

Scenari, tecnologie e prospettive per la mobilità sostenibile

Le nuove tecnologie offrono l'opportunità di una transizione sostenibile della mobilità riducendo l'esigenza degli spostamenti, ricorrendo a modalità alternative di trasporto, progettando e immettendo sul mercato veicoli energeticamente più efficienti e meno dipendenti dai combustibili fossili.

DOI 10.12910/EAI2022-062

di **Antonino Genovese**, Responsabile del Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità Sostenibile - ENEA

Viviamo un momento di incertezze che si saldano in una unica certezza: l'inadeguatezza dell'attuale modello di sviluppo. Questo, in sintesi, può descrivere la condizione delle moderne società che si trovano a fronteggiare eventi la cui portata pone a rischio l'attuale ecosistema terrestre. Prendere coscienza di questa condizione è necessario nella ricerca di azioni di mitigazione utili a cambiare in positivo la realtà e la percezione della medesima. **L'innovazione tecnologica fornisce gli strumenti per condurre il processo di trasformazione della mobilità in direzione della sostenibilità abbattendo l'utilizzo di combustibili fossili, proponendo nuove soluzioni di trasporto e riducendo la domanda di trasporto.**

Nel 1997, tramite gli accordi di Kyoto, ha preso avvio un percorso di consapevolezza (Fig. 1) e riduzione degli impatti generati dall'utilizzo intensivo delle fonti fossili. Un cammino non sempre facile e privo di ostacoli, che si è snodato attraverso tappe intermedie e si è infine consolidato nel 2015 nell'Accordo di Parigi sul contenimento delle emissioni climalteranti. L'Europa ha fatto proprie le istanze di contenere gli effetti sul clima ed ha emanato una serie di provvedimenti culminati nel 2020 con il lancio dell'“European Green Deal” ed il successivo pacchetto “Fit for 55” nel 2021.

Il Green Deal (Fig. 2) è una strategia di rinnovamento che punta a trasformare l'Unione Europea in una società basata su una economia moderna e competitiva capace di gestire le risorse

in modo razionale, secondo criteri di efficienza e di circolarità. Il piano proposto individua una traiettoria di riduzione dei gas climalteranti giungendo al 2050 all'azzeramento delle emissioni nette di CO₂ con un significativo risultato intermedio del -55% nel 2030.

Green Deal e mobilità sostenibile

Il Green Deal si articola in diversi interventi capaci di incidere in modo significativo nei settori maggiormente dipendenti dai combustibili fossili e pertanto il trasporto, per l'elevata dipendenza dai derivati del petrolio, è un ambito oggetto di massima considerazione. La transizione verso una mobilità sostenibile ed intelligente, sostenuta da stimoli alla ricerca ed innovazione di settore senza dimenticare le esigenze sociali delle fasce più deboli della popolazione, è il modello proposto per centrare questo ambizioso obiettivo.

Entro i confini nazionali i trasporti pesano per un quarto nelle emissioni di gas serra^[1] e più del 92% è attribuibile al trasporto su gomma. Le emissioni nel periodo 1990-2019 presentano una crescita costante sino al 2006 ed una successiva decrescita sino a toccare un +3.2% rispetto al 1990. La Commissione UE ed Parlamento Europeo,



Fig. 1 Un percorso di consapevolezza: dalla presa di coscienza alle azioni per il cambiamento

