

## Auto elettrica: luci ed ombre

1. *Introduzione*
2. *L'inventore del motore elettrico*
3. *Il funzionamento del motore elettrico in due parole*
4. *La batteria, una soluzione inefficiente ma obbligata*
5. *Peso e ingombro delle batterie*
6. *Possibili accumulatori del futuro*
7. *La sensazionale Model S della Tesla*
8. *L'ottimo rendimento del motore elettrico*
9. *Le prestazioni del motore elettrico*
10. *Le auto elettriche sono care*
11. *Le batterie pesano sul costo chilometrico*
12. *Le auto elettriche non sono quasi mai a zero emissioni*
13. *La sicurezza delle vetture elettriche*
14. *Le vetture ibride*
15. *Le opportunità e le obliquità dell'e-mobility*

-----

### 1. *Introduzione*

Questo servizio steso per 'Il Bernina' ha carattere divulgativo e si rivolge quindi a un largo pubblico. Senza entrare nei dettagli tecnici vengono comunque toccati molti aspetti connessi

I primi veicoli elettrici privati risalgono ai lontani anni '30 del XIX secolo. In alcuni casi non si trattava solo di prototipi, ma di prodotti regolarmente commercializzati, sia pure in volumi risibili. Tuttavia, è solo negli ultimi tempi che gli esemplari immessi sul mercato dai vari marchi automobilistici cominciano a circolare sulle strade senza più essere guardati come delle rarità. Tra vetture ibride e completamente elettriche qualcosa sta cambiando. Si tratta però di un cambiamento di scenario che non ha la strada ancora completamente spianata.

Il motore elettrico è un'invenzione piuttosto datata e non pone particolari problemi realizzativi agli ingegneri. Le difficoltà sorgono più che altro a causa delle batterie, da ritenersi ancora oggi il collo di bottiglia economico-industriale. Le esigenze ambientali, il mutamento delle politiche energetiche delle varie nazioni, lo sviluppo tecnologico e le economie di scala potrebbero però configurare condizioni di mercato molto più promettenti. Per il momento l'acquisto di veicoli elettrici, o anche ibridi, a fianco di alcune novità interessanti, comporta delle controindicazioni che non si devono trascurare. Vediamo i pro e i contro.

### 2. *L'inventore del motore elettrico*

Non entreremo qui nei dettagli tecnici del motore elettrico, tuttavia non si può fare a meno di risalire al principio scientifico che lo rende possibile: la 'legge di Faraday'. Michael

Faraday (1791-1867) fu un fisico inglese che visse in un periodo in cui per essere grandi nella scienza occorreva essere ricchi. Egli era invece povero in canna; suo padre era un semplice fabbro che non poteva certo permettersi di sostenere per il figlio i proibitivi costi degli studi.

“Mettilo al lavoro e fagli lavare le provette”, questo fu il consiglio dato a Sir Humphry Davy, professore insigne presso la Royal Institution di Londra, cui il giovane Faraday si era rivolto per entrare nel prestigioso istituto scientifico. Fu cominciando da impieghi di infimo livello che il britannico autodidatta divenne un gigante nella storia della chimica e della fisica. Egli ebbe modo di viaggiare con Davy per l'Europa, conoscendo illustri scienziati dell'epoca, tra cui, a Milano, Alessandro Volta, l'inventore della pila, ch'egli definì “un arzilla vecchietto dalla conversazione molto spontanea.”

È proprio Faraday il padre, o almeno il nonno, del motore elettrico. Egli comprese che un campo magnetico variabile, come quello che si ottiene muovendo una calamita, produce un movimento di cariche in un conduttore posto nelle vicinanze. Ma era vero anche l'inverso: una corrente elettrica poteva indurre delle forze magnetiche e, quindi, un'azione meccanica. Per la verità, il fenomeno era già stato individuato da Ørsted, uno scienziato danese. Faraday fu però il primo a interpretarlo correttamente e, con grande stupore dei colleghi, a costruire un modello funzionante di motore elettrico.



Foto: [ecomunicare.ch](http://ecomunicare.ch) • [100x100.ch](http://100x100.ch)

### *3. Il funzionamento del motore elettrico in due parole*

Un motore elettrico è sotto molti aspetti un dispositivo speculare rispetto a una dinamo o un alternatore. Mentre questi ultimi convertono energia meccanica in elettrica (si pensi alle biciclette di alcuni anni fa che disponevano di un congegno da attaccare allo pneumatico anteriore per accendere una lampadina), il primo sfrutta una corrente per generare una forza o una coppia motrice.

