

Verso una mobilità decarbonizzata: sfide tecnologiche per la transizione energetica

La mobilità sostenibile ed il crescente utilizzo delle fonti rinnovabili sono azioni chiave per la decarbonizzazione energetica. Con l'avvento dell'e-mobility, i nuovi sistemi di accumulo elettrochimico consentono di abbandonare tecnologie consolidate ma inquinanti e, proprio per questo, si prevede un vertiginoso aumento di richieste. Allo stesso tempo, sarà indispensabile realizzare una robusta e diffusa infrastruttura di ricarica per gestire in modo flessibile la domanda di potenza e la rapidità di ricarica.

DOI 10.12910/EAI2020-047

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

Nel XX secolo il modello di mobilità fondato sul binomio motore a combustione interna (MCI) e uso privato dei mezzi di trasporto è stato stimolo di sviluppo della moderna economia e base del modello aggregativo delle nostre città. Oggi assistiamo ad una profonda trasformazione anche attraverso l'adozione di schemi di mobilità flessibile, condivisa ed autonoma, che trovano nei veicoli elettrici (VE) opportunità di applicazione. L'elettrificazione dei trasporti, congiuntamente al crescente utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, si muove nel solco delle Direttive Europee per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni climalteranti e di miglioramento della qualità dell'aria: 32% di energia da fonti rinnovabili e 32,5% di incremento dell'efficienza energetica sono gli ambiziosi traguardi previsti al 2030 dal pacchetto "Clean Energy for all European" [1]. In campo *automotive*, il passaggio da tecnologie consolidate ma inquinanti a quelle elettriche è favorito dall'avvento di sistemi di accumulo elettrochimico sempre più



Fig. 1 Confronto tra pesi e volumi di varie alimentazioni a parità d'autonomia del veicolo - Fonte: elaborazione ENEA da "Quadro strategico nazionale combustibili alternativi"

performanti (Figura 1), i quali stanno gradualmente colmando il divario prestazionale che separa i veicoli convenzionali da quelli elettrici: autonomia, tempi di rifornimento, vita e costo di acquisto.

Nuovi paradigmi per la mobilità

In Europa il trasporto è responsabile

di ¼ delle emissioni climalteranti, causate principalmente dal trasporto su gomma. Questo è dovuto sia alla elevata domanda di mobilità dell'attuale modello sociale che alla modalità con cui in via prioritaria si è risposto a tale domanda, privilegiando l'uso del mezzo personale di trasporto. Rimodellare l'organizzazione delle città, sia sotto il profilo urbanistico che delle relazioni

Decarbonizzazione e smart working, un binomio possibile

di *Stefania Marconi*

Nell'ambito del percorso di transizione energetica verso la decarbonizzazione dell'economia, le nuove modalità di lavoro smart possono fornire un contributo di rilievo in termini di riduzione dell'inquinamento legato ai trasporti. È quanto emerge dal primo rapporto nazionale sul lavoro agile e telelavoro nella Pubblica Amministrazione realizzato da ENEA "Il tempo dello Smart Working. La PA tra conciliazione, valorizzazione del lavoro e dell'ambiente". Il report – consultabile sul sito www.enea.it – è stato realizzato con il contributo di 29 enti pubblici che sull'arco del quadriennio 2015-2018 hanno sperimentato e poi adottato il lavoro a distanza e illustra, in poco meno di 100 pagine i risultati e le potenzialità di una nuova organizzazione del lavoro, capace di garantire **conciliazione lavoro-famiglia, valorizzazione delle persone e sostenibilità ambientale urbana**.

In termini di impatto ambientale, ENEA ha stimato un taglio di emissioni e inquinanti di **8mila tonnellate di CO₂, 1,75 t di particolato sottile PM10 e 17,9 t di ossidi di azoto** (pari al consumo annuo di energia elettrica di circa 28mila famiglie italiane composte da 3-4 persone). Per comprendere

a fondo il potenziale di riduzione dell'impatto ambientale, 8.000 t di CO₂ evitate rappresentano l'assorbimento di 500 ha (ettari) di bosco per ciascuno dei quattro anni di indagine oppure il risparmio associato alla produzione di 15 GWh di energia eolica.