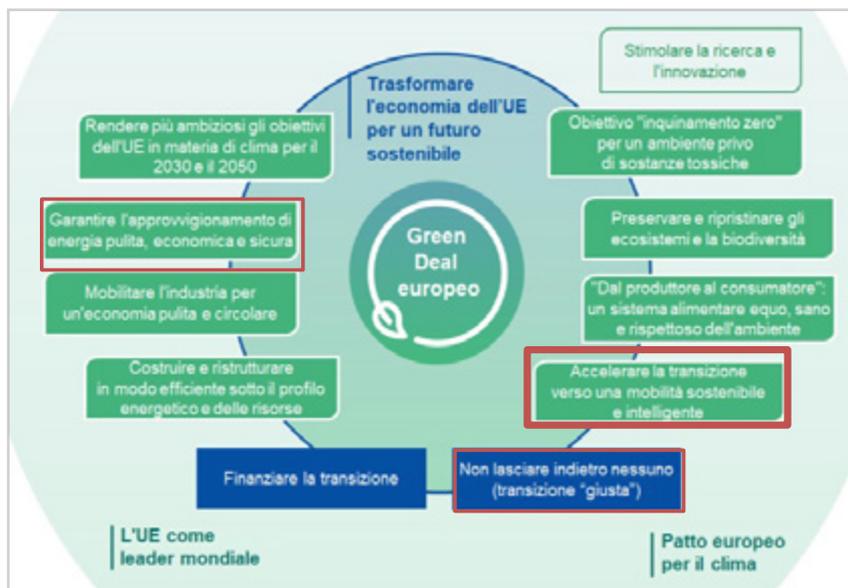


Fig. 2 Il Green Deal europeo: mobilità sostenibile, ricerca ed equilibrio sociale

nell'intento di ridurre le emissioni di gas serra e di preservare il valore dell'industria automotive, hanno concordato una serie di interventi limitativi nelle emissioni specifiche degli autoveicoli: dai 135 g/km del 2015 ai 59 g/km del 2030. Una strada difficile da percorrere ed affidata a soluzioni di ibridizzazione del powertrain sino alla elettrificazione completa. Ed in questo senso gli ultimi provvedimenti vanno in direzione di una dismissione dei motori a combustione già dal 2035 per le nuove vetture.

Ma la domanda che dobbiamo porci prima di ogni altra è se il modello generale della mobilità sino ad ora vissuto sia realmente adeguato alle sfide imposte dal cambiamento. Affrontare le prove che ci attendono, significa valutare l'entità dei costi (Fig. 3) che i modelli di mobilità ci impongono: energetici, ambientali, sociali e di sicurezza. Si pensi alla dipendenza da fonti di approvvigionamento localizzate in aree geografiche ristrette, alla resilienza ad eventi critici, alle ricadute sulla salute, al consumo di territorio. A volte la soluzione al problema rischia di divenire essa stessa un problema, con interventi che consumano territorio,

alterano il volto urbanistico ed inducono effetti sull'aggregazione sociale modificando il rapporto tra uomo e territorio.

Una soluzione integrata

Un approccio di equilibrio è quello improntato sul modello ASI (Avoid-Shift-Improve) (Fig. 4) che formula tre vie di intervento: ridurre la domanda di mobilità, utilizzare sistemi di trasporto maggiormente efficaci ed efficienti, innovare i mezzi di trasporto per azzerare le emissioni. Un intervento completo da attuare su diversi fronti in grado di ridisegnare il volto della mobilità, uscendo dall'impronta novecentesca dell'uso del veicolo privato a favore di una con-

divisione spatio-temporale dei nuovi mezzi di trasporto.

Generare minor richiesta di spostamenti è possibile attraverso un disegno accurato dell'organizzazione urbana, riducendo i centri di attrazione/generazione ed accorciando i percorsi che potranno essere effettuati con modalità di trasporto a bassa energia e bassa emissione. Ma anche supportando la digitalizzazione della società con il potenziamento dello smart working nelle sue diverse declinazioni. Senza dimenticare la rivoluzione digitale della pubblica amministrazione disponibile a casa propria con i servizi a distanza e l'assistenza sanitaria attraverso la telemedicina.

Non solo la quantità ma anche la qualità dell'offerta risulta essere importante per una razionalizzazione ecosostenibile della mobilità.

La promozione di modi di trasporto a maggiore efficienza è il tratto che distingue il modello ASI che suggerisce l'uso di modalità di trasporto coerenti con i propri spostamenti: dalla ciclopeditività alla condivisione del mezzo, dal trasporto pubblico al ride sharing, sono tutte opportunità per costruire un modo differente di viaggiare riducendo l'uso del veicolo personale. In ultimo, il vantaggio offerto dall'innovazione tecnologica veicolare, che ha migliorato sia l'aspetto ambientale che quello energetico grazie alla transizione verso la trazione elettrica.

