

# La diffusione dell'auto elettrica: uno sguardo a livello mondiale

ROMEO DANIELIS

DEAMS, Università di Trieste

## 1 INTRODUZIONE

L'automobile elettrica (AE) rappresenta un interessante caso dal punto di vista dell'economia industriale e della storia dei trasporti e della tecnologia. Si tratta di una forma di alimentazione delle vetture che è già stata storicamente sperimentata verso la fine del XIX secolo, essendo infatti le prime automobili funzionanti con motori elettrici, superata quindi dai motori a combustione interna<sup>1</sup> (detti anche motori termici), per ripresentarsi poi negli anni 80, sparire misteriosamente, (si veda il documentario di Chris Paine "Who killed the electric car?") e ripresentarsi quindi meno di un decennio fa. Riuscirà ora l'AE a diffondersi e a conquistare un ruolo nel mercato delle automobili? O diventerà addirittura la forma di alimentazione dominante come sognano i suoi sostenitori?

Questo capitolo introduttivo vuole fare il punto sulle recenti tendenze del mercato automobilistico a livello mondiale, dominato dalle automobili a motore termico. Si sostiene quindi che le implicazioni energetiche e ambientali di questi trend rendono interessante l'adozione dell'AE per alcuni suoi vantaggi intrinseci. Per la prima volta, escludendo le fasi di inizio '900, le AE sembrano penetrare il mercato con buoni tassi di crescita, anche nei segmenti di mercato ricchi (quali quello delle auto di lusso e delle auto sportive), grazie alle loro elevate performance, ma in numeri ancora molto contenuti.

Diventa perciò interessante, proprio dal punto di vista dell'economia industriale e della storia dei trasporti e della tecnologia, esaminare i fattori e gli ingredienti che potrebbero permettere la diffusione delle AE. Si scopre che il futuro dell'AE dipende, non sorprendentemente, dalla ricerca di base, dagli imprenditori, dalle scelte dei consumatori e da quelle dei decisori politici. Si scopre quindi che anche

---

<sup>1</sup> Il motore a combustione interna è definito come macchina motrice endotermica che permette di convertire l'energia chimica, posseduta da una miscela aria-combustibile (benzina, diesel, gpl, metano, ecc.), in lavoro meccanico reso disponibile all'albero motore ed in generale al sistema di trasmissione.

l'AE, come molte altre innovazioni che cambiano la vita delle persone, è un prodotto sociale, nel senso più ampio del termine.

## 2 LA DIFFUSIONE DELL'AUTOMOBILE A MOTORE TERMICO

Sebbene molti inventori e ingegneri si dedicarono alla sperimentazione dell'automobile (tra cui Gottlieb Daimler, Wilhelm Maybach e Siegfried Marcus), la costruzione della prima automobile dotata di motore a combustione interna è attribuita a Karl Benz nel 1885, al quale fu riconosciuto un brevetto (Benz Patent-Motorwagen)<sup>2</sup>.

La produzione in larga scala, utilizzando la tecnica della catena di montaggio, un'idea già sperimentata in alcuni casi precedenti<sup>3</sup>, è però riuscita soprattutto a Henry Ford nei primi anni del XX secolo. Da un'iniziale livello di produzione nel 1909 di 10 mila auto all'anno della famosa FORD Model T, venduta ad un prezzo di \$825, si passò rapidamente a 170 mila vetture nel 1913, poste sul mercato ad un prezzo di \$525. Un decennio dopo, nel 1923, Ford produceva 2 milioni di Model T all'anno ad un costo di \$364, aprendo stabilimenti in Francia e Gran Bretagna (1911) e in Germania (1925). La tecnica della catena di montaggio fu presto imitata da altri produttori, tra cui Citroën.

Fu questo l'avvio dell'industria automobilistica, uno dei settori che per dimensioni, diffusione internazionale e legami a monte ed a valle, ha maggiormente caratterizzato lo sviluppo economico del XX secolo. Secondo ACEA (European Automobile Manufacturers Association), nel 2011 nella EU-27 l'occupazione diretta del settore automobilistico è stata pari a 2.2 milioni di persone e quella indiretta a 12.7 milioni, con un fatturato di 843 miliardi di euro, un valore aggiunto pari a 154 miliardi ed una spesa in R&D pari a 32 miliardi di euro.

Negli ultimi decenni, le vendite di automobili a livello mondiale – una statistica non facile da reperire e tutt'altro che ben definita data la numerosità e la varietà di automobili prodotto a livello mondiale – si attesta sui 70 milioni di vetture all'anno (Figura 1), in crescita molto rapida negli ultimi decenni, dato che il valore medio annuale delle vendite è stimato essere di circa 40 milioni nell'ultimo decennio del XX secolo e di circa 50 milioni nel primo decennio del XXI secolo.

Il dato crescente aggregato nasconde però tendenze assai differenziate tra i paesi, come mostra la Figura 2.

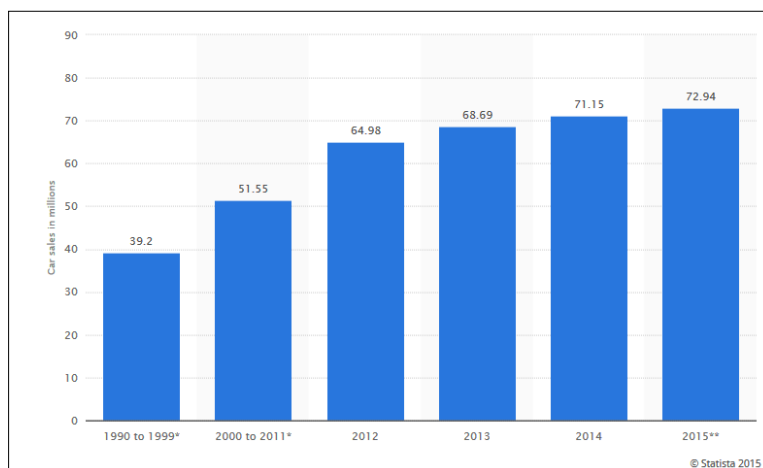
Mentre alcuni paesi mostrano dinamiche di crescita delle vendite annuali generalmente costanti (USA, Giappone), moderatamente crescenti (India, Russia e Brasile) o calanti (EU15 + EFTA<sup>4</sup>), la Cina ha avuto una dinamica di crescita delle vendite annuali di automobili in rapidissimo aumento, passando da 4 milioni di auto all'anno a 16 milioni, superando già da sola a partire dal 2010 i paesi EU15 + EFTA (Figura 3).

Tali tendenze sono spiegabili alla luce dei tassi di crescita economica e dei livelli di motorizzazione finora raggiunti. Questi ultimi si presentano, infatti, ancora assai differenziati. La Tabella 1 riporta i dati più recenti e disponibili relativi a tutti i veicoli a motore quali automobili, SUV, camion, furgoncini,

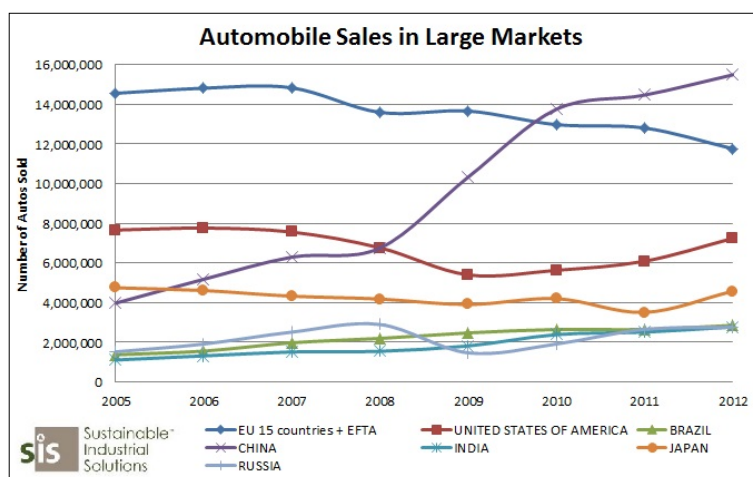
<sup>2</sup> Benz brevettò il suo primo motore nel 1879, su progetto del 1878. Il motore, assieme ad altre sue invenzioni, lo condussero alla costruzione della sua prima Motorwagen nel 1885 a Mannheim, in Germania. La richiesta di brevettazione per la Motorwagen è del 29 gennaio 1886 (sotto gli auspici del suo grande azienda, Benz & Cie, fondata nel 1883). Benz iniziò la promozione del veicolo il 3 luglio 1886 e vendette circa 25 Benz tra il 1888 e il 1893.

<sup>3</sup> La produzione su larga scala di automobili fu sperimentata da Ransom Olds nel 1902 nella sua fabbrica Oldsmobile a Lansing, Michigan, utilizzando le tecniche di catene di montaggio già sperimentate da Marc Isambard Brunel al Portsmouth Block Mills, in Inghilterra, nel 1802.

<sup>4</sup> I membri EFTA (European Free Trade Association) attuali sono la Norvegia, il Lichtenstein, l'Islanda e la Svizzera.

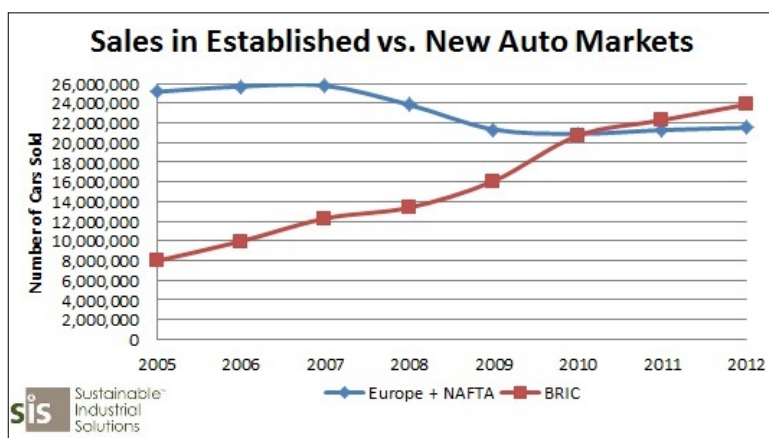


**FIGURA 1 – Numero di automobili vendute a livello mondiale dal 1990 al 2015 (in milioni). Il dato per il 2015 è stimato.**  
**Fonte: Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) Sales Statistics**



**FIGURA 2 – Vendite di automobili nel mondo.**

**Fonte: Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) Sales Statistics, <http://www.oica.net/category/sales-statistics/>**



**FIGURA 3 – Vendite di automobili nei mercati nuovi e tradizionali.**

**Fonte: Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) Sales Statistics, <http://www.oica.net/category/sales-statistics/>**