Applicato su larga scala e con una prospettiva temporale di medio-lungo periodo, il ricorso alle nuove forme di lavoro a distanza potrebbe determinare una significativa riduzione dell'inquinamento dell'aria e del traffico urbano, che va di pari passo con il contenimento dei consumi di fonti fossili e la lotta ai cambiamenti climatici.

Dall'indagine risulta inoltre che il lavoro a distanza ha consentito di ridurre la mobilità quotidiana lavorativa di circa 1h30' (un'ora e trenta minuti) in media a persona. Si tratta di un duplice beneficio in termini di tempo personale 'liberato' e di traffico urbano evitato quantificabile in **46 milioni di km non percorsi**, che equivalgono a un risparmio per il mancato acquisto di carburante pari a 4 milioni di euro. Si tratta di un dato di rilievo, tenuto conto che secondo l'INRIX 2018 Global Traffic Scorecard una città ad alta presenza di personale della PA come Roma, dove lavorano 400mila persone tra ministeri e amministrazioni centrali e locali, è la seconda al mondo per ore trascorse in auto, il doppio di New York, il 12% in più di Londra, il 70% in più di Berlino, il 95% in più di Madrid.

sociali, Figura 2, consente di ridurre la domanda di mobilità convenzionale attraverso il potenziamento di lavoro flessibile, e-commerce, digitalizzazione della PA¹. Il secondo asse d'intervento è lo spostamento modale verso mezzi e sistemi di trasporto più efficienti. Mul-

timodalità, tecnologie di comunicazione ad alta capacità e automazione dei sistemi di trasporto giocano un ruolo importante: esse offrono opportunità di sviluppare la mobilità come servizio (MaaS) grazie alla flessibilità e facilità di gestione degli spostamenti sfruttan-

do sistemi di trasporto in condivisione (car/bike sharing, car pooling) e collettivi (servizi a tabella e servizi a chiamata). Tali interventi, insieme ad una maggiore quota di micromobilità (bici, monopattini elettrici, pedonalizzazione) offriranno crescente efficienza in rapporto alla tipologia di spostamento effettuato. Infine, il passaggio a tecnologie maggiormente efficienti sarà di supporto alla riduzione dei consumi e delle correlate emissioni di gas climalteranti, con l'elettrificazione nel ruolo di protagonista. In questo contesto ENEA ha sviluppato le piattaforme informatiche eMU (eMobility simulation) e BEST (Better Electric Solution for public Transport) per la valutazione e gestione delle esigenze energetiche elettriche della mobilità urbana [2][3].



Fig. 2 Punti d'intervento per mitigare le emissioni del trasporto
Fonte: elaborazione ENEA