Tutti i motori elettrici si basano su due componenti: le spire mobili (rotore) e i magneti fissi (statore). Supponiamo per semplicità di avere a che fare con una spira singola (un semplice anello) e due soli poli di un magnete ai suoi lati, posti in posizione diametralmente opposta. Quando la spira conduttrice è percorsa da una corrente anch'essa si comporta come una calamita. I poli di questa reagiscono con i poli del magnete fisso ed ecco che la spira si mette a ruotare verso una posizione stabile. Dopo mezzo giro la corrente inverte però direzione, così che la posizione stabile passa dall'altra parte e il movimento di rotazione viene mantenuto indefinitamente. Da notare che i magneti dello statore possono a loro volta essere formati da avvolgimenti, cioè possono essere elettrocalamite; è questo il caso delle auto elettriche.

Il motore elettrico caratterizza la nostra vita quotidiana senza quasi che ce ne rendiamo conto. Ne azioniamo uno ogni volta che entriamo in un ascensore, usiamo un elettrodomestico, saliamo su una scala mobile, e così via. A ben vedere, questo apparecchio della modernità è straordinariamente flessibile: può essere realizzato in varie taglie, è silenzioso, efficiente, strutturalmente semplice e alquanto compatto. Nulla di paragonabile ai motori termici. Questi ultimi sono delle opere d'ingegno di grande fascino, ma sono anche complicati e dissipativi.

#### *4. La batteria, una soluzione inefficiente ma obbligata*

Perché dunque non usare ovunque il motore elettrico? La difficoltà, come si accennava, dipende dalle batterie. Finché un dispositivo è collegato in rete, l'alimentazione è assicurata. Quando tuttavia si richiede autonomia di funzionamento è necessario che il motore sia connesso a una sorgente elettrica trasferibile. Ora, ogni ingegnere sa che l'accumulo di energia stabilisce un problema ostico, semplicemente perché l'energia è per sua natura irrequieta: non vuole farsi imbrigliare in un contenitore e sfugge ovunque, disperdendosi nell'ambiente.

A tutt'oggi il più efficiente modo di accumulare energia è offerto dai grandi invasi delle centrali idroelettriche. L'energia potenziale dell'acqua stoccata in quota rappresenta una riserva pregevole che, salvo qualche perdita per infiltrazione e qualche dissipazione nello spostamento, può all'occorrenza essere facilmente convertita in forma cinetica e poi elettrica. Questa provvista serve essenzialmente per compensare da un lato le discontinuità dell'utenza e, dall'altro, quelle dell'apporto meteorico. Infatti, è il ciclo imperituro dell'acqua che tiene in piedi tutta la baracca; non per nulla si parla di 'energia rinnovabile'.

Una batteria non attinge in genere ad alcuna risorsa rinnovabile, fatta eccezione per quelle connesse con moduli fotovoltaici o impianti eolici. Così, una batteria esausta deve essere ricaricata da qualche fonte esterna, tipicamente dalla rete, oppure deve essere riacquistata. Diciamolo subito: l'accumulo di energia mediante lo stoccaggio di cariche elettriche è una modalità piuttosto inefficiente e ingombrante di immagazzinare l'energia. Se però vogliamo disporre di energia elettrica portatile la batteria è attualmente l'unica soluzione pratica abbordabile.

Il concetto dell'invaso illustra l'importanza di disporre di una riserva per tamponare le discontinuità tra ingresso e uscita dell'energia. La riserva è alimentata da un lato dagli apporti del bacino idrografico (e dal pompaggio da valle) e dall'altro permette dei prelievi che vanno alle turbine. Entrate e uscite non sono bilanciate in ogni istante ed è questa la

ragione per cui il livello dell'invaso di un impianto idroelettrico oscilla.

La stessa affermazione può essere fatta per la batteria di un'auto elettrica: la carica corrisponde a quello che entra con l'alimentazione dalla rete e con il generatore che preleva energia dal moto quando la vettura rallenta. L'erogazione corrisponde invece a quello che esce dalla batteria. In un'auto ibrida c'è una componente addizionale in entrata: l'energia che può essere prelevata dal motore termico (a benzina o gasolio). Ma tutto questo lo vedremo meglio in seguito.

### *5. Peso e ingombro delle batterie*

Ognuno di noi ha un'esperienza almeno vaga di quanto pesi una comune batteria di automobile. Ebbene, si pensi che una simile massa è richiesta solo per l'avviamento del motore, il suo controllo e la gestione dei servizi di bordo. Questo può darci una vaga misura di quanto più capiente deve essere una batteria che, oltre a queste funzioni, consenta la trazione completa del veicolo per chilometri e chilometri.