La rivoluzione elettrica è il tassello ultimo della triade che sosterrà il processo di innovazione della mobilità futura. La corsa è già partita e la UE stima (Green Deal) che entro il

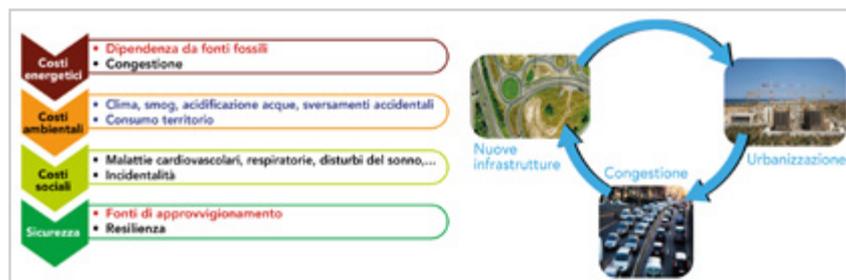


Fig. 3 I costi dell'attuale modello di mobilità



Fig. 4 Un modello di equilibrio per la mobilità sostenibile: Avoid-Shift-Innovation (ASI)

2025 sarà necessario circa **1 milione di stazioni di ricarica pubbliche per i 13 milioni di veicoli elettrici a basse e a zero emissioni previsti sulle strade europee** [2]. Attualmente gli obiettivi appaiono raggiungibili avendo al 2021 già 5.400.000 veicoli a batteria (BEV) ed ibridi ricaricabili (PHEV) su strada e 325.000 punti di ricarica pubblica [3].

Rinnovabili e mobilità

La difficoltà della mobilità convenzionale nel rispettare, per i nuovi veicoli venduti, i limiti specifici delle emissioni di CO₂ [4] ha forzato l'elettrificazione massiva del listino. **Il successo della soluzione elettrica "green" è articolato su tre punti: rete di ricarica, disponibilità di energia rinnovabile e produzione di batterie performanti.** Del primo dei tre punti, diffusione di una solida rete di ricarica, abbiamo già indicato i target europei. **La produzione di energia da fonti rinnovabili (FER) è il nodo da sciogliere per poter costruire una mobilità senza carbonio.** I piani di sviluppo di un sistema di generazione elettrica da FER sono ambiziosi investendo non solo il mondo dei trasporti ma la nostra società nel suo complesso. Nel 2020 in EU la produzione lorda da FER ha coperto il 34% della produzione elettrica [5] attraverso l'apporto del 14.7% da eolico, 13.8% da idroelettrico e 5.3% da solare. L'Italia si posiziona vicino alla media euro-

pea con un 38,1%. La quota, ancora sotto il 50%, richiede uno sviluppo importante delle FER se si vorrà giungere al 2050 ad una completa decarbonizzazione nel settore elettrico. Gli obiettivi italiani del Green Deal, superiori al PNIEC 2019, puntano ad una copertura del 70% della produzione elettrica da FER al 2030 che dovrebbe attuarsi attraverso il raddoppio della potenza FER attualmente installata [6]. Obiettivo che impone un'abilità di installazione di oltre 6 GW annui di nuovi impianti. **Pertanto, la crescita di capacità produttiva nel settore delle rinnovabili va adeguatamente incoraggiata insieme a iniziative di accumulo energetico in grado di garantire continuità di fornitura nelle differenti situazioni ambientali.** Questo diverrà possibile anche attraverso una maggiore flessibilità della rete e della sua interazione con le altre reti energetiche. L'idrogeno verde, nel ruolo di vettore energetico, assume un ruolo concreto anche per l'elettrificazione indiretta della mobilità ampliando l'offerta di sistemi di mobilità liberi da carbonio. Questo, tuttavia, peserà ulteriormente sulla esigenza di nuove installazioni produttive da rinnovabili.

Batterie e infrastrutture di ricarica

La quota di mercato di autoveicoli elettrici in Europa ha toccato il 18% [7] nel 2021 e le previsioni vanno

nella direzione di una ulteriore forte crescita. L'industria automotive ha iniziato a produrre sempre più nuovi modelli di differenti taglie per ampliare l'offerta ed incontrare le esigenze dei cittadini. Nel caso dei veicoli elettrici a batteria (BEV) autonomia e capacità del sistema di accumulo sono strettamente relazionate: infatti, la crescita della taglia della batteria corrisponde in relazione lineare alla maggiore autonomia del veicolo.