**Tabella 1 – Densità di veicoli motorizzati per abitante**

<b>Paese</b>	<b>Veicoli motorizzati per 1000 abitanti</b>	<b>Anno di riferimento</b>
United States	809	2011
Australia	731	2015
Malta	709	2011
New Zealand	708	2011
Italy	682	2011
Canada	607	2009
Spain	593	2011
Germany	588	2011
Japan	588	2010
France	578	2012
Switzerland	573	2011
Lithuania	560	2010
Belgium	559	2010
Finland	551	2011
Portugal	548	2010
Greece	537	2010
Netherlands	528	2010
Sweden	520	2010
United Kingdom	519	2010
Denmark	480	2010
South Korea	438	2012
Bulgaria	393	2010
Croatia	380	2010
Hungary	345	2010
Russia	317	2014
Argentina	314	2007
Mexico	275	2010
Brazil	249	2011
Turkey	233	2014
Iran	200	2012
South Africa	165	2010
Venezuela	147	2007
Tunisia	125	2010
Algeria	114	2010
China	113	2014
Morocco	70	2007
Egypt	45	2009
Cuba	38	2008
Nigeria	31	2007
Philippines	30	2010
Congo,	27	2007
India	18	2011
Pakistan	18	2010
Ethiopia	3	2007
Bangladesh	3	2010

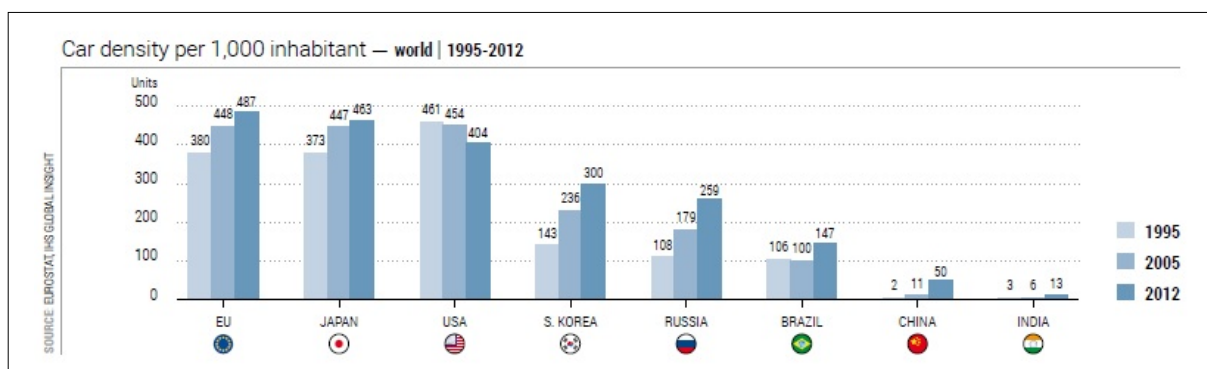
**Fonte: Wikipedia**

autobus, veicoli commerciali ed adibiti al trasporto merci, mentre sono esclusi i motocicli o altri veicoli a due ruote. Sono quindi da riferire sia al trasporto passeggeri che a quello merci.

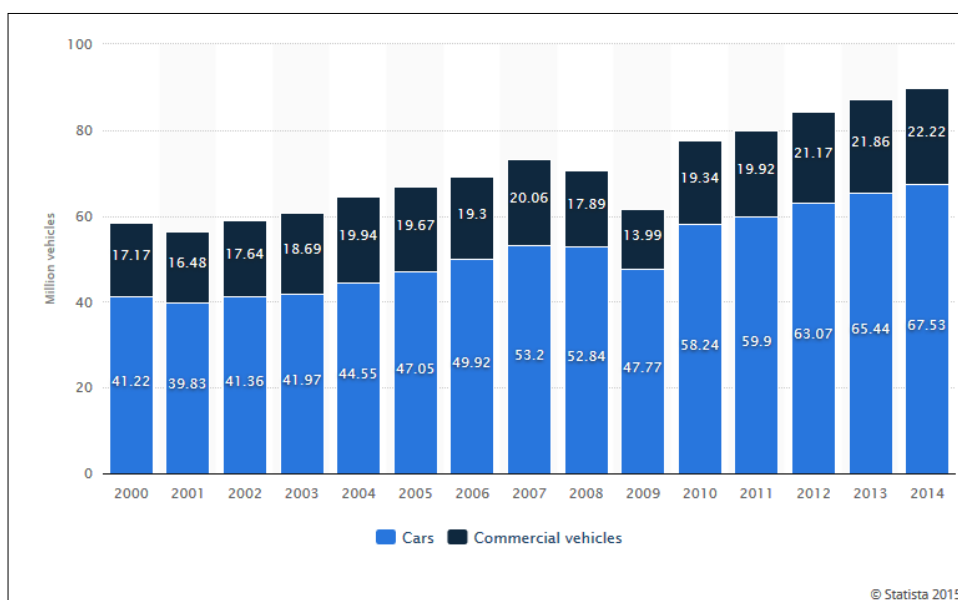
Ipotizzando una tendenza “naturale” dei paesi a raggiungere i 500 veicoli per 1000 abitanti, vista la libertà di movimento e l’accessibilità che consente l’automobile e le necessità del trasporto stradale delle merci, è naturale che i margini di incremento nella diffusione dei veicoli, incluse le automobili, in molti paesi in via di sviluppo sia ancora molto ampio.

Graficamente, e riferendoci solo alle automobili, la distribuzione mondiale è quella illustrata in Figura 4. È evidente che sia in atto a livello mondiale negli ultimi due decenni un processo di *catching up*.

Guardando alla produzione di veicoli a motore, invece che alla domanda, la situazione si presenta come illustrata in Figura 5. I veicoli alimentati da combustibili fossili continuano la loro inarrestabile ascesa. La loro diffusione a livello mondiale non smette di crescere, con l’eccezione di pochi anni, in particolare del 2009, anno di recessione mondiale. Dai 41 milioni di automobili del 2000 siamo passati ai 67 del 2014. Parallelamente, anche i veicoli commerciali sono cresciuti nello stesso periodo da 17 a 22 milioni.



**FIGURA 4 – Densità di automobili nel mondo**  
 Fonte ACEA [http://www.acea.be/uploads/statistic\\_images/EU\\_car\\_density.jpg](http://www.acea.be/uploads/statistic_images/EU_car_density.jpg)



**FIGURA 5 – Produzione mondiale di automobile dal 2000 al 2014 (in milioni)**

La crescita è, come ci si poteva attendere, principalmente dovuta alla diffusione dei veicoli nei paesi asiatici. La Tabella 2 riporta i dati per i principali paesi.

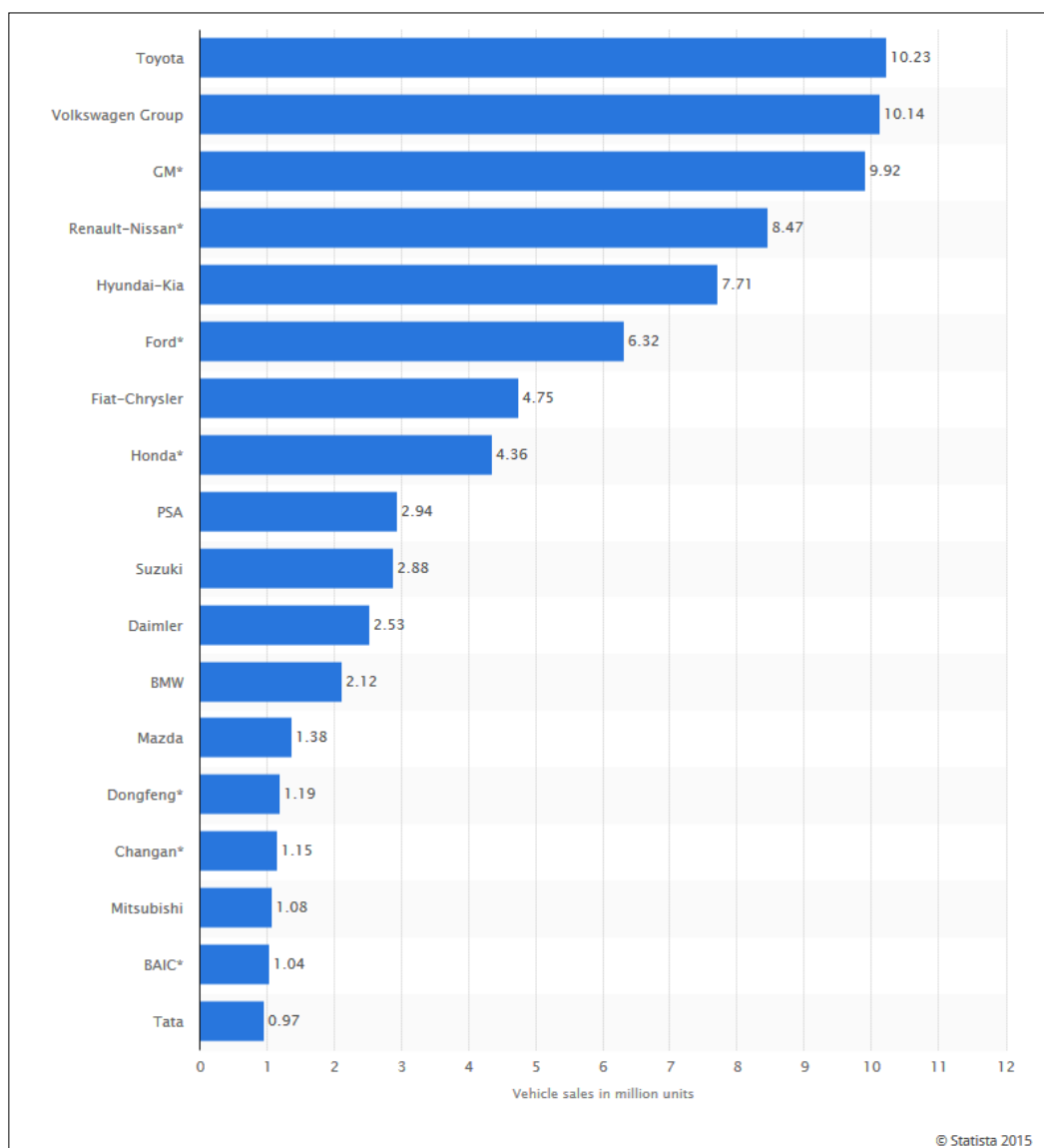
Appare evidente il grande sviluppo della produzione di veicoli in Cina, dai 2 milioni su 58 a livello mondiale del 2000 ai 23 su 89 a livello mondiale del 2014. Sia l'EU che gli USA invece arretrano in termini assoluti (e quindi anche in termini percentuali) tra il 2000 ed il 2014. Avanzano molto anche l'India, che ha prodotto circa 4 milioni di veicoli nel 2014 contro una produzione quasi nulla nel 2000, il Brasile, che ha raddoppiato la sua produzione, e la Corea del Sud. Evidente è anche il riposizionamento della produzione automobilistica in nuovi paesi a basso costo del lavoro come il Messico, la Thailandia, l'Indonesia e la Turchia. In Europa, tiene, pur riducendosi, la produzione tedesca, riposizionandosi in Spagna, Repubblica Ceca e Slovacchia. In calo sia la Francia che l'Italia.