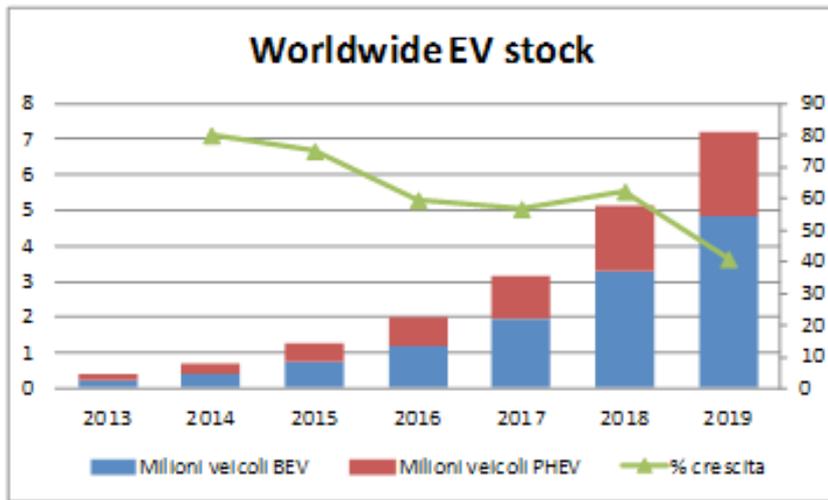


Fig. 3 Storico dei volumi di EV - Fonte: elaborazione ENEA su dati IEA

Verso l'elettrificazione della mobilità

L'evoluzione tecnologica delle batterie è, e sarà ancora nel futuro prossimo, il motore della trasformazione dell'industria automobilistica, come dimostrano i numeri di nuovi modelli realizzati dai costruttori, gli autoveicoli venduti negli ultimi anni e le previsioni di crescita futura. Globalmente il numero dei veicoli elettrici ricaricabili (EV) circolanti, totalmente elettrici (BEV) e ibridi plug-in (PHEV), ha raggiunto nel 2019 i 7,2 milioni di unità con un incremento del 41% rispetto all'anno precedente [4] (Figura 3). Le vendite di EV sono stimate in crescita a seguito degli avanzamenti nella densità energetica delle batterie, della riduzione dei costi di produzione, dello sviluppo dell'infrastruttura di ricarica. Bloomberg NEF [5] stima una vendita globale di EV nel 2025² di 8,5 milioni e di 26 milioni al 2030, totalizzando 116 milioni di EV circolanti, e una quota di mercato oltre il 50% nel 2040.

Il maggior numero di VE e la crescita delle applicazioni a supporto della rete preannunciano una vertiginosa richiesta di batterie per i prossimi anni: per il mercato delle batterie au-

tomotive [4] si prevede un passaggio dagli attuali livelli produttivi di 170 GWh/anno a 1,500 GWh/anno per il 2030 in uno scenario a politiche correnti, o di 3.000 GWh/anno nello scenario di elettrificazione che raccoglie gli input degli Accordi di Parigi. Per fare fronte a questa richiesta, sono previsti al 2028 ben 115 impianti di fabbricazione delle batterie per una capacità produttiva di 2068 GWh/anno [6].

Infrastruttura di ricarica a servizio dell'elettromobilità

La rete di ricarica per VE consente di soddisfare l'esigenza dell'utenza attra-

verso molteplici soluzioni che spaziano da sistemi ad alta potenza in grado di operare sessioni di ricarica in brevissimo tempo a stazioni capaci di gestire in modo flessibile la domanda di ricarica e la potenza disponibile in allaccio. Come indicato nel Piano Nazionale per l'Infrastruttura di Ricarica Elettrica, la realizzazione di una idonea rete di ricarica deve risultare ben distribuita sul territorio, rispondente alle esigenze della clientela e capace di flessibilità. Spesso si tende a sottolineare il bisogno di ricorrere alle elevate potenze per ridurre al minimo il tempo di ricarica e contenere il disagio dell'attesa. Tuttavia, la maggior parte dei viaggi giornalieri ha percorrenza limitata ed i tempi in sosta sono di svariate ore: condizioni che favoriscono la realizzazione di una rete di ricarica a potenze contenute capaci di soddisfare la maggior parte delle richieste quotidiane (Figura 4). La IEA [4] indica che tendenzialmente la ricarica nel 2030 avverrà in ambito privato, 73% dei casi in Paesi a forte mobilità elettrificata e 87% nel resto del mondo, mentre la ricarica pubblica rapida sarà applicata rispettivamente nel 20% e 10% dei casi.

Studi condotti da ENEA in seno alla Ricerca di Sistema Elettrico [7] con strumenti basati su big data analysis con un campione di alcune decine di migliaia di veicoli, potenzialmente elettrificati, hanno evidenziato la ca-