Il tema dell'autonomia si incrocia con quello della ricarica della batteria e delle relative infrastrutture di ricarica. Il problema dell'autonomia potremmo definirlo come un "vero falso problema" che ossessiona il pensiero dei potenziali acquirenti di veicolo elettrici in Italia. "Vero" perché la ricarica del veicolo elettrico richiede tempi usualmente più lunghi dei veicoli convenzionali e "falso" perché non impatta gravosamente sull'utente. Uno studio condotto nel 2018 [7] descrive l'uso medio del veicolo privato da parte dei cittadini italiani: 41 km/giorno percorsi, 286 giorni/anno di utilizzo e solo 1.25 ore di percorrenza. Con la durata media delle soste così definite, buona parte dei veicoli elettrici possono rispondere alle esigenze di spostamento ed hanno abbastanza tempo per ricaricarsi. Uno studio ENEA condotto su oltre 13.000 autoveicoli nella città di Roma mostra i comportamenti periodici nelle soste sia per la durata che per ora di inizio e conferma la potenzialità delle ricariche nei percorsi casa-lavoro. La ricarica nella visione statica di connessione unidirezionale alla rete elettrica appartiene alla prima concezione di veicoli elettrici ed è interessata da nuovi modi interattivi e flessibili di scambio con la rete. Gestione dinamica della potenza di ricarica e scambio bidirezionale per servizi V2X, dal Vehicle to Grid (V2G) al più contenuto Vehicle to Home (V2H) sono due degli assetti operativi che si offrono al sistema elettrico per contenere gli impatti sulla rete di distribuzione e sostenere la rete con azioni di stabilizzazione della medesima.

L'utilizzo dell'accumulo di bordo si apre alla cooperazione con il sistema elettrico con soluzioni integrabili in seno a scambi capaci di massimizzare il consumo sul posto della produzione rinnovabile attraverso la ricarica e contenere il prelievo dalla rete per l'alimentazione domestica di utenze nelle ore di picco servendosi dell'accumulo veicolare.

Se la tecnologia ci offre queste opportunità, un ostacolo può essere invece rappresentato dalla carenza di strutture idonee a recepire le innovazioni.

La struttura del continuo edilizio in Italia spesso non consente di operare in questa direzione, basti pensare ai nostri splendidi centri storici o alle più recenti realizzazioni edilizie carenti dal punto di vista dei parcheggi residenziali.

La ricarica in tempi brevi e brevissimi è una delle opzioni che possono contribuire ad abbattere la diffidenza verso l'elettrificazione. L'introduzione delle batterie basate sulla tecnologia Litio-ione ha rivoluzionato il settore della mobilità elettrica, offrendo riduzione dei pesi e degli ingombri insieme a cicli di vita comparabili con la vita stessa del veicolo. **La riduzione del tempo di rifornimento passa attraverso due fondamentali: elevazione**

della potenza di ricarica e idoneità della batteria a sostenere le elevate correnti di ricarica. Il primo elemento, grazie ai passi in avanti della elettronica di potenza, è un fatto acquisito avendosi ormai in commercio sistemi di ricarica da 350 kW di picco. Il secondo diviene un punto che richiede attenzione nella scelta delle "chimiche" delle batterie per individuare quelle che meglio si prestano a queste operazioni senza ridurre le aspettative di vita e la sicurezza. Da questo punto di vista occorre tener presente che la batteria Litio-ione deve operare entro limiti in tensione e temperatura per evitare la nascita di dannosi e pericolosi effetti termici. Per questo, il profilo di ricarica nel tempo è opportunamente controllato durante il rifornimento in base alle condizioni dello stato di carica e della temperatura.

Una roadmap di innovazione per le batterie

Lo sviluppo della mobilità elettrica (Tab. 1) ha trovato forza nella tecnologia delle batterie al litio che hanno consentito di conseguire importanti obiettivi di autonomia, tempi di ricarica e vita utile. La continua esigenza di prestazioni superiori per i sistemi di

accumulo, per offrire maggiore capacità e durata nel tempo, insieme ad elevata affidabilità e sicurezza, alimenta il processo di innovazione per le batterie. La ricerca in quest'ambito procede con lo sviluppo di batterie al litio di tipo avanzato con elettrolita allo stato liquido e con la realizzazione batterie al litio con elettrolita allo stato solido. Il percorso avanza attraverso la realizzazione di celle con riduzione di materiali critici come il cobalto, la messa a punto di anodi in silicio per incrementare le densità di carica, il passaggio ad elettroliti solidi per rafforzare gli aspetti di sicurezza. Si prevede che queste soluzioni condurranno ad un avanzamento delle densità di energia dall'attuale 200 Wh/kg a 500 Wh/kg nel 2035 [8]. Ed ancora oltre attraverso la tecnologia del litio metallico (anodo) e dei catodi di zolfo o aria. La roadmap individua ulteriori avanzamenti attraverso il superamento della filiera del litio ed il passaggio alla tecnologia delle batterie al sodio, materiale maggiormente disponibile e ben distribuito a livello planetario.