La Figura 6 illustra chi sono i principali produttori di automobili. In testa troviamo un produttore giapponese, la Toyota, un gruppo tedesco, la Volkswagen, ed un gruppo americano, la General Motors. Al quarto posto abbiamo l'alleanza Renault-Nissan, che, per ora, è l'unico dei quattro che, come vedremo anche nelle prossime sezioni, ha decisamente puntato sull'AE.

**Tabella 2 – La produzione annuale di veicoli a motore nei principali paesi produttori (in milioni)**

Stato/Regione	2014	2000	1990	1980	1970	1960	1950
Mondo	89,75	58,37	48,55	38,56	29,42	16,49	10,58
Cina	23,72	2,07	0,51	0,22	0,09	0,02	0,00
EU	16,98	17,14	-	-	-	-	-
USA	11,66	12,80	9,78	8,01	8,28	7,91	8,01
Giappone	9,77	10,14	13,49	11,04	5,29	0,48	0,03
Germania	5,91	5,53	4,98	3,88	3,84	2,06	0,31
Corea del Sud	4,52	3,11	1,32	0,12	0,03	0,00	0,00
India	3,84	0,08	0,36	0,11	0,08	0,05	0,01
Messico	3,37	1,94	0,82	0,49	0,19	0,05	0,00
Brasile	3,36	1,68	0,91	1,17	0,42	0,13	0,00
Spagna	2,40	3,03	2,05	1,18	0,54	0,06	0,00
Canada	2,39	2,96	1,95	1,37	1,16	0,40	0,39
Russia	1,89	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Thailandia	1,88	0,41	0,30	0,07	0,02	0,00	0,00
Francia	1,82	3,35	3,77	3,38	2,75	1,37	0,36
UK	1,60	1,81	1,57	1,31	2,10	1,81	0,78
Indonesia	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rep. Ceca	1,25	0,46	0,00	0,23	0,02	0,00	0,00
Turchia	1,17	0,43	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00
Iran	1,09	0,28	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Slovacchia	0,90	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Italia	0,70	1,74	2,12	1,61	1,85	0,64	0,13
Argentina	0,62	0,34	0,10	0,28	0,22	0,00	0,00

Fonte: Wikipedia



**FIGURA 6 – I principali produttori di automobili. Fonte: Wikipedia**

### 3 IMPLICAZIONI ENERGETICHE E AMBIENTALI DELLA DIFFUSIONE DELL' AUTOMOBILE

Secondo l' Agenzia europea per l' ambiente (EEA) (<http://www.eea.europa.eu/it/themes/transport/intro>) "I trasporti sono responsabili di circa un terzo del consumo finale complessivo di energia nei paesi membri dell' AEA e di più di un quinto delle emissioni di gas serra, nonché di una parte considerevole dell' inquinamento atmosferico e acustico urbano". Ancora "I trasporti non sono solo il settore che consuma il maggior quantitativo di energia ma rappresentano anche, in termini di andamento dei consumi energetici, il settore che cresce più in fretta. Negli ultimi anni il consumo di energia nel settore dei trasporti è diminuito meno rispetto ad altri settori e quindi la sua quota ha continuato ad aumentare, raggiungendo il 33% nel 2009 per l' UE-27 (incluso il trasporto aereo internazionale ma non la navigazione internazionale).

Il miglioramento tecnologico dei motori ha ridotto le emissioni prodotte da tutti i settori dei trasporti rispetto al 199<sup>5</sup>, nonostante si sia verificato da allora un incremento delle attività di trasporto. Tuttavia, nel complesso, gli obiettivi di qualità dell'aria non sono stati raggiunti in molte aree dell'Europa. "Nel 2009, per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), che può provocare l'asma e altri problemi respiratori, i valori limite annuali sono stati superati nel 41% delle stazioni di monitoraggio del traffico. Inoltre nel 2009 il valore limite giornaliero per il PM<sub>10</sub> è stato superato nel 30% delle aree urbane di traffico nell'UE-27". Si stima inoltre che quasi 100 milioni di persone siano state esposte a livelli medi nocivi di inquinamento acustico di lunga durata provocato dai veicoli stradali sulle strade principali.

L'International Energy Agency (IEA) prevede che il trasporto (in termini di passeggeri e merci tonnellate km) raddoppi entro il 2050 e il corrispondente consumo di energia ed emissioni aumentino del 70% tra il 2010 e il 2050, nonostante i miglioramenti attesi della tecnologia dei veicoli (IEA, 2013). Tale aumento è principalmente dovuto ai previsti incrementi della mobilità in Cina e nei paesi in via di sviluppo (Figura 7).

Il prezzo del petrolio, il principale determinante della mobilità automobilistica è costantemente cresciuto nel corso dei decenni, abbandonando il valore di 20\$ al barile (a prezzi 2010) che aveva fino agli anni '70 dello scorso secolo, per raggiungere anche i 100\$ al barile (Figura 8), con un andamento negativo nell'ultimo anno (Figura 9).

In questo contesto, l'AE ha le seguenti potenzialità:

- può contribuire a ridurre notevolmente l'inquinamento atmosferico a livello urbano, essendo ad emissioni zero al momento dell'utilizzo;
- può contribuire a ridurre notevolmente l'inquinamento acustico a livello urbano, eliminando il rumore del motore e mantenendo solo il rumore da rotolamento degli pneumatici sul manto stradale;
- può contribuire a ridurre la dipendenza dal petrolio, nella misura in cui l'energia elettrica è prodotta da altre fonti fossili (metano) e non fossili (nucleare, idrica e rinnovabili);
- può contribuire a ridurre le modificazioni del clima a livello globale nella misura in cui è prodotta da fonti energetiche non fossili.

#### 4 L'AUTOMOBILE ELETTRICA

L'AE è un'automobile con motore elettrico che utilizza come fonte di energia primaria l'energia chimica immagazzinata in un "serbatoio" energetico costituito da una o più batterie ricaricabili e resa disponibile da queste al motore sotto forma di energia elettrica. L'AE non è certamente una novità nel mondo dell'automobile dato che le prime automobili erano elettriche. I limiti tecnologici delle batterie e dei motori elettrici imponevano però sia velocità che distanze contenute, tali da renderli progressivamente inferiori alle automobili con motori a combustione interna, soprattutto dopo che quest'ultimo ha risolto brillantemente il problema dell'accensione ricorrendo ad una piccola batteria elettrica.

Nonostante il netto miglioramento intervenuto in questi ultimi anni con le batterie agli ioni di litio, i limiti tecnologici ed economici che ancora le batterie presentano hanno fatto sì che l'industria automobilistica abbia messo sul mercato anche tecnologie automobilistiche intermedie tra le tradizionali automobili con motori a combustione interna quali le automobili con motori ibridi.

Un veicolo ibrido, o veicolo a propulsione ibrida, è un veicolo dotato di due sistemi di propulsione, ad esempio, un motore elettrico ed un motore termico. I due propulsori sono adatti a coesistere in quanto

<sup>5</sup> Nei 32 paesi europei studiati alla EEA le emissioni prodotte dai trasporti si sono ridotte tra il 1990 e il 2009 del 25% per l'ossido di azoto (NO<sub>x</sub>), del 27% per il particolato sottile (PM<sub>2,5</sub>), del 37% per l'ossido di zolfo (SO<sub>x</sub>), del 75% per l'ossido di carbonio (CO) e del 77% per i composti organici volatili non metanici (NMVOC).