Le auto elettriche in produzione adottano vari tipi di batterie moderne, che non passeremo qui in rassegna, laddove i pregi e i difetti variano da caso a caso. Ad ogni modo, qualunque sia la soluzione adottata, le batterie risultano immancabilmente ingombranti, pesanti, costose e deteriorabili. Inoltre, esse pongono talora problemi di smaltimento e richiedono tempi di ricarica anche di diverse ore.

Stabiliamo qualche paragone per farci un'idea dei valori in gioco. Prendiamo allora un'un'utilitaria a gasolio che abbia un serbatoio di 30 litri (circa 25 kg di carburante) con i quali possa percorrere 600 km. Si può calcolare che il contenuto energetico immagazzinato (tolta l'evaporazione dell'acqua durante la combustione) equivale a 315 kWh, all'incirca il consumo di 300 lavastoviglie che funzionano per un'ora. Per accumulare una simile energia in una batteria sofisticata agli ioni di litio occorrerebbe alloggiare nel veicolo moduli del peso complessivo di quasi due tonnellate e dell'ingombro di un metro cubo!

Il fatto è che le odierne batterie si basano su processi che hanno una natura essenzialmente chimica. Lo scambio delle cariche che si verifica sui materiali utilizzati richiede grandi volumi densamente riempiti di massa, nonché tempi di reazione protratti (ricarica).

### *6. Possibili accumulatori del futuro*

In un domani nemmeno troppo lontano la nanotecnologia (ingegneria costruttiva in spazi microscopici) potrebbe introdurre novità cruciali. In particolare, se le attuali ricerche attorno ai condensatori avranno successo la e-mobility adotterà accumulatori fisici o chimico-fisici, in luogo di quelli attuali puramente chimici.

Ridotto all'osso, un condensatore altro non è che un elemento composto da due piatti contrapposti e separati da un isolante. Posti sotto tensione, i due piatti possono accumulare cariche di segno opposto, conservando così un potenziale elettrico che può essere restituito all'occorrenza. I condensatori sono presenti in qualunque circuito elettronico e servono a governare il modo e i tempi in cui si distribuisce una corrente. Nel nostro caso i condensatori servirebbero però da accumulatori fisici.

Qual'è la difficoltà da superare? Un condensatore lavora in base alla superficie dei suoi piatti. Per ottenere una carica simile a quella contenuta in una batteria anche piccola

occorrerebbe disporre di piatti ciclopici. Insomma, il problema del volume delle batterie verrebbe trasformato in un problema di superficie, sempre causando problemi d'ingombro e alloggiamento.

Ecco che qui entra in ballo la nanotecnologia. Per suo tramite si sta cercando di corrugare la superficie dei piatti su scala microscopica, in modo da aumentarne la superficie senza però incrementare troppo i volumi (una soluzione adottata anche dall'evoluzione biologica, ad esempio per ottenere nell'intestino degli animali grandi aree di scambio metaboliche). Se il traguardo verrà raggiunto gli accumulatori potranno essere molto più leggeri e compatti; potranno inoltre essere caricati in modo quasi istantaneo, appunto come avviene con i condensatori; infine, essi non subiranno alcun decadimento negli anni.

Il compito non è semplice, ma i finanziamenti per questa ricerca sono sostenuti (soprattutto negli Usa). È possibile che si passerà per soluzioni intermedie chimico-fisiche. Già oggi alcune ricerche applicano la nanotecnologia alle batterie chimiche, raggiungendo in via sperimentale densità di carica di oltre 1 kWh per ogni kg. Si tratta di un valore del tutto cautelativo, ma già 4-5 volte superiore a quello delle migliori batterie agli ioni di litio in circolazione.



### *7. La sensazionale Model S della Tesla*

La nostra visione sui consumi energetici della auto elettriche è però ancora miope. Per correggere il tiro conviene fare un esempio reale. Riferiamoci per questo all'eclatante e pretenziosa 'Model S' costruita dalla Tesla, l'azienda automobilistica californiana concepita dall'imprenditore Usa visionario Elon Musk (fondatore, tra le altre cose, di PayPal, l'azienda che gestisce i pagamenti via Internet). Per la cronaca, la Tesla, che non ha una produzione su larga scala, ha ricevuto un prestito di circa mezzo miliardo di dollari dal

Dipartimento dell'Energia Usa per lo sviluppo di modelli elettrici. La cifra è peraltro stata restituita con nove anni di anticipo sui termini di rientro, a testimonianza dell'interesse del mercato per quei modelli.