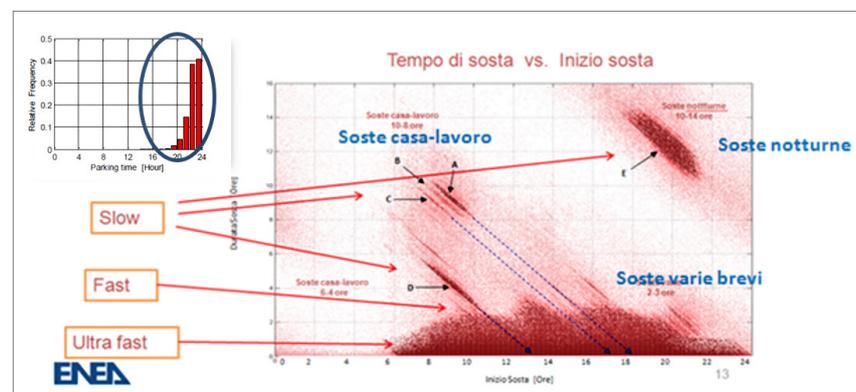


Fig. 4 Relazione tra tempo di sosta e modalità di ricarica - Fonte: ENEA

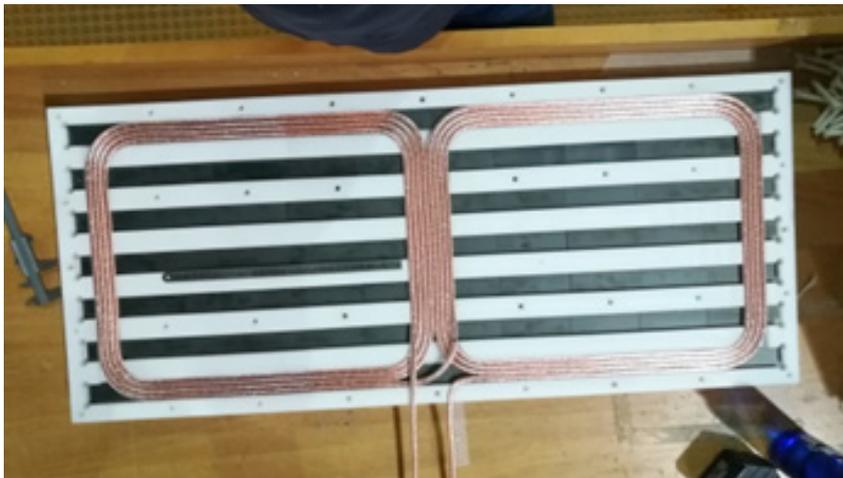


Fig. 5 Bobina primaria sistema wireless dinamico - Fonte: ENEA

pacità di dare una risposta adeguata alla domanda di ricarica con un utilizzo limitato della ricarica rapida. Le opzioni di ricarica domestica e ricarica casa-lavoro possono sopperire in larga parte alle richieste lasciando alle ricariche in alta potenza (50 kW) una percentuale di ricariche veloci (da 8% a 30% in base al veicolo) per coprire le percorrenze maggiori. Una soluzione allo studio per il trasporto elettrico su lunga distanza può essere la realizzazione di sistemi di ricarica wireless dinamici. Essi consentono di incrementare l'autonomia del veicolo offrendo la ricarica della batteria lungo il tragitto per tramite di un accoppiamento induttivo risonante, capace di trasferire energia da bobine primarie poste entro l'asfalto verso una bobina secondaria inserita sotto il pianale del veicolo. Una sequenza di elementi primari alimentata in presenza del veicolo consente di ricaricare la batteria lungo il tragitto nei tratti ove il sistema è collocato. Su questo tema ENEA ha in corso ricerche per la realizzazione di una sezione sperimentale a bassa potenza per ottimizzare l'efficienza di sistema [8].

Non solo elettrico

L'ampiezza del parco degli autovei-

coli circolanti nel mondo, stimato in 1,2 miliardi di unità, richiederà un tempo non breve per volgere alla sua completa elettrificazione. La roadmap europea per la riduzione delle emissioni di gas serra, come espressa nel Regolamento 2019/631 [9] ha tuttavia fissato le tappe per la limitazione della CO₂ allo scarico dei veicoli per giungere al 2030 ad un valore prossimo a 60 gCO₂/km. Ma ancora più ambizioso è l'azzeramento delle emissioni nette individuato al 2050. Il rispetto di tali obiettivi intermedii richiederà il ricorso alla ibridizzazione del powertrain e/o all'utilizzo di combustibili "carbon neutral" quali l'idrogeno rinnovabile e i biocarburanti. In fase di transizione, anche l'utilizzo di idrogeno miscelato al gas naturale (idrometano) potrebbe costituire un passo in avanti. Modeste quantità di idrogeno nei MCI alimentati a gas naturale offrono un miglioramento dell'efficienza di combustione, come dimostrato in un'interessante sperimentazione condotta da ENEA nel progetto MHybus [10], diminuendo la quantità di CO₂ allo scarico in percentuali da 10% a 25% in base alla quantità di idrogeno nella miscela. La miscela di H₂ e metano potrebbe essere distribuita anche attraverso la rete dei metanodotti e facilitare l'im-

plementazione dell'infrastruttura di ricarica.