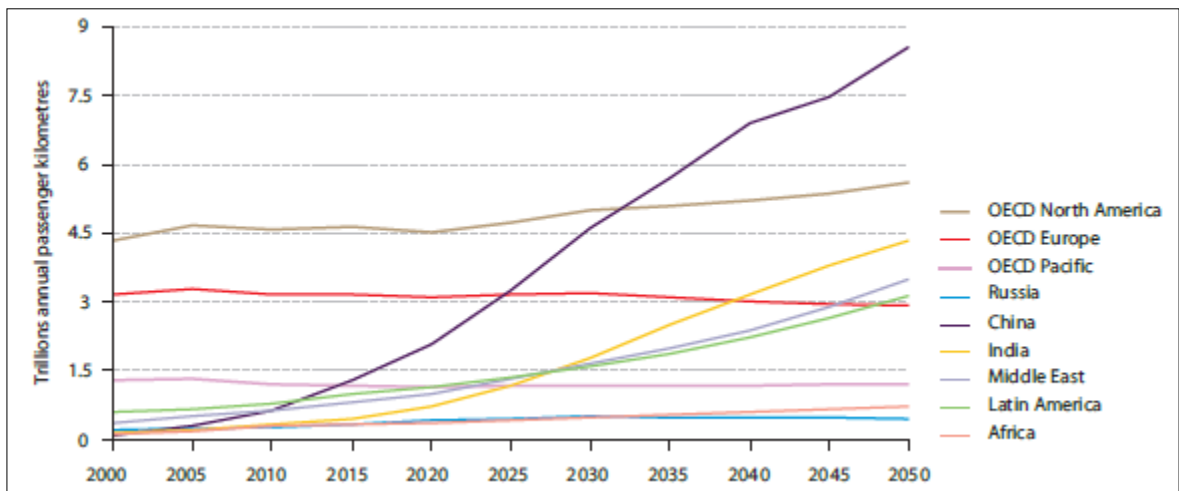


FIGURA 7 – Incremento del traffico automobilistico. Fonte: IEA

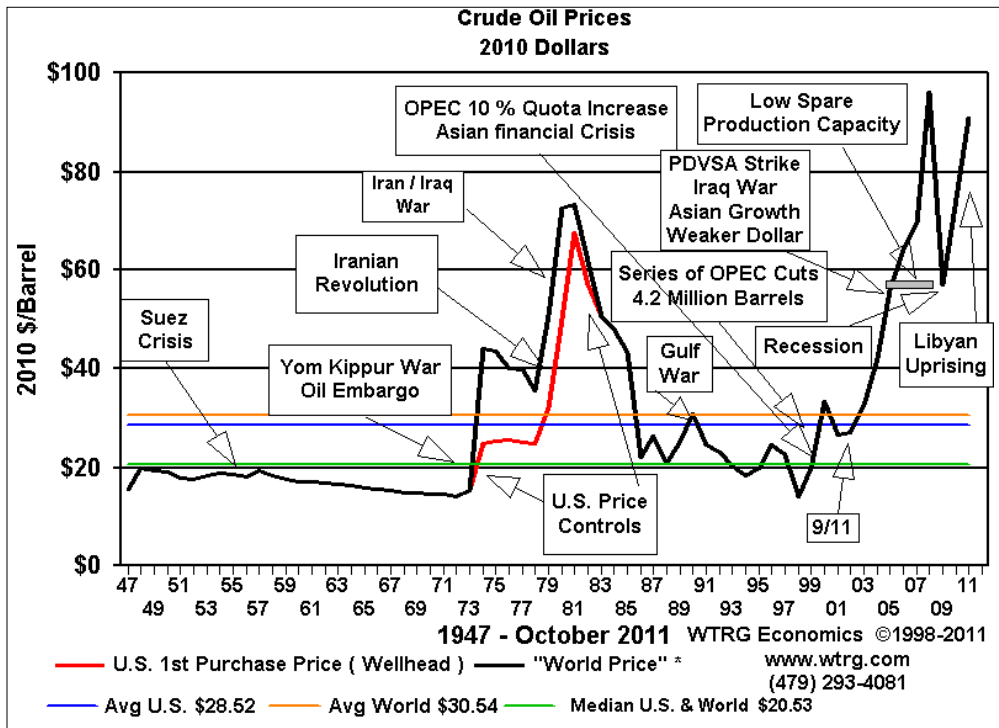


FIGURA 8 – Andamento del prezzo del petrolio nel dopoguerra



FIGURA 9 – Andamento del prezzo del petrolio dal 2010 al 2015

hanno caratteristiche complementari. Il motore a combustione interna trasforma l'energia chimica del combustibile (di notevole densità energetica e facilmente approvvigionabile dalla rete di rifornimento) con una efficienza accettabile. Il motore elettrico invece converte con una maggiore efficienza e versatilità un'energia disponibile a bordo in minori quantità.

Si possono avere diversi livelli di ibridazione.

Un primo livello si ha con le auto "micro-ibride". Esse sono vetture dove la parte elettrica, consistente nella normale batteria da 12 Volt al piombo ed il motorino di avviamento da 2-3 kW, consente la funzione Stop&Start del propulsore termico. Il motore si spegne quando non serve (ad es. durante l'attesa al semaforo), per poi riaccendersi automaticamente quando si premono l'acceleratore o il pedale della frizione. I vantaggi rispetto ad un'auto tradizionale sono una ricarica parziale della batteria tramite l'alternatore, sfruttando l'energia dispersa in fase di ogni decelerazione e un consumo ridotto del 5%, valore che può aumentare ulteriormente nel ciclo urbano. Questo sistema sta facendo la sua comparsa su quasi tutti i nuovi modelli di auto in vendita. Secondo molti commentatori, la micro-ibridazione è ottenuta con componenti tradizionali e non certo con un diverso sistema propulsivo, per cui non è sufficiente per definire ibride le auto che montano questo sistema.

Diverso è invece il caso delle auto ibride, denominate "*mild-hybrid*". Queste auto si differenziano da quelle convenzionali per l'impianto elettrico, composto da un motore elettrico da 10-15 kW alimentato da batterie NiMH o al Litio da 42 a 150 Volt. Il propulsore termico, oltre a sfruttare la funzione Stop&Start, viene aiutato da quello elettrico in fase di accelerazione. Ogni volta l'auto ibrida subisce una decelerazione l'energia, altrimenti dispersa, viene recuperata ed utilizzata per ricaricare le batterie. Un esempio di questa moderna tecnologia sono le auto ibride di casa Toyota o Honda.

Ulteriormente, sono state sviluppate le auto "*full-hybrid*". Esse sono le uniche in grado di viaggiare per brevi tragitti in modalità esclusivamente elettrica, grazie a motori elettrici e batterie più potenti. Questa caratteristica può essere sfruttata principalmente in città, ed è proprio per questo motivo che le auto ibride godono spesso di incentivi statali e possono circolare liberamente anche in quelle città in cui vigono limitazioni al traffico. Sempre più frequentemente le auto "*full-hybrid*" sono costruite con la modalità plug-in, ovvero dotate della possibilità di essere ricaricate direttamente alla presa elettrica di casa o presso le speciali colonnine di carica. Avendo a disposizione questa possibilità non è più necessario attendere che il motore termico provveda a recuperare l'energia durante la marcia normale e a ricaricare le batterie. Appartengono a questa tipologia di auto ibride i modelli Toyota Prius plug-in, Audi A3 e-tron, Volkswagen Golf e Passat GTE, Volvo V60 Plug-in, Ford Mondeo Plug-in. Ma la più nota è venduta è al momento attuale la Chevrolet Volt, una auto ibrida elettrica plug-in di Segmento C, prodotta dalla General Motors con il marchio Chevrolet e disponibile negli Stati Uniti a partire dal dicembre 2010. La GM comunque evita di usare il termine "ibrido", e preferisce denominarla AE con estensore di autonomia (*range-extender*), dato che il motore di trazione è elettrico in ogni situazione di guida.

Si deve inoltre menzionare l'auto a idrogeno o a celle a combustibile (*fuel cell*). Essa converte l'energia chimica dell'idrogeno in energia meccanica, bruciandolo in un motore a combustione interna o facendolo reagire con l'ossigeno in una pila a combustibile, producendo elettricità. A partire dal 2014 la casa automobilistica giapponese Toyota ha messo in commercio la Toyota Mirai.

L'AE si presenta quindi all'estremo opposto di questo serie cominciata con le auto con motore a combustione e continuata con le auto micro-ibride, *mild-hybrid*, *full-hybrid*, *full-hybrid plug-in* e *fuel cell*, in quanto essa è dotata solamente di una batteria e di un motore elettrico, e dipendente per l'alimentazione dalle stazioni di ricarica esterna connesse alla rete elettrica. È complessivamente, quindi, più semplice e quindi meno soggetta ad usura e manutenzione. Necessità però di una batteria di maggior dimensioni per avere una sufficiente autonomia, e quindi anche più ingombrante, pesante e, soprattutto, costosa. Su questo aspetto riprenderemo la discussione nelle prossime sezioni.

## 5 VANTAGGI E SVANTAGGI DELL'AUTOMOBILE ELETTRICA

I vantaggi maggiori dell'AE, già stati accennati precedentemente, consistono nell'annullamento delle emissioni atmosferico (non hanno tubo di scappamento) e del rumore prodotto dal motore. È però fuorviante sostenere che le automobili elettriche sono ad emissioni zero, in quanto le emissioni possono avvenire\avvengono al momento della produzione dell'energia elettrica. È più corretto e realistico affermare pertanto che le AE realizzano un trasferimento delle emissioni atmosferiche dai luoghi di utilizzo delle automobili ai luoghi di produzione di energia elettrica. Tale trasferimento non è però poco importante dato che i luoghi in cui si utilizzano le automobili sono i luoghi più densamente popolati. Dal punto di vista delle emissioni di inquinanti locali (PM, VOC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>) è quindi da ritenersi che le AE contribuiscono a migliorare la qualità urbana e riducono la morbidity\mortalità da inquinamento atmosferico.

Se invece si considera l'intera catena produttiva della automobili e dei carburanti\energia, dal pozzo alla ruota, come si usa dire, (*well-to-wheel=well-to-tank+tank-to-wheel*) allora la questione è più controversa e dibattuta perché è necessario considerare come è prodotta l'energia elettrica (*energy mix*) ad una qualche scala geografica. Occorre farlo per ogni inquinante, compresi quelli clima-alteranti come il CO<sub>2</sub>, ed occorre ragionare sul consumo energetico. Su questo tema la letteratura è vasta e in continua crescita, e non manca a livello accademico o politico chi sostiene la tesi che le AE sono in alcuni casi negative per l'ambiente. Per una descrizione dettagliata della letteratura in materia rimandiamo a Rusich e Danielis (2015). In termini sintetici, sta emergendo che le proprietà dei veicoli elettrici (VE), e quindi la loro performance relativa rispetto a quelle convenzionali, dipende dal modo in cui è prodotta l'energia elettrica. Il vantaggio è chiaro e rilevante se l'energia elettrica è prodotta principalmente da fonti rinnovabili. Meno evidente e dipendente dalla potenza del motore, se l'energia elettrica è prodotta principalmente da combustibili fossili, in particolare quelli ad alto contenuto di carbone, come avveniva ed avviene in alcuni paesi sviluppati o sottosviluppati. Ciò fa sì che l'introduzione di AE debba essere accompagnata da un progressivo sviluppo delle fonti rinnovabili, con tutte le difficoltà che ciò comporta sia in termini economici che ingegneristici. Parallelamente emergono opportunità d'interessanti relazioni biunivoche *grid-to-vehicle* e *vehicle-to-grid* che sono ancora in via di sperimentazione. Infine, le proprietà ambientali ed energetiche delle AE (per non parlare dei costi e dell'autonomia a cui si farà cenno successivamente) variano in relazione alla potenza delle batterie installate ed alla tipologia di batterie usate (anche se al momento attuale sembrano prevalere quelle agli ioni di litio).

Infine, è importante sottolineare che essendo l'energia elettrica producibile tramite molte fonti, la diffusione delle AE si accompagna naturalmente a un potenziale allentamento della dipendenza dal petrolio, con evidenti riflessi economici, strategici e politici: un indiscutibile vantaggio per molti paesi.

## 6 LA DIFFUSIONE DELL'AUTOMOBILE ELETTRICA

Il dato più aggiornato sulla diffusione dell'AE nel mondo è quello riportato nella Tabella 3.

Il dato è relativo alle AE pure e a quelle *plug-in*. Il paese che ha di gran lunga la diffusione maggiore è la Norvegia, seguito a distanza dall'Olanda.