La Model S è una grossa e potente berlina, costruita su scocca Jaguar. Essa può essere equipaggiata nella configurazione più performante con sofisticate batterie agli ioni di litio da 85 kWh (366 V, raffreddate ad acqua, non inquinanti, riciclabili al 60%, garantite 8 anni per km illimitati). Si tratta di una struttura alloggiata sotto l'abitacolo, lunga 2 m, larga 1.2 m e spessa 15 cm (0.36 metri cubi) che pesa circa 600 kg; si tratta in verità di una massa limitata rispetto alla carica contenuta. La Tesla dichiara un'autonomia di 480 km a 90 km/h. L'ultimo dato non è però del tutto realistico. Considerando un traffico anche scorrevole, le inevitabili variazioni di carico portano a ritenere più ragionevoli valori attorno ai 400 km, riferiti comunque a uno stile di guida 'zen', come attestano le esperienze. Con questa condotta accorta potremmo guidare da Basilea a Losanna e ritorno senza mai mettere in carica gli accumulatori. Con la nostra utilitaria a gasolio potremmo fare un viaggio in più.

Mettere testa a testa una piccola vettura da 15'000 CHF con la grande Model S da 100'000 CHF (140'000 CHF per il top di gamma) può apparire incongruente, ma è invece significativo. I numeri ci permettono infatti di stimare che alla seconda basterebbero meno di 130 kWh per coprire una percorrenza di 600 km che la prima garantisce solo con 315 kWh, due volte e mezza tanto. Lungo una tratta piana di 100 km il consumo dell'auto elettrica della Tesla si attesta dunque sui 22 kWh, mentre la piccola auto dell'esempio deve prelevare 53 kWh dal gasolio.

Nel nostro esempio l'utilitaria a gasolio consumerebbe la stessa energia della Model S se consumasse solo 2 litri di gasolio ogni 100 km, invece di 5. Teniamo però presente che l'utilitaria pesa 8-900 kg e dispone di circa 65 CV, mentre la Model S possiede una massa di oltre 2110 kg a vuoto, di cui ben 600 di batterie ad alta concentrazione, ed eroga la bellezza di 421 CV con il suo propulsore trifase a corrente alternata.

#### *8. L'ottimo rendimento del motore elettrico*

Il paragone che abbiamo stabilito non fa brillare la Tesla per autonomia di percorrenza, ma nemmeno la mortifica se si considera il peso e la cavalleria disponibile. Il fatto è che il motore Diesel ha un rendimento reale del 25% (comunque molto più alto di quello a benzina che si ferma al 15%); in altre parole, tre quarti dell'energia del carburante vanno irreversibilmente persi in calore. Un motore elettrico moderno è straordinariamente più efficiente e perde soltanto una parte su dieci dell'energia incamerata nell'accumulatore.

Inoltre, a veicolo fermo il motore elettrico non consuma nulla; consuma pochissimo anche negli 'stop-and-go'. Un motore termico impegna invece una notevole porzione di energia soltanto per vincere i propri attriti interni e rimanere acceso. Le auto dotate di dispositivo 'start & stop' evitano il problema del consumo in sosta, ma sono talvolta problematiche nel traffico cittadino di punta, dato che il motore si accende e si spegne in continuazione nello spazio di alcune decine di metri.

In quanto alla conservazione delle cariche elettriche negli accumulatori, va detto che una discreta porzione va persa a causa delle dispersioni connesse con la circolazione della corrente (effetto Joule, circuiti parassiti, ecc). A ciò vanno aggiunte le notevoli dissipazioni durante il processo di ricarica (pari anche al 30%). Tutto ciò mortifica il rendimento superlativo del motore elettrico, portando il consumo totale di energia, rispetto a quanto

assorbito dalla colonnina, a valori che raramente scendono sotto i 20 kWh reali per ogni 100 km percorsi (per la Model S si tratta di circa 29 kWh ogni 100 km), sebbene i produttori millantino condizioni più favorevoli in termini di consumi e di efficienza di ricarica.

### *9. Le prestazioni del motore elettrico*

Diciamolo subito: i motori elettrici manifestano una risposta immediata al pedale dell'acceleratore e un'erogazione strepitosa. A parità di potenza massima raggiungibile, essi garantiscono sistematicamente più ripresa e accelerazione di qualunque motore a benzina o a gasolio. Molto di più.

