete elettrica nazionale di 11 GW grazie all'installazione di 22.000 pannelli fotovoltaici entro il 2024 per avere un autoconsumo del 75-100%. Per annullare le emissioni in porto, Fincantieri ricorre, inoltre, al cold ironing, che consente di fornire energia elettrica alla nave direttamente dalla banchina per permettere lo spegnimento dei motori in ormeggio. Infine, l'utilizzo di materiali ferrosi (tra cui l'acciaio che è al 100% riciclabile) per la realizzazione di scafi, consente all'azienda di rivalorizzarli in un ciclo continuo senza dover rinunciare alle proprietà originali degli stessi.

Anche il settore aereo, pur essendo già fortemente regolamentato sul piano ambientale, può fornire importanti contributi alla decarbonizzazione. Si prenda l'esempio di Air Dolomiti S.p.A., compagnia aerea italiana appartenente a Lufthansa che si propone la mission di riuscire ad influenzare fortemente gli impatti ambientali di lungo termine dell'intero settore attraverso il proprio contributo, superando gli ostacoli alla sostenibilità posti dalla crisi da Covid-19. In aggiunta alla conformità agli standard ambientali stabiliti per il settore dell'aviazione, Air Dolomiti (con il supporto di Lufthansa) vuole introdurre nuove tecnologie aeronautiche di ottimizzazione delle rotte di volo, riduzione del peso del velivolo e aggiornamento puntuale del carburante richiesto, per poter in questo modo abbassare i consumi e le emissioni. Anche i passeggeri sono chiamati a contribuire mediante il programma volontario di compensazione delle emissioni generate dal volo che hanno intrapreso, scegliendo i progetti di protezione ambientale a cui devolvono gli importi scelti.

In ambito pubblico. L'esempio nazionale principe del settore dei trasporti pubblici locali è rappresentato dal Trasporto Passeggeri Emilia-Romagna (TPER), che si pone come missione proprio quella di contribuire alla sostenibilità ambientale attraverso lo sviluppo di tecnologie pulite e la messa a disposizione dei passeggeri di un'alternativa green al trasporto privato. TPER ha posto grande attenzione all'impatto in termini di CO₂ della propria flotta, fissando l'obiettivo di aumentare l'utilizzo di filobus e autobus elettrici a zero emissioni per il trasporto urbano (inclusi, in un futuro, quelli a idrogeno), e di veicoli ibridi o alimentati a metano (anche liquido) - con emissioni del -25% rispetto a carburanti tradizionali - per il trasporto extraurbano. A questa strategia si accompagnano quelle del rimpiazzo dei veicoli maggiormente inquinanti e obsoleti, del riciclo dei rifiuti (77% di veicoli in demolizione, materiali ferrosi e non, batterie e olii) e della autoproduzione e fornitura di biometano (in collaborazione con il Gruppo Hera) all'intera regione come combustibile rinnovabile.

Sul piano del trasporto ferroviario, il Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane (FS) rappresenta

uno dei maggiori operatori ferroviari non solo a livello nazionale (gestendo sia la circolazione a lunga distanza che quella locale e regionale), ma anche europeo. In virtù di questo importante ruolo, FS ha come obiettivo prioritario quello di contribuire con specifici investimenti allo sviluppo e ammodernamento infrastrutturale in chiave sostenibile per poter azzerare le emissioni derivanti dalle proprie attività entro il 2040, e trasformare il 5% di traffico privato in mobilità collettiva entro il 2030 (15% entro il 2050). Le principali direttrici di investimento di FS riguardano il: (a) multi-trasporto o mobilità integrata (favorendo l'utilizzo di biciclette attraverso un incremento dei rispettivi slot sulla flotta); (b) la diffusione delle energie rinnovabili (consuma il 40% di energia autoprodotta da fonti completamente rinnovabili, es. solare, idrogeno e biodiesel); (c) il ricorso per il 19% ad acqua proveniente da un impianto di riciclaggio dell'acqua piovana per le proprie operazioni; (d) il riutilizzo o riciclo del 92% dei rifiuti generati (es. binari e traversine in cemento obsoleti), 20% dei quali vengono rimessi in circolo per produrre nuovi treni ecologici; (e) l'elettificazione e miglioramento dell'efficienza energetica (es. materiali a lega leggera, motori a ventilazione naturale, luci LED) dei treni (Pop e Rock con consumi del -30% rispetto ai precedenti modelli; il primo modello ibrido Blue Train con un design ad impronta sostenibile), realizzati con il 94-97% di riciclabilità.

Riflessioni conclusive e raccomandazioni per le politiche industriali

La decarbonizzazione nel settore mobilità è un processo nel quale aspetti economici, tecnologici, infrastrutturali, sociali e culturali convergono. Questi ultimi, in particolare, sembrano non essere particolarmente attenzionati dai policymakers che invero avrebbero il compito di assicurare una transizione equa e giusta. Ciò significa, in particolare nella prospettiva della mobilità, che i "costi" economici che iniziative di policy riversano su imprese e consumatori per attivare nuovi modelli produttivi e comportamentali più sostenibili, dovrebbero essere temperati da un sistema di incentivi e compensazioni – non solo di carattere economico – a beneficio degli stakeholder della mobilità.