La spiegazione del dato sulla Norvegia è abbastanza semplice. In Norvegia, il 100% dell'energia elettrica è di origine idroelettrica. Ciò è alla base del fatto che la Norvegia abbia trovato molto interessante stimolare la diffusione delle AE al posto di quelle tradizionali, riducendo in questo modo sia le emissioni d'inquinanti locali che globali. Grazie ad una coscienza ambientalista diffusa e a un potere d'acquisto elevato (dovuto anche alla disponibilità di giacimenti di petrolio), il governo norvegese ha potuto emanare una batteria di incentivi estremamente favorevoli all'acquisto delle AE. Non solo considerevoli incentivi fiscali (in un paese in cui la tassazione sull'acquisto dell'automobile è quasi pari al

costo del veicolo), come l'esclusione dalle tasse di acquisto, la riduzione del 25% dell'Iva sul prezzo d'acquisto (che hanno reso il prezzo della Nissan Leaf inferiore a quello della Volkswagen Golf), ma anche l'esenzione dalla tassa di circolazione annuale, il parcheggio gratuito negli spazi a pagamento pubblici, l'esenzione dal pagamento dei pedaggi sulle strade, sui ponti e sui traghetti ed infine anche la possibilità di accesso alle corsie riservate agli autobus (con risparmi di tempo pari a più di 20 minuti rispetto alle auto convenzionali. Tutto ciò fino alla fine del 2017 o fino che fossero state acquistate 50 mila AE. Questo mix di incentivi fiscali e non fiscali, congiuntamente alla disponibilità di una gamma ampia ed affidabile di AE (in primis, Nissan Leaf e Tesla Model S), ha portato ad una rapida penetrazione in Norvegia delle AE che hanno raggiunto nel primo trimestre 2015 più del 30% dell'immatricolato. Fino a settembre 2015, risultano immatricolate in Norvegia 74.282 VE, di cui 66.276 auto o furgoncini elettrici puri e 8.006 ibridi plug-in. Questi sviluppi, che indubbiamente stanno contribuendo a ridurre rapidamente il grado di carbonizzazione del trasporto passeggeri in Norvegia, hanno trovato voci dissenzienti in relazione alla eccessiva discriminazione a favore delle AE, all'aumento della congestione delle corsie riservate al trasporto pubblico (l'85% dei veicoli che usano le corsie riservate sono AE), alla caduta del gettito proveniente dai parcheggi, alla sostituzione tra AE e trasporto pubblico, alla riduzione di gettito per i gestori dei traghetti. Queste critiche, e il raggiungimento con due anni di anticipo della quota prefissata a 50 mila AE, stanno spingendo le autorità nazionali a ridurre progressivamente, senza però eliminare completamente, i privilegi accordati alle AE. In Olanda, invece, prevalgono le auto ibride plug-in, in particolare la Mitsubishi Outlander.

Gli incentivi fiscali svolgono chiaramente un grosso ruolo nel promuovere la penetrazione delle AE, che nella fase iniziale sono chiaramente più costosi dei corrispondenti veicoli tradizionali. Mock e Yang (2014) per conto dell'ICCT (International Council for Clean Transportation), riportano questi dati relativi agli anni 2012-13 (Figura 10).

La Figura 11 mostra quanto gli incentivi possano modificare il costo relativo di un veicolo. Laddove si è deciso a livello politico di orientare fortemente il mercato (Norvegia e Francia), l'AE ha un costo equivalente o addirittura inferiore a quella convenzionale.

Tuttavia Mock e Yang (2014) concludono che gli incentivi fiscali possono non essere decisivi, citando come esempio la Gran Bretagna, dove nonostante generosi incentivi nel 2013 il tasso di penetrazione è rimasto assai limitato. A risultati simili, ovvero che gli incentivi fiscali potrebbero non bastare, giungono anche altri autori (Sierzchula et. al., 2014; Zhang et al., 2014).

**Tabella 3 – Diffusione delle AE**

Paese	Immatricolazioni di EVPHEV Primo trimestre 2015	Quota sul totale delle immatricolazioni	Immatricolazioni di EVPHEV Primo trimestre 2014	Quota sul totale delle immatricolazioni
Norvegia	8.112	33,1%	5.775	15,8%
Olanda	5.760	5,7%	3.306	3,1%
Regno Unito	8.684	1,2%	1.764	0,3%
USA	14.832	0,8%	14.799	0,8%
Francia	3.626	0,8%	1.801	0,4%
Germania	4.520	0,6%	2.286	0,3%
Giappone	7.750	0,6%	9.626	0,6%
Cina	12.555	0,6%	1.486	0,0%
Italia	585	0,1%	236	0,1%

Fonte: [insideevs.com](http://insideevs.com) + UNRAE

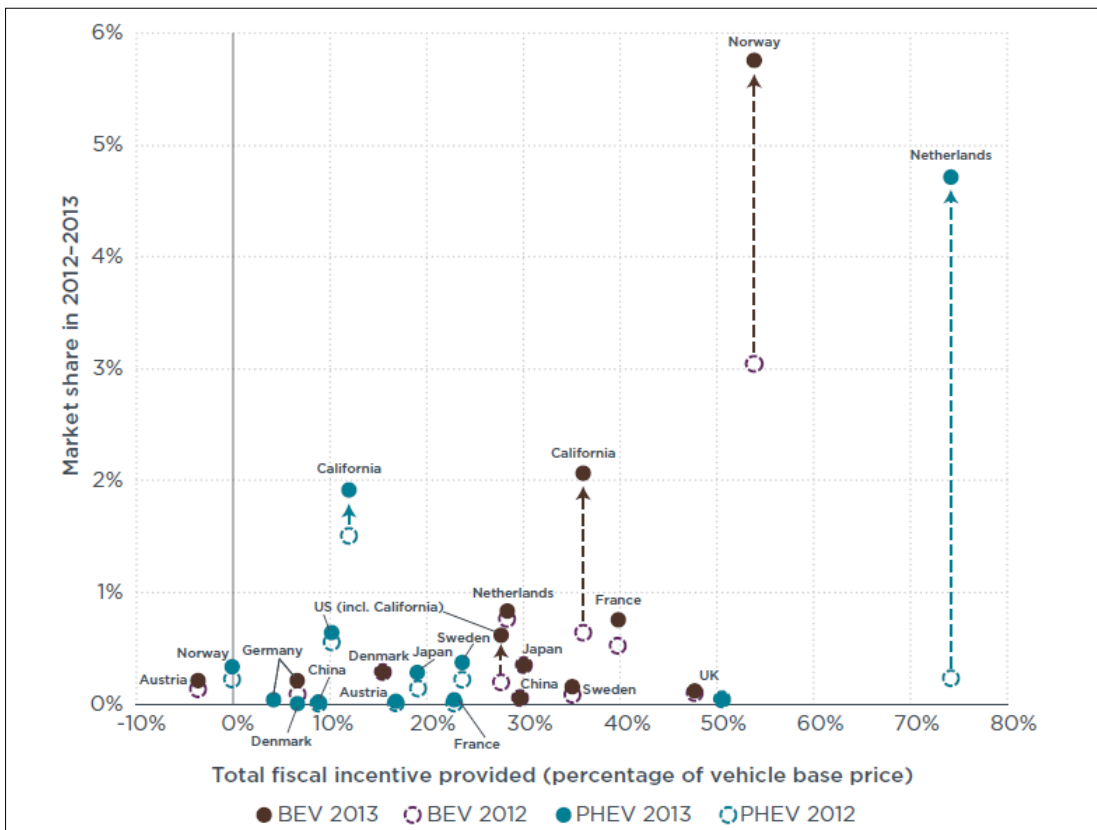


FIGURA 10 – Quota di mercato e incentivi fiscali (fonte: Mock e Yang, 2014, iii)

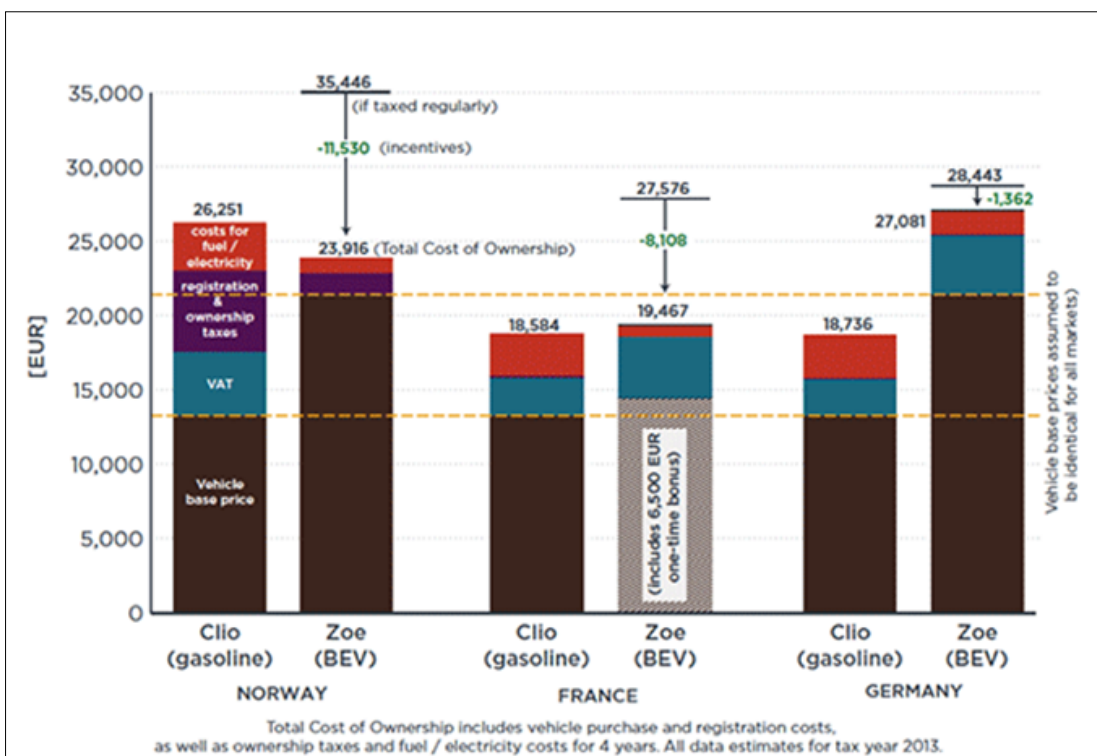


FIGURA 11 – Confronto tra auto tradizionali ed elettriche (fonte: Mock e Yang, 2014)

**Tabella 4 – Variazioni della quota di mercato rispetto allo scenario base**

<b>Modelli di automobili</b>	<b>Scenario 1: sussidio</b>	<b>Scenario 2: tripla autonomia delle AE</b>	<b>Scenario 3: aumento del 20% del prezzo dei combustibili fossili</b>	<b>Scenario 4: riduzione del prezzo di € 5.000 per le AE</b>	<b>Scenario 5: tutte i precedenti scenari allo stesso tempo</b>
VW Polo (benzina)	-18.40	-0.30	-3.40	-0.10	-24.50
Ford Fiesta (diesel)	20.80	-0.40	0.50	-0.10	11.40
Fiat Punto Evo (bi-fuel – CNG)	-6.20	-0.40	1.90	-0.20	-7.90
Natural Power Alfa Romeo Mito (bi-fuel – LPG)	-2.00	-0.50	0.20	-0.10	-3.40
Toyota Yaris (hybrid – benzina)	5.30	-0.30	-0.30	-0.10	3.20
Peugeot iOn (BEV – owned battery)	0.19	0.91	0.86	0.21	6.30
Renault Zoe (BEV – leased battery)	0.16	0.90	0.14	0.25	14.86

**Fonte: Valeri e Danielis (2015)**

Similmente il nostro studio (Valeri e Danielis, 2015) ci ha portato a concludere che politiche singole sarebbero poco efficaci. Solo se si utilizzano contemporaneamente diversi strumenti, la penetrazione delle AE sarebbe significativa. Nello studio è stata condotta un'analisi di scenario, ipotizzando l'introduzione di sussidi all'acquisto delle auto meno inquinanti pari a quelli stabiliti dal governo italiano, aumenti pari a tre volte dell'autonomia delle AE, un aumento del 20% del prezzo dei carburanti tradizionali (che invece è diminuito), diminuzioni del costo d'acquisto delle automobili elettriche pari a 5.000€.