Prendiamo ancora il nostro riferimento superiore: la Model S della Tesla. L'auto americana eroga una coppia (momento torcente sull'albero) di 600 Nm, più o meno come un turbodiesel moderno di 3500 cc (i motori a gasolio hanno notoriamente delle coppie elevate, circa il 30% in più rispetto a un motore a benzina di pari potenza). La differenza la Tesla non la fa però per il valore della coppia, bensì per la sua distribuzione lungo l'arco di funzionamento. Quel numero è infatti mantenuto costante dall'inizio della rotazione, sino a regimi elevati (decrese solo da 5'300 rpm). È questa una condizione dinamica che garantisce un divertimento e uno sprint che nessun motore termico può assicurare. Per intenderci, la Model S di oltre 2.1 tonnellate accelera da zero a 100 km/h in soli 4,5 s e passa da 70 a 120 Km/h in 3,5 s. Se però si considerano le riprese a velocità più elevate o l'accelerazione 0-60 km/h la Tesla se la gioca con delle vere e proprie supercar.

La Model S è un prodotto di punta, ma le buone prestazioni in accelerazione e ripresa caratterizzano spesso anche i segmenti inferiori della e-mobility. La generosa e costante distribuzione della coppia motrice spiega tra l'altro perché le vetture elettriche siano in genere prive di cambio.

Naturalmente, questa disponibilità dinamica, qualora sfruttata a fondo per il gusto che offre, si paga con un pronunciato consumo della carica stoccata negli accumulatori. Questo è il motivo per cui alcuni motori elettrici vengono limitati nell'erogazione o nella potenza massima installata. Questo avviene tipicamente per le vetturine concepite per la circolazione cittadina, laddove inoltre l'esuberanza del motore elettrico potrebbe causare problemi di stabilità.

La Model S punta invece su autonomie e prestazioni elevate. Certamente, la Tesla riesce a offrire entrambe, ma solo per rapporto ad altre vetture elettriche. Poiché infatti nemmeno la Tesla può fare miracoli con l'attuale tecnologia degli accumulatori, il possessore di una Model S non può sperare di avere lo stesso abbinamento di prestazioni e percorrenze su cui può contare chi guida una potente vettura a carburante. Può fare specie che un conducente che abbia sotto il sedile una cavalleria non da poco si trovi poi a temere di premere eccessivamente il pedale del 'gas'. D'altra parte, egli può compensare questo ammanco con una resa dinamica oggi unica nel suo genere, grazie alle doti del motore derivato dagli studi di Faraday.

### *10. Le auto elettriche sono care*

Non va dimenticato che i veicoli elettrici ricaricano la batteria ogni qual volta non sia richiesta la sua risorsa, ovvero quando essi avanzano per inerzia o quando sono in decelerazione e in frenata. Ciò spiega perché non appena si levi il piede dal gas il veicolo

rallenti sensibilmente. In questi casi il motore elettrico inverte il suo funzionamento e si comporta come una dinamo. Stiamo parlando di una bella fetta di energia che con un motore a carburante andrebbe altrimenti dissipata nell'ambiente in forma termica.

Si può a questo punto pensare che la condizione sia sensibilmente favorevole per le auto elettriche piccole. Tuttavia, non è proprio così. Nell'impiego quotidiano i motori elettrici assorbono un quantitativo di energia che, a parità di peso, risulta molto meno dipendente dalla potenza installata di quanto non capitino ai motori termici. Questo significa che per realizzare un veicolo di segmento basso che garantisca una percorrenza analoga a quella della Model S non si può contare sull'adozione di batterie molto ridotte; occorre per contro moderare le potenze, onde evitare che lo sfruttamento del motore esaurisca velocemente la carica.

Un paio di centinaio di kg sono in genere il limite massimo oggi ammesso per le vetturine da città, sia in termini di peso parziale sul totale, sia come aggravio di costi. Le batterie sono infatti la componente più cara dell'intero veicolo (possono raggiungere 1/3 del valore complessivo). Ecco però che il peso resta comunque elevato e le autonomie si riducono, non arrivando in genere a superare i 120 km reali in piano con un pacco di accumulatori da 18 kWh, corrispondenti a un consumo di 15 kWh ogni 100 km. Un po' poco per un'auto che costa all'incirca 28'000 CHF, cioè fino al 50% in più di un analogo modello con motore termico, spesso capace di velocità di 30-50 km/h più elevate. Si tratta di valori medi, ogni modello può differire parzialmente in meglio o in peggio dalla situazione mostrata.

La sofisticata Model S, diversamente da molte utilitarie elettriche, è in questo contesto un'auto dal prezzo leggermente più 'allettante' per chi vuole prestazioni, lusso e innovazione tecnologica. Essa si rivolge a un pubblico abbiente e che non teme gli esborsi per gli eventuali guasti riconducibili all'inevitabile immaturità del settore.

Ad ogni modo, grandi o piccole, le auto elettriche non sono certo a buon mercato, nemmeno quando l'acquisto viene agevolato da politiche d'incentivazione le quali assumono di solito la CO<sub>2</sub> emessa come parametro di riferimento.