Inoltre, l'aspetto culturale legato al cambiamento di modelli di consumo e mobilità sostenibile non dovrebbero essere sottovalutati come invece sembra trasparire dalla breve disamina delle iniziative di policy esaminate, che molto investono negli ambiti tecnologici e infrastrutturali della transizione. Ciò però non basta. Questi aspetti devono essere abbinati a investimenti per sensibilizzare e informare tutti i cittadini sui reali benefici della decarbonizzazione e delle opportunità legate alla mobilità elettrica, minimizzando così i costi di adattamento alle nuove tecnologie e le resistenze di carattere culturale che pure ci sono e vanno tenute in considerazione. Questo presuppone che i sistemi a livello nazionale e locale siano ben coordinati per promuovere iniziative sul territorio che ambiscano ad accrescere la consapevolezza dei cittadini in materia. A tal fine, centrale è il ruolo che possono svolgere le grandi imprese pubbliche e private: da un lato, per promuovere innovazioni tecnologiche; dall'altro lato, per creare sinergie con i policymaker locali e ingaggiare la cittadinanza in attività di sensibilizzazione nei territori rispetto alle opportunità portate dalla elettrificazione della mobilità. Queste azioni contribuirebbero a ridurre potenziali resistenze al cambiamento e diffidenza nei confronti delle nuove tecnologie e modalità di viaggio. Fondamentale sarà, infine, anche monitorare le traiettorie di evoluzione in chiave sostenibile dell'intero settore dei trasporti, prestando particolare attenzione alle specificità di ciascun sottosettore (terrestre, marittimo e aereo). Ciò aiuterà i policymaker a meglio indirizzare il proprio supporto. Da un lato, verso la normalizzazione di nuovi modelli di elettrificazione per i settori che inizialmente difficilmente vi si prestavano (es. trasporto marittimo e aereo). Dall'altro, verso iniziative complementari allo sviluppo di nuove tecnologie di elettrificazione dei mezzi. Si pensi, in questo caso, all'ottimizzazione e adattamento delle infrastrutture, oppure allo sviluppo di motori e sistemi di alimentazione a combustibili alternativi. Qualsiasi iniziativa dovrà consentire una pianificazione della decarbonizzazione graduale, a partire da mezzi di dimensioni minori e tratte più brevi, per poi essere estesa, nel tempo, al resto del settore, allineando ciascuna misura nazionale con la strategia industriale europea.

References

- Air Dolomiti (2022). Environmental Statement 2020-2023. <https://cms.airdolomiti.it/wp-content/uploads/2023/01/Environmental-Statement.pdf>
- Armaroli, N., Carraro, C., Cazzola, P., Cherchi, E., Procopio, M., Tanelli, M., Tavoni, M. Tilche, A. and Torsello, M. (2022). La strada da percorrere: come ridurre emissioni e uso di energia del settore trasporti in Italia. Nature Italy.
- Camera dei deputati (2022). La mobilità sostenibile. <https://temi.camera.it/leg18/temi/l-innovazione-nel-trasporto-stradale-e-la-mobilit-sostenibile.html>
- Commissione Europea (2023). Un Green Deal europeo – Per diventare il primo continente a impatto climatico zero. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it
- Ferrovie dello Stato Italiane (2022). Sustainability report 2021. https://www.fsitaliane.it/content/dam/fsitaliane/en/Documents/sustainability-report-2021/D_2021_Sustainability_Report.pdf
- Fincantieri (2023). Sustainability Report 2022. https://www.fincantieri.com/globalassets/sostenibilita2/eng_fincantieri_sustainability_report_2022.pdf
- Giansoldati, M., Monte, A., & Scorrano, M. (2020). Barriers to the adoption of electric cars: Evidence from an Italian survey. Energy Policy, 146, 111812.
- International Energy Agency (IEA), (2022), Global EV Outlook 2022. Securing supplies for an electric future.
- IEA and ICCT (2019), Fuel economy in major car markets: technology and policy drivers 2005-2017
- Kikstra, J. S., Nicholls, Z. R. J., Smith, C. J., Lewis, J., Lamboll, R. D., Byers, E., Sandstad, M., Meinshausen, M., Gidden, M. J., Rogelj, J., Kriegler, E., Peters, G. P., Fuglestvedt, J. S., Skeie, R. B., Samset, B. H., Wienpahl, L., van Vuuren, D. P., van der Wijst, K.-I., Al Khourdajie, A., Forster, P. M., Reisinger, A., Schaeffer, R., and Riahi, K.: The IPCC Sixth Assessment Report WGIII climate assessment of mitigation pathways: from emissions to global temperatures, Geosci. Model Dev., 15, 9075–9109, <https://doi.org/10.5194/gmd-15-9075-2022>, 2022.
- Lamborghini (2022). Automobili Lamborghini Environmental Statement 2021. https://www.lamborghini.com/sites/it-en/files/DAM/lamborghini/sustainability/pdf/24-10-22/02936-22_LAMBORGHINI_DICHIARAZIONE_AMBIENTALE_2021_EN.pdf
- Manzo, I., (2023), Biocombustibili ed e-Fuels sono davvero una soluzione alternativa all'auto elettrica?, disponibile al seguente link:<https://furanetwork.eu/focus/533-3764/biocombustibili-ed-e-fuels-sono-davvero-una-soluzione-alternativa-allauto-elettrica>
- MIMS (2022). Decarbonizzare i trasporti - Evidenze scientifiche e proposte di policy. https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-09/STEMI_Decarbonizzare%20i%20trasporti_ITA.pdf
- TPER (2022). TPER integrated report 2021. https://www.tper.it/sites/tper.it/files/_Tper%20Integrated%20Report%202021_1005_EN2.pdf
- Transport & Environment (T&T), (2016), Globiom: the basis for biofuel policy post-2020, disponibile al link: https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2016_04_TE_Globiom_paper_FINAL_0.pdf