Come si vede dalla tabella 2, nessuna di queste misure singolarmente prese ha un impatto rilevante sulla penetrazione di AE in Italia. Solo se tutti questi scenari si avverassero contemporaneamente il tasso di penetrazione potrebbe salire al 15% delle immatricolazioni.

Tuttavia, un economista non può sfuggire alla domanda se gli incentivi fiscali alle AE siano giustificati o meno dal punto di vista dell'efficienza sociale. Prud'homme e Koning (2012) sono stati tra i primi in ambito scientifico a sostenere che la risposta è negativa. Mettendo a confronto due auto, una diesel, la Renault Clio, ed una elettrica, la Renault Zoe, trovano che la seconda è superiore alla prima dal punto di vista sociale (incluso in questo concetto oltre alle esternalità ambientali anche il minor gettito da tassazione dei combustibili fossili<sup>6</sup>) solo se si valutano le emissioni di CO<sub>2</sub> per tonnellata pari a 895€, un valore poco giustificabile dal punto di vista dell'analisi costi benefici. Gli autori sottolineano che i risultati dipendono in modo cruciale dalle ipotesi sulla percorrenza, da loro fissati a 10 mila km all'anno in quanto l'autonomia della Renault Zoe è limitata a soli 150 km ed i tempi di ricarica sono lunghi. A nostro parere, sono poco convincenti invece le stime di consumo di carburante delle auto tradizionali stimate in 7.623€ per 10 mila km per 15 anni.

Il Regno Unito è il primo paese europeo di dimensioni considerevoli ad aver superato la soglia dell'1% dell'immatricolato, grazie ad una politica di deciso sostegno finanziario sia all'acquisto della AE che alla costruzione della rete di stazioni di ricarica. La Francia pare aver imboccata la stessa direzione.

È da sottolineare che il Regno Unito ospita lo stabilimento della Nissan, a Sunderland, in cui si costruisce la versione europea della Nissan Leaf, l'AE finora più venduta al mondo. Allo stesso modo, la

<sup>6</sup> L'inclusione del minor gettito da tassazione nel concetto di costo sociale, a mio parere, non è corretta. Essa infatti rappresenta un trasferimento dagli individui alle casse dello Stato e non un costo in termini di risorse. È dunque senz'altro vero che, stante la tassazione attuale sui carburanti, l'auto convenzionale genera gettito fiscale che le AE non producono, ma ciò non è un costo in termini di risorse consumate, come invece lo sono altri costi sociali come le esternalità ambientali.

Tesla Motors ha costruito uno stabilimento di assemblaggio delle Tesla in Olanda. L'aspetto che merita essere sottolineato è quindi la connessione tra promozione delle AE e produzione industriale delle stesse. I paesi che hanno scommesso sulle AE, sostenendole dal punto di vista fiscale, sono anche i paesi in cui hanno sede stabilimenti produttivi o di assemblaggio delle case automobilistiche che hanno investito sui VE, in primis l'alleanza Nissan-Renault e la Tesla Motors. Le case tedesche e la Fiat Chrysler Automobiles (FCA), avendo puntato sui motori convenzionali, in particolare quelli diesel o a metano, sono riluttanti, per ora, implicitamente o esplicitamente, a investire sulle AE. Ciò ha ripercussioni, evidentemente, anche se non possiamo entrare nel dettaglio del tema per esigenze di spazio, sul modo in cui le AE sono presentati e sulle politiche pubbliche che li accompagnano. Ciò in parte spiega i bassi livelli di penetrazione che si osservano in Italia e in Germania.

Un discorso diverso invece vale per la Cina, dove gli alti livelli di inquinamento urbano e la forte dipendenza dal petrolio, spingono il governo ad avere un atteggiamento molto favorevole alle AE, che si manifesta con privilegi fiscali e amministrativi accordati alle AE. Ad esempio, contrariamente ai veicoli convenzionali che vengono assegnati tramite una lotteria, per contenere i livelli di penetrazione che altrimenti sarebbero imponenti (a fronte anche di livelli di congestione assai elevata nelle metropoli cinesi), la domanda di AE viene completamente soddisfatta. Ciò fa sì che i tassi di crescita nella produzione e nelle vendite di AE in Cina siano particolarmente elevati. Nel mese di settembre 2015, le vendite si sono attestate su più di 10 mila NEV (*New Electric Vehicles*), un valore mensile quasi equivalente al primo trimestre del 2015, pari a circa 11% delle immatricolazioni mensili. Vista la dimensione del mercato cinese, pari a 26 milioni di vetture l'anno, ciò che accade in Cina è di ovvia rilevanza mondiale.

Va infine segnalato che non tutte le case automobilistiche credono ed hanno investito nelle AE, al di là di produrre alcuni modelli per ottemperare ai doveri di legge (definite *compliance cars*). In particolare, mancano nell'elenco la Toyota, la Volkswagen e la Honda, le prime due essendo le principali case automobilistiche al mondo. La Toyota, oltre ai molteplici modelli a benzina e alla Toyota Prius, l'auto ibrida più di successo al mondo, ha deciso di puntare sulle auto a idrogeno, producendo e commercializzando la Toyota Mirai. La Volkswagen, pur avendo prodotto la Volkswagen e-Golf che ha una buona diffusione, sembrava concentrata soprattutto sulle auto diesel, che però hanno recentemente avuto i ben noti problemi di legati agli sforamenti nei test sulle emissioni inquinanti locali (in particolare sul NOx).

## 7 I MODELLI: TIPOLOGIE, AUTONOMIA, COSTI

Nello sviluppo dell'AE uno dei fattori fondamentali è la produzione di modelli capaci di soddisfare i diversi segmenti della domanda: dalle auto sportive, ai SUV, alle berline ed alle utilitarie. Fondamentale in tutto questo sono naturalmente gli investimenti e le strategie delle case automobilistiche, le cui dimensioni a livello mondiale sono state illustrate nella Figura 6.

Come mostra la Figura 12 relativa ai modelli disponibili negli Stati Uniti (in Cina, in particolare, i modelli disponibili sono assai diversi perché adattati alla realtà di quel paese), dal 2012 al 2015 si è assistito un aumento significativo del numero dei modelli che ormai copre diversi segmenti di mercato. È interessante notare che l'auto di maggior successo a livello di marketing e di apprezzamento del pubblico è la Tesla Model S, un'auto del segmento di lusso, ad elevatissime performance (in particolare relative all'accelerazione) e tecnologia, che ha dimostrato che le AE possono essere ben diverse dalle automobili per i campi di golf, a cui tradizionalmente si associava la motorizzazione elettrica. La serie Tesla (Roadstar, Model S e Model X) sono diventate auto di prestigio, con un prezzo di vendita superiore ai 100 mila dollari, ad appannaggio delle classi più ricche, adatte, grazie alle elevate performance anche ai percorsi extra-urbani, contrariamente a chi pensava che le AE dovessero essere auto urbane, di limitato autonomia, con scarse prestazioni, adatte ad uno stile di vita e di guida modesto e frugale. Il modello finora più venduto al mondo è però la Nissan Leaf, un'auto di segmento C, dal costo superiore

2012	JAN
Chevrolet Volt	603
Toyota Prius PHV	0
Nissan LEAF	676
Tesla Model S*	0
Ford C-Max Energi	0
Ford Focus Electric	2
Mitsubishi i-MiEV	36
Toyota RAV4 EV	0
Honda Fit EV	0
<b>InsideEVs</b>	<b>1,317</b>

2013	JAN
Chevrolet Volt	1,140
Nissan LEAF	650
Tesla Model S	1,200
Toyota Prius PHV	874
Ford C-Max Energi	338
Ford Fusion Energi	0
Fiat 500e*	0
Ford Focus Electric	81
Toyota RAV4 EV	25
Mitsubishi i-MiEV	257
smart ED	2*
Honda Fit EV	8
Chevrolet Spark EV	0
Honda Accord PHV	2
Porsche Panamera S-E	0
Cadillac ELR	0
<b>InsideEVs</b>	<b>4,577</b>

2014-US	JAN
Nissan LEAF	1,252
Chevrolet Volt	918
Tesla Model S*	800
Toyota Prius PHV	803
Ford Fusion Energi	533
Ford C-Max Energi	471
BMW i3	0
Fiat 500e**	310
smart ED	97
Ford Focus Electric	100
Cadillac ELR	41
Toyota RAV4 EV	63
Chevrolet Spark EV	93
Porsche Panamera S-E	141
Mercedes B-Class ED	0
BMW i8	0
Honda Accord PHV	27
Honda Fit EV	30
Kia Soul EV	0
VW e-Golf	0
Mitsubishi i-MiEV	1
Porsche Cayenne S-E	0
<b>InsideEVs</b>	<b>5,680</b>
<b>Worldwide*</b>	<b>14,512</b>

2015-US	JAN
Tesla Model S*	1,100
Nissan LEAF	1,070
Chevrolet Volt	542
BMW i3	670
Ford Fusion Energi	426
Ford C-Max Energi	395
Fiat 500e**	259
Toyota Prius PHV	401
VW e-Golf	181
Chevrolet Spark EV	86
Mercedes B-Class ED	240
BMW i8	85
Ford Focus Electric	85
smart ED	147
Cadillac ELR	92
Kia Soul EV	69
Porsche Cayenne S-E	66
Porsche Panamera S-E	61
Porsche 918 Spyder	34
Mitsubishi i-MiEV	3
Honda Accord PHV	28
Mercedes S550 PHV	
Tesla Model X*	
Volvo XC90	
Other*	17
<b>InsideEVs</b>	<b>6,057</b>
2014 Results	5,680
<b>Worldwide*</b>	<b>24,455</b>