### *11. Le batterie pesano sul costo chilometrico*

Naturalmente, il prezzo d'acquisto è solo una parte della storia. Ci sono anche i consumi e i costi d'esercizio. Un kWh costa attualmente in Svizzera 0.20 CHF per un nucleo familiare medio. Questo vuol dire che per caricare i serbatoi da 15-20 kWh di un'utilitaria elettrica bisogna spendere 3-4 CHF. Il consumo reale si aggira come anticipato sui 20 kWh ogni 100 km, cioè 4 centesimo al km, comprendendo le perdite all'atto della ricarica.

Il costo chilometrico per il consumo di carburante della nostra utilitaria a gasolio che con un litro di gasolio (oggi circa 1.74-1.90 CHF nel Cantone) percorre 20 km è più del doppio. Inoltre, i prezzi dei carburanti tendono ad aumentare di più di quelli dell'energia elettrica. Infine, essi si portano appresso un'odiosa incognita fiscale: per i governi di molti paesi le tasse sui carburanti sono un metodo sicuro per fare cassa o per ottenere risorse per le infrastrutture.

Già, ma se teniamo conto della necessaria sostituzione delle batterie, che nell'uso medio si ha già dopo circa 35'000 km (anche se alcuni tipi di accumulatori sono alquanto longevi), il costo chilometrico dell'auto elettrica lievita drasticamente. A questo riguardo è meglio non accennare a vetture di lusso come la Model S, giacché un ricambio di batterie può costare anche 40'000 CHF! La Tesla ottiene interesse sul mercato con un prezzo di vendita che nel settore di competenza è abbastanza allineato ai veicoli a combustione, ma che maschera costi di esercizio stellari. Non che altri marchi regalino le batterie. Per

un'utilitaria elettrica il costo di ricambio si aggira pur sempre sui 7'000 CHF.

Diversi fattori economici diretti o indiretti possono alleggerire gli oneri economici della e-mobility o renderli più flessibili rispetto all'utenza. Un esempio è costituito dalla possibilità di noleggiare le batterie e dalle lunghe garanzie per esse fornite da alcuni marchi. Per dare un'ordine di grandezza, il noleggio delle batterie di un'utilitaria elettrica può ammontare a 100 CHF al mese per una percorrenza di 20'000 km all'anno. I produttori hanno politiche di vendita che, a seconda dei casi, spostano il peso più sul risparmio nell'acquisto oppure su quello d'esercizio.

Ricapitolando, malgrado l'auto elettrica assorba molta meno energia di un analogo modello termico per ogni km percorso e malgrado l'unità di energia si paghi molto meno quando si attinge dalla rete, essa aggrava le tasche dell'utilizzatore con un costo chilometrico complessivo (consumo, acquisto, manutenzione) superiore anche dell'80% rispetto a quello di un'analogia auto a carburante; si tratta di dati forse poco noti. Ma è anche vero che nel giro di qualche anno il prezzo delle batterie potrebbe calare sensibilmente.



## *12. Le auto elettriche non sono quasi mai a zero emissioni*

A questo punto si dirà che le auto elettriche hanno dalla loro il vantaggio di essere 'verdi'. Questo è vero, ma solo in parte, cioè solo localmente, non globalmente. Bisogna ricordare che l'elettricità è una fonte secondaria, cioè dipende dalla conversione delle energie offerte dalla natura.

In quasi tutti i paesi industrializzati l'energia elettrica deriva da un mix di sfruttamento che comprende i combustibili fossili (gas, carbone, petrolio). Ricaricare le batterie dalla rete nazionale significa quindi attingere anche a quelle sorgenti primarie. Se inoltre è vero che

un motore elettrico è straordinariamente più efficiente di uno termico, è altrettanto vero che la conversione in energia elettrica del potenziale offerto da una fonte fossile è un processo che comporta delle ineluttabili perdite.

In definitiva, il viaggio con un'auto elettrica è un viaggio pulito ed efficiente, ma che potrebbe richiedere altrove l'immissione in atmosfera di inquinanti e gas serra, consumo massivo di ossigeno, nonché delle perdite energetiche. Sostenere pertanto che la e-mobility sia a emissione zero è spesso solo uno slogan. Alla luce dei problemi economici che in Europa stanno incontrando le fonti eoliche e solari, non sembra che la transizione della produzione primaria alle rinnovabili sia così semplice e veloce come la si prospettava all'inizio.