In Italia, sperimentazioni sulla possibilità di trasferire idrogeno attraverso la rete sono già in corso (SNAM 10% di H₂ su rete dedicata a clienti industriali) e ARERA è al lavoro per adeguare la normativa regolatoria di settore [11] tenendo presente i limiti negli usi finali previsti dagli apparati utilizzanti gas naturale. Tra i biocarburanti avanzati il biometano si presenta nello scenario della mobilità come sostituto del gas naturale. La produzione del biometano, sia da discarica che da digestione anaerobica di materiale biodegradabile, dopo la pulizia da impurità e la rimozione della CO₂ possiede caratteristiche che ne consentono l'immissione in rete o il rifornimento diretto dei veicoli dotati di MCI a gas naturale. Lo stato dell'arte per la produzione del biometano offre ad oggi processi che sfruttano scarti dell'industria zootecnica o agricoli oppure reflui o rifiuti urbani.

Il futuro busa alla porta

L'innovazione della mobilità ha iniziato il suo percorso di trasformazione ma rimangono comunque aperte sfide molto importanti che riguardano non solo il mondo della ricerca ma anche quello dell'industria, della produzione di energia e dei decisori politici per riuscire a fornire un nuovo e migliore assetto alla mobilità. Il mercato si orienterà sempre di più verso i veicoli elettrici con la riduzione dei costi, il potenziamento delle stazioni di ricarica e la disponibilità di nuove tecnologie facilmente utilizzabili. Questo si riflette nella necessità di ingenti sforzi per lo sviluppo delle batterie, sia per migliorarne le prestazioni, sia per accrescerne la capacità produttiva al fine di poter rispondere, in termini di circolarità e sostenibilità, alla crescente domanda di veicoli "green" che si verificherà nei prossimi anni.

- ¹ Da osservazioni dell'infrastruttura europea Icos (Integrated Carbon Observation System), il recente blocco della mobilità per l'emergenza COVID-19 ha portato riduzioni delle emissioni sino al 75% in relazione alla struttura urbana
- ² Nel 2020 è previsto un calo delle vendite che giungerà a 1,7 milioni di EV a causa degli effetti legati ai provvedimenti di lockdown per il contenimento del COVID-19

BIBLIOGRAFIA

1. Clean Energy for all Europeans <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>
2. G. Valenti, C. Liberto, F. Spinelli - ENEA, Simulatore di scenari urbani di mobilità veicolare elettrica: specifiche interfaccia utente, verifica del sistema integrato di modelli e valutazione scenari di elettrificazione della mobilità veicolare - Report RDS/PAR 2017/241
3. M.P. Valentini, S. Orchi, V. Conti - ENEA, Completamento e validazione del DSS per l'analisi di fattibilità tecnico-economica dell'elettrificazione del TPL e considerazioni su possibili integrazioni con sistemi di accumulo stazionario e impianti fotovoltaici - Report RDS/PAR 2017/232
4. Global EV Outlook 2020 - IEA, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
5. Electric Vehicle Outlook - Bloomberg NEF, <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/> 30/06/2020
6. <https://www.nextbigfuture.com/2020/02/world-battery-production.html>
7. A. Genovese, G. Giuli, M. Mancini - ENEA, Diffusione della ricarica rapida in ambito urbano - Rapporto RDS elettrico PAR 2015/211
8. M. Bertoluzzo, G. Bujia, A. Genovese, G. Tomasso, M. Di Monaco, Comprehensive Development of Dynamic Wireless Power Transfer System for Electric Vehicle - Electronics 2020, 9(6), 1045
9. Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament 17 April 2019, <https://tinyurl.com/y2zbog8y>
10. A. Genovese, N. Contrisciani, F. Ortenzi, V. Cazzola, On road experimental tests of hydrogen/natural gas blends on transit buses - Int. Journal of Hydrogen energy 2011, volume 36 1775-1783
11. ARERA - Documento per la consultazione 39/2020/R/GAS - Reti di trasporto e distribuzione del gas naturale: progetti pilota di ottimizzazione della gestione e utilizzi innovativi, febbraio 2020, <https://www.arera.it/it/docs/20/039-20.htm>