FIGURA 12 – Modelli di AE disponibili negli Stati Uniti

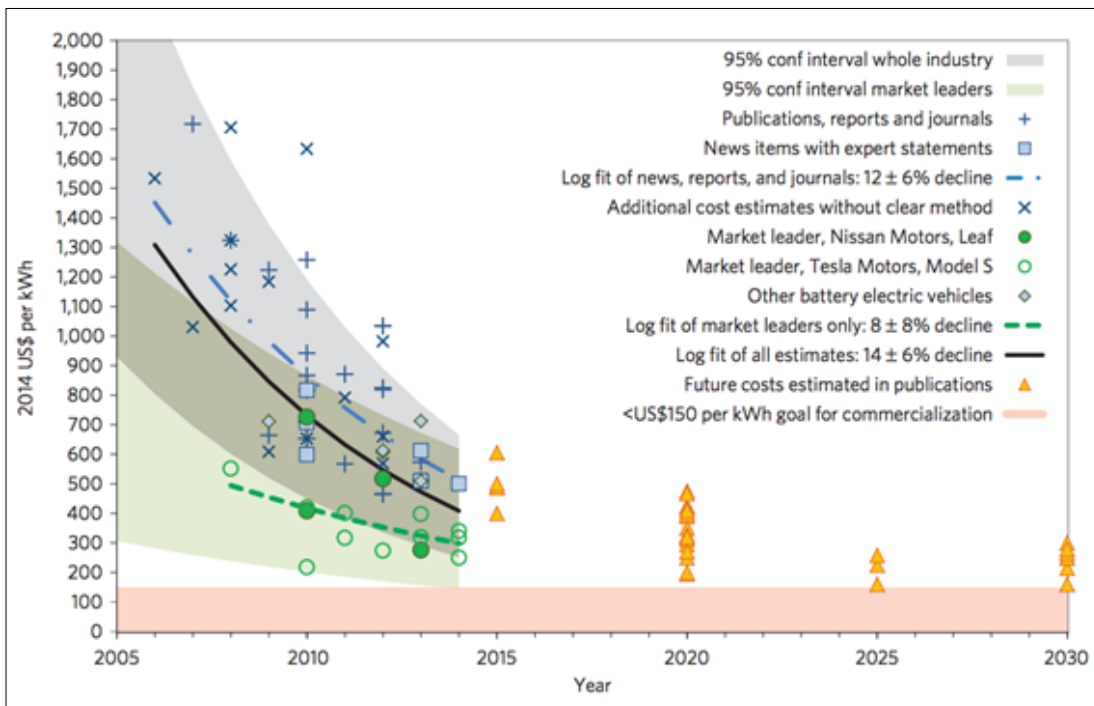


FIGURA 13 – Costi stimati delle batterie per le AE. Fonte: Nykvist et al. (2015)

ai 30 mila dollari, dotato di un'autonomia più limitata e con prestazioni paragonabili alle auto a motori convenzionali del proprio segmento. Il costo, più alto di circa 8-9 mila dollari, dell'auto tradizionale corrispondente ne ha limitato la diffusione, diventando conveniente solo in presenza di sussidi pubblici all'acquisto ed in presenza di un utilizzo elevato (con percorrenza annuale superiori ai 15 mila chilometri) ma per percorsi giornalieri contenuti. Manca al momento attuale una berlina elettrica, di città, che abbia sia un prezzo popolare e vantaggio per il grande pubblico, pur considerando che le AE hanno costi di acquisto più elevati di quelle convenzionali ma costi variabili di utilizzo più bassi, grazie al minor costo dell'energia elettrica rispetto alla benzina/diesel (in un rapporto, che varia tra paese a paese, di circa 3€ per 100 km delle AE contro 8€ per 100 km delle auto convenzionali).

Sicuramente il principale ostacolo che le AE devono superare per potersi diffondere è il costo delle batterie. Le batterie per le AE, in realtà devono soddisfare diversi requisiti: essere poco ingombranti per non occupare troppo spazio nel veicolo, essere poco pesanti per non ridurre le prestazioni, contenere un'alta densità energetica per consentire distanze più lunghe per ogni carica, resistere alle temperature estreme sia rigide che calde, ricaricarsi velocemente, permettere molti cicli di ricarica per non dover essere sostituite frequentemente, e, non ultime, essere sicure, non infiammabili e non scaldarsi troppo. Tutto ciò alla fine deve costare poco. È chiaro quindi che le richieste e le sfide alla ricerca di base e applicata, ai tecnici e produttori di batterie per le automobili elettriche sono enormi.

Pur essendo una sfida destinata a durare decenni, alla ricerca dei materiali e componenti chimici più adatti e della tecniche di costruzione più efficienti, la ricerca e l'industria delle batterie ha già fatto in questi ultimi anni progressi notevoli. Dal punto di vista della chimica delle batterie ci si è attualmente assestati sugli ioni di litio, ma molto promettenti sembrano gli sviluppi che si potranno avere con le batterie allo stato solido.

In ogni caso, come mostra la Figura 13 si è assistito nell'ultimo decennio ad una rapida diminuzione del costo delle batterie, che notizie di stampa recente attestano addirittura sui 145\$/Kwh nel caso delle batterie prodotte dalla coreana LG Chem, acquistate da General Motors.

In effetti, come al solito, gli sviluppi nella produzione automobilistica trascinano altre industrie, in particolare quella della produzione delle batterie elettriche per i veicoli che ha avuto tassi di crescita rilevanti negli ultimi anni e che si prevede si possa sviluppare ancora di più negli prossimi anni, come attesta la Figura 14.

Essendo i mercati asiatici quelli di gran lunga più dinamici, la produzione delle batterie è soprattutto ad appannaggio dei giganti industriali asiatici, dalla giapponese Panasonic, alle coreane LG Chem e Samsung, che potrebbero trovare un contraltare adeguato negli Stati Uniti nella Gigafactory della Tesla Motors. In Europa sembrano seguire da vicino questi sviluppi la Bosch e la Siemens, mentre mancano investimenti di aziende produttive italiane.

Una rappresentazione aggiornata del rapporto tra autonomia dell'AE e prezzo di vendita della stessa, aggiornato al settembre 2015, è presentato nella Figura 15. Le uniche automobili che presentano livelli di autonomia elevata, anche se non certo paragonabili alle auto convenzionali che raggiungono le 600-700 miglia, sono le Tesla, che però hanno prezzi di vendita superiori ai 70 mila dollari. La Nissan Leaf 1016 raggiunge le 107 miglia ad un costo di poco inferiore ai 30 mila dollari. Le altre AE pure si attestano sulle 80 miglia circa, mentre le ibride plug-in vanno dalle 11 miglia della Toyota Prius PHV alle 53 miglia della Chevrolet Volt 2016, con prezzi di vendita comunque non bassi data la presenza del doppio motore.