Il consumo dell'energia elettrica in Svizzera è stata fino ad oggi in gran parte (80%) concesso da centrali nucleari e idroelettriche. Circa 1/5 dell'elettricità si deve però a importazioni di origine non omologabile (dati 2007), ma che per lo più fanno probabilmente capo a fonti fossili. In questo senso si può dire che una vettura elettrica circolante nel nostro Paese è a emissione moderata: il suo funzionamento attinge a una produzione primaria in cui le fonti carboniose sono ancora limitate.

Se tuttavia un domani la chiusura degli impianti nucleari verrà compensata in misura più o meno rilevante col ricorso a centrali termiche nazionali o estere, ebbene una vettura elettrica potrebbe risultare in Svizzera addirittura meno eco-compatibile di una che monta un motore termico di generazione avanzata.

### *13. La sicurezza delle vetture elettriche*

L'NHTSA, che negli Usa si occupa di sicurezza stradale, ha assegnato alla Model S della Tesla cinque stelle, il più alto rating finora registrato. Parte di questo primato si deve alla deformabilità anteriore della carrozzeria in caso di urto frontale. Non essendoci sotto il cofano alcun motore termico (il motore elettrico è posto tra le due ruote posteriori), si può strutturare meglio la parte anteriore della vettura. La condizione evita inoltre che masse pesanti possano schiacciare o invadere l'abitacolo.

L'assenza del motore anteriore può costituire un vantaggio per la sicurezza in molte vetture elettriche. Alla sicurezza concorre anche l'assenza di carburanti che possono incendiarsi in caso d'incidente. Vanno forse esclusi dal discorso i sofisticati accumulatori agli ioni di litio che, stando a quanto sembrano mettere in evidenza alcuni episodi che hanno interessato proprio la Model S (successivamente modificata), possono prendere fuoco a seguito di danneggiamenti ingenti. Le batterie agli ioni di litio hanno in alcune sporadiche evenienze preso fuoco anche all'interno di computer portatili.

Anche la distribuzione dei pesi può essere ottimizzata nelle vetture elettriche, aumentando la sicurezza attiva. Infatti, i pesanti accumulatori vengono solitamente alloggiati sul fondo e in posizione centrale, conferendo maggiore stabilità e omogeneità comportamentale al veicolo. La massa della Model S, ad esempio, grava per il 50% sull'asse anteriore e per il 50% su quello posteriore.

Infine, per quanto possa apparire curioso, la grande silenziosità delle auto elettriche può in alcune circostanze costituire un fattore di pericolo. Il fatto è che risulta più difficile avvertire il sopraggiungere dei veicoli. Si tratta di una minaccia che riguarda soprattutto i pedoni i quali spesso si basano istintivamente sui segnali acustici per orientarsi nel traffico stradale. Questo è il motivo per cui alcune vetture elettriche vengono munite di sintetizzatori acustici

che producono dei suoni artificiali.

#### 14. Le vetture ibride

Particolare successo di vendita stanno riscuotendo i veicoli ibridi dotati di un motore a carburante che funziona in accoppiamento a uno elettrico. Si stima che fra pochi anni nei paesi industrializzati un'auto su cinque sarà ibrida. In Giappone attualmente le ibride sono le auto più vendute. L'offerta si dispiega qui in varie gamme di potenze elettriche aggiunte, ma l'idea sottostante è sempre la medesima: contribuire all'erogazione dell'unità termica con un'unità elettrica ad alto rendimento. Nei casi fortunati la proposta incontra armoniosamente le esigenze dell'utilizzatore, offrendo prestazioni e contenendo i costi chilometrici totali al di sotto di quelli segnati dalle auto a carburante più moderne.

L'impostazione concettuale cui fanno capo gli ingegneri è quella di evitare di perdere totalmente in calore l'energia cinetica del veicolo, ogni volta che occorre rallentare o frenare. Si tenta cioè di racimolare qualche kWh dall'abbrivio del veicolo e di immagazzinarlo negli accumulatori, invece di disperderlo inutilmente nell'ambiente.

Il propulsore elettrico viene in suffragio del motore termico nelle accelerazioni, fase durante la quale il secondo consuma molta più energia. Nelle successive fasi di inerzia e decelerazione una porzione di energia (dipendente dall'efficienza del sistema) viene nuovamente accumulata nelle batterie. Il recupero in frenata è concettualmente identico a quello che avviene in un'auto completamente elettrica. La differenza sta nella riduzione della capacità delle batterie, finalizzata a non aumentare troppo il prezzo e il peso della vettura.

S'intuisce dunque perché i veicoli ibridi risultino particolarmente efficienti nelle andature variabili o con molti stop-and-go, mentre poco adatti risultano essere sulle tratte a velocità costante. Così, chi percorre tratti lunghi ad andatura costante non ottiene benefici da un veicolo ibrido, ma solo svantaggi. In autostrada un'auto di questo genere ha poche occasioni di rallentare, ricaricando la batteria.