Il cambiamento investirà non solo le prestazioni delle batterie ma sarà accompagnato dalla implementazione delle regole dell'economia circolare allungando il fine vita includendo

	Vendite 2021	% mercato 2021	Parco circolante 2021	Variazione % 2019	% Parco circolante 2021
BEV+PHEV	136.854	9,3%	237.258	700,7%	0,6%
BEV	67.542	4,6%	122.669	538,6%	0,31%
PHEV	69.312	4,7%	114.589	963,9%	0,29%
5 BEV più venduti					
	Fiat 500e		10.751		
	SMART fortwo		6.162		
	Renault Twingo		5.822		
	Dacia Spring		5.496		
	Tesla model 3		5.047		

Tab. 1 Mobilità elettrica in Italia

il riuso delle batterie non più idonee ad utilizzo nei trasporti a causa della riduzione della capacità di accumulo, in applicazioni di utilizzo stazionario. A chiusura del ciclo (Fig. 5) le batterie rappresenteranno delle “miniere” per recuperare le materie prime di valore industriale per la loro

reintroduzione nel ciclo di produzione. Il rafforzamento della circolarità sarà affermato anche attraverso l'aggiornamento della nuova direttiva sulle batterie che il Parlamento Europeo ha recentemente approvato e che sarà il riferimento della negoziazione con la Commissione europea. Il testo in-

dividua livelli minimi dei materiali di interesse (cobalto, litio e nichel) che dovrebbe essere recuperata e reinserita nel processo di fabbricazione oltre a criteri di tracciabilità per garantire sino al fine vita delle batterie le condizioni di sicurezza e di riutilizzo.

Per info: antonino.genovese@enea.it

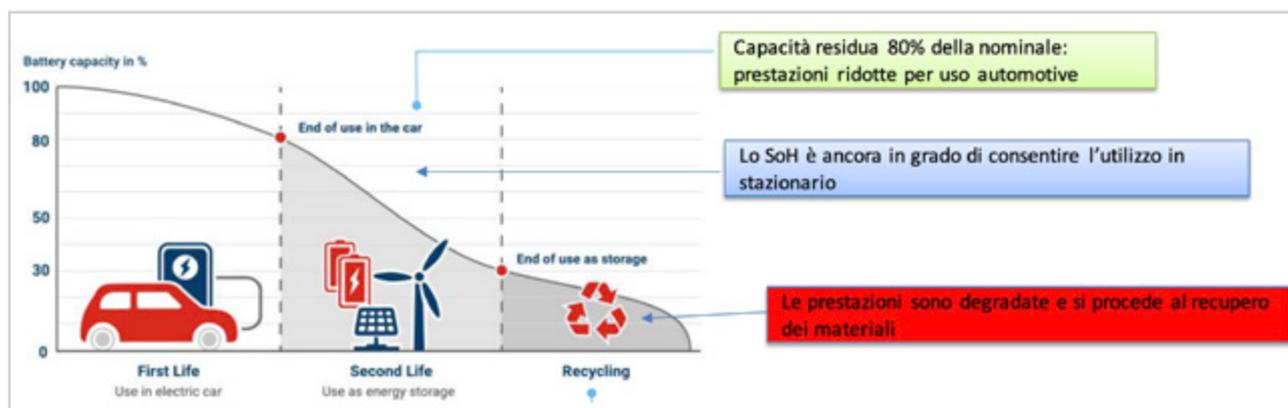


Fig. 5 Un percorso circolare per le batterie

Riferimenti

1. A. Bernetti - Le emissioni dal trasporto stradale in Italia - ISPRA 2021
2. Comunicazione della Commissione Europea COM/2019 640 final
3. <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/>
4. L'industria automotive mondiale nel 2019 e trend 2020 - Area studi e statistiche ANFIA
5. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Final_energy_consumption_Settembre_2021
6. C. Arcudi - Dal Fit for 55% al REPowerEU: il nuovo scenario elettrico 2030 per l'Italia
7. <https://www.unipolsai.com/>
8. EMIRI R&I Strategic Roadmap.