È ben vero che la variazione di carico (in città) peggiori i consumi in una misura ben superiore al miglioramento offerto in rallentamento da parte del modulo elettrico. Tuttavia, a velocità costante autostradale il motore termico funziona obbligatoriamente da solo e a regimi più elevati, dovendo spingere una notevole zavorra aggiuntiva. Ciò determina che molti veicoli ibridi consumino di meno in condizioni urbane che in autostrada, come del resto fanno i tassisti che conducono auto ibride in molte città del mondo.

La ricarica della batteria viene gestita secondo criteri che variano da modello a modello. Poiché comunque l'energia elettrica assorbita nelle accelerazioni è sempre superiore a quella recuperata nelle decelerazioni e nelle frenate, la batteria deve ogni tanto essere caricata a erogazione moderata, cioè a pedale del gas premuto a gradi intermedi. Di solito, questo prelievo dal motore termico viene innescato quando il livello nell'accumulatore è ritenuto insufficiente secondo la logica di ottimizzazione del software. Avviene così che la percentuale di riempimento delle batterie oscilla intorno a un valore medio (mobile) che si attesta intorno al 50%.

Con questa strategia nei percorsi a carico fortemente variabile viene recuperato circa il 15-20% dell'energia totale altrimenti impiegata da un veicolo confrontabile a propulsione termica. Se a ciò aggiungiamo il miglior rendimento di erogazione di un motore elettrico si capisce per quale motivo una vettura ibrida riesca in città a percorrere più di 25 km con un solo litro di carburante. Ad alcune recenti vetture ibride con accumulatori capienti sono attribuiti consumi di meno di 2 litri per 100 km. Bisogna però considerare che il ciclo di

riferimento prevede un tratto lungo (50 km) a percorrenza solo elettrica.



### *15. Le opportunità e le obliquità dell'e-mobility*

Dobbiamo concludere che un'auto totalmente elettrica sia poco consigliabile? Non si può dire questo. Certamente, alcuni acquirenti sono attratti più dalla novità, dall'esclusività o dal desiderio di mostrarsi amichevoli nei confronti dell'ambiente che dai reali benefici. Tuttavia, anche le mode fanno girare i soldi e foraggiano gli investimenti. Non è difficile immaginare che, a fronte di un mercato più esteso e progredito, le economie di scala renderanno le batterie più performanti e a buon mercato, abbattendo i prezzi di acquisto e i costi di utilizzo delle auto elettriche.

A ciò bisogna aggiungere il fatto che la transizione verso le rinnovabili è un processo avviato da alcuni anni che pare improbabile poter invertire. Per quanto irta di ostacoli, la cosiddetta 'svolta energetica' voluta dalla Germania sta lasciando delle tracce che condizioneranno i mercati del futuro, senz'altro incluso quello della e-mobility.

Naturalmente, per la diffusione di vetture elettriche (o ibride plug-in) occorre disporre anche di una distribuzione sul territorio di punti di ricarica ben attrezzati. In altre parole, non è solo la domanda che potrà favorire la e-mobility, ma occorrerà che anche l'offerta risulti adeguata. Senza punti di rifornimento sparsi lungo la rete stradale le vetture elettriche non potranno essere utilizzate dai loro conducenti con serenità d'animo.

La maturità del mercato dell'e-mobility potrebbe diventare un fattore di promozione

dell'energia rinnovabile. In particolare, gli utilizzatori che vogliono avere la certezza di guidare un'auto elettrica realmente eco-sostenibile troveranno invitanti gli erogatori che attingono da fonti rinnovabili, per esempio presso stazioni dotate di pannelli fotovoltaici. A proposito di ambiente, è d'uopo segnalare anche il rovescio della medaglia che riguarda, tanto per cambiare, le batterie. Questi dispositivi pongono talvolta dei seri problemi di smaltimento, per via dei materiali inquinanti con cui sono costruiti. Alcune batterie vengono invero definite come non inquinanti, tuttavia bisogna inglobare nella valutazione anche il carico ambientale causato dalla loro realizzazione. Ad esempio, i materiali di cui si costituiscono possono richiedere l'attività di miniere di litio e cobalto che sono in genere devastanti nei confronti del territorio. Le più lucrative di queste miniere sono inoltre presenti in paesi instabili come la Bolivia o la Repubblica Democratica del Congo. Costruire queste batterie significa dunque stabilire un commercio ricco di lati oscuri e obliquità con questi paesi.

Roberto Weitnauer