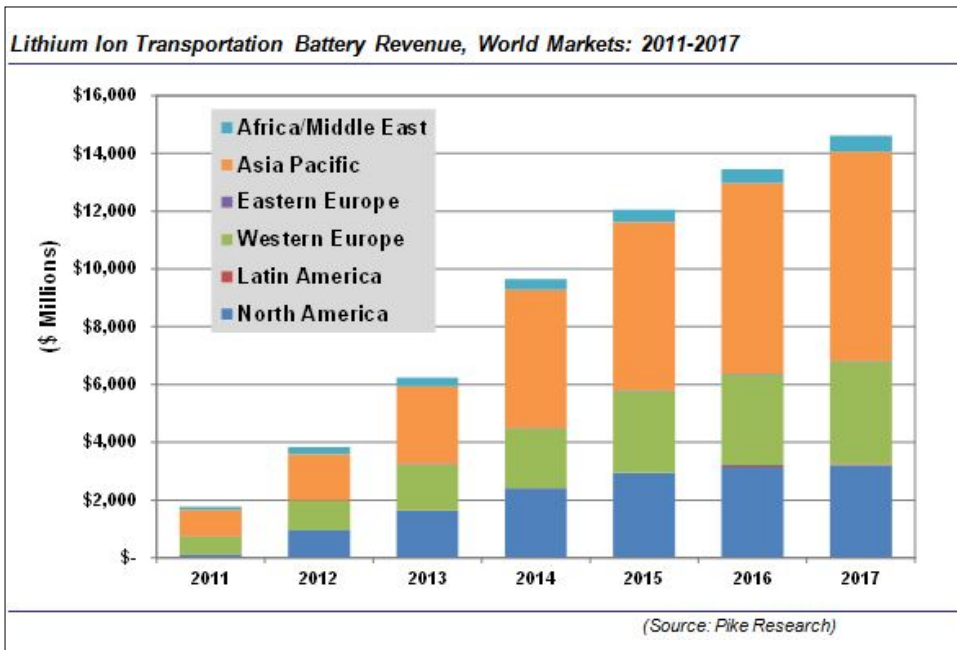


FIGURA 14 – Proventi da produzione di batterie agli ioni di litio

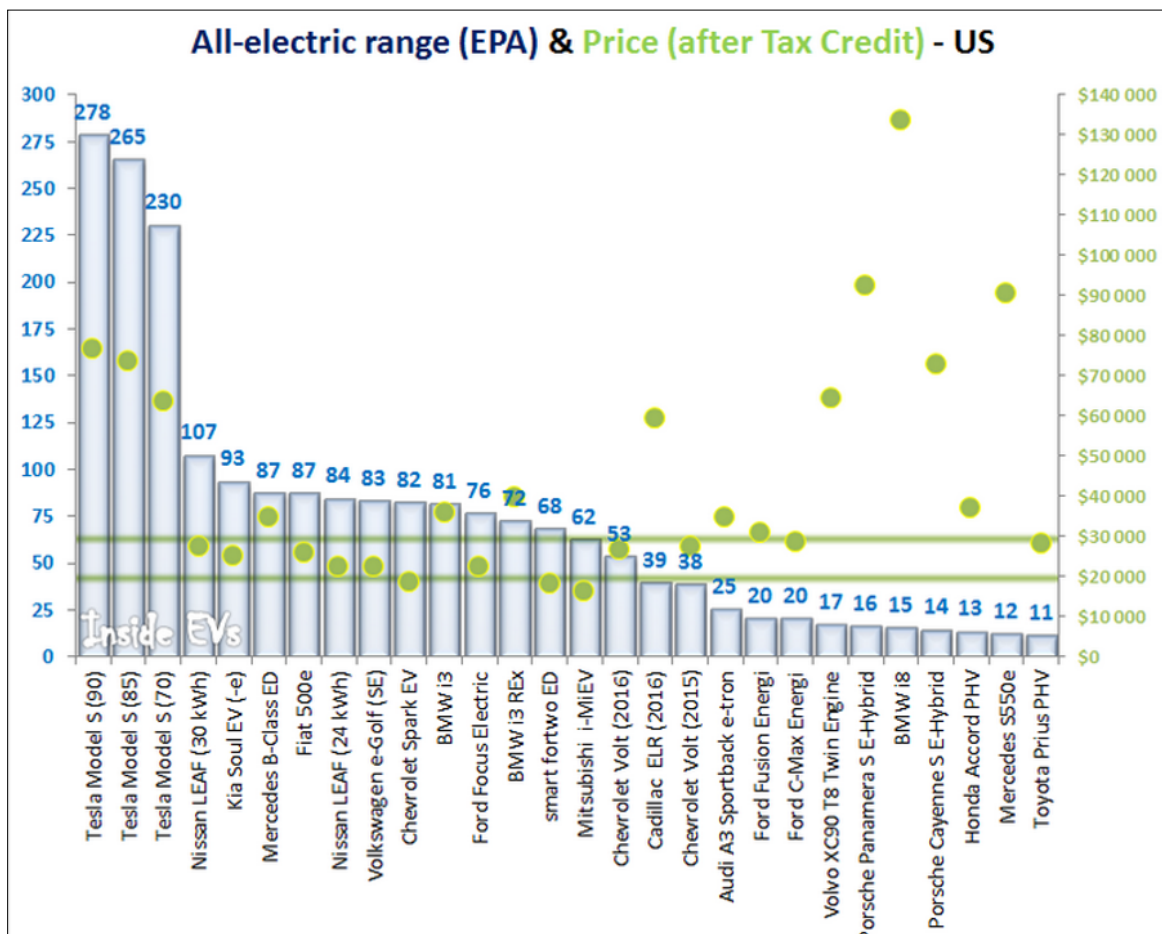


FIGURA 15 – AE e plug-in disponibili negli USA al settembre 2005: autonomia (in miglia) e prezzo (in dollari)

## 8 LE STAZIONI DI RICARICA

Un ultimo ingrediente importante per la diffusione delle AE sono le stazioni di ricarica. Uno dei vantaggi della AE rispetto alle auto convenzionali è che le batterie possono essere ricaricate a casa da una presa della corrente. Non tutti però dispongono di una garage. Si stima che quasi il 50% della popolazione non ne disponga e che tale percentuale salga in misura considerevole nelle aree urbane. Per la diffusione delle AE è pertanto importante prevedere una rete capillare di stazioni di ricarica pubblica.

Come è noto, le stazioni di ricarica si possono distinguere in base alla potenza con cui ricaricano le batterie elettriche. Le utenze residenziali usano in genere prese di ricarica da 3,3 kW, mentre le stazioni di ricarica pubbliche possono andare da 7 a 50 KW, con tempi di ricarica che vanno dalle 3-4 ore ai 20-30 minuti.

È interessante osservare che investono in stazioni di ricarica sia imprese private sia imprese pubbliche. La Telsa Motors si è dotata autonomamente negli Usa, come in Europa ed in Asia di una imponente rete proprietaria di stazioni di ricarica veloce denominate *superchargers* (Figura 16).

Essendo proprietaria, la rete è chiusa ed è offerta in uso gratuito ai possessori dei modelli Tesla di livello superiore. È aperta, invece, ed a pagamento la rete delle stazioni CHAdeMO (“CHARge de MOve”), fornite da un’associazione di imprese con alla guida Nissan-Renault e caratterizzate da una potenza fino a 62,5 kW, quindi definibili veloci e che possono ricaricare una batteria all’80% in circa 30 minuti. L’attuale diffusione della rete CHAdeMO è illustrata in Figura 17.

I produttori tedeschi hanno invece proposto e sviluppato lo standard CCS (*Combined Charging System*). Non c’è stata quindi in questo settore, ancora in fase iniziale di sviluppo, una convergenza su uno standard universale, il che pone qualche problema di prese e di compatibilità, facilmente però superabile secondo alcuni commentatori.

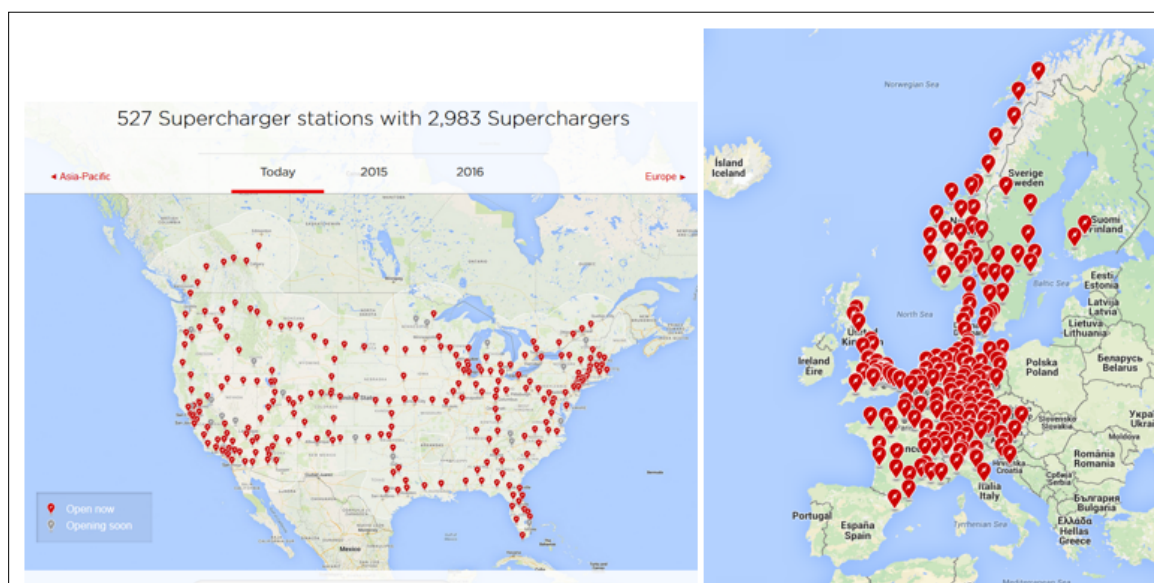
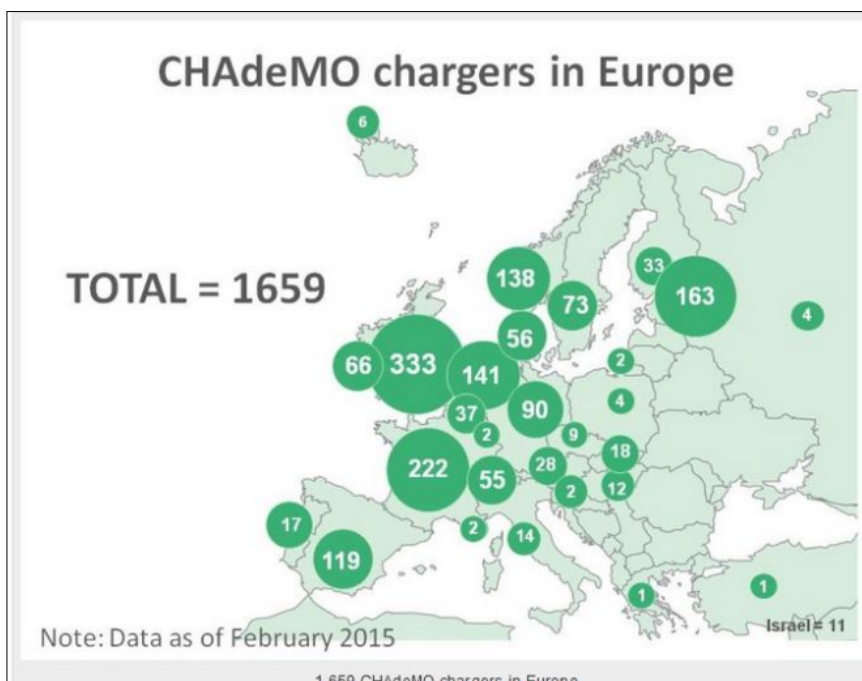


FIGURA 16 – La rete attuale di Superchargers Tesla negli Stati Uniti ed in Europa



**FIGURA 17 – L'attuale diffusione della rete CHAdEMO**



**FIGURA 18 – Integrazione tra pannelli fotovoltaici e parcheggi di AE**

Le AE, e in generale i VE, possono contribuire a ridurre gli impatti negativi dei trasporti sull'ambiente urbano e globale, un contributo importante per le molte e dense città mondiali, per mantenere gli impegni internazionali di ridurre le emissioni di gas serra e anche per ridurre la dipendenza dal petrolio. Potenzialmente quindi le AE rappresentano un'opportunità rilevante.

In questo contributo è stato illustrato l'attuale livello di diffusione delle AE a livello internazionale. Come proseguirà nel prossimo futuro? La risposta a questa domanda non è per niente facile. In primo luogo si deve ammettere che, al momento attuale, le AE mancano ancora dei requisiti di convenienza economica e di comodità d'uso che invece contraddistinguono le auto tradizionali.

Come per tutte le nuove tecnologie, i margini di incertezza sono ancora molto ampi, anche se i progressi realizzati negli ultimi anni relativamente alle batterie elettriche, ottenendo consistenti miglioramenti della loro capacità e durata e contemporaneamente una riduzione del loro peso, volume e costo, fanno ben sperare. Inoltre, prosegue a pieno ritmo la sperimentazione delle batterie allo stato solido e l'utilizzo di componenti chimici diversi dagli attuali ioni di litio.

Affinché le opportunità si realizzino è necessario che, non solo dal punto di vista tecnologico, ma anche da quello industriale e da quello organizzativo e regolamentare, i diversi attori scelgano di operare in modo coerente allo sviluppo della mobilità elettrica. Gli investitori privati, soprattutto i produttori di automobili ma anche tutta la filiera della componentistica ad essi collegata, devono svolgere il proprio essenziale compito e molti, anche se con diversa convinzione, lo stanno infatti svolgendo, sviluppando AE sempre migliori e stazioni di ricarica a costi sempre più bassi.

Le autorità pubbliche, a livello internazionale, nazionale e locale, hanno il proprio compito da svolgere. Se veramente ritengono, fatta un'accurata analisi dei costi e dei benefici, avvalendosi delle tecniche di stima più avanzate, che le AE siano un'opportunità devono predisporre quell'insieme di incentivi fiscali e non fiscali che ne favoriscano l'adozione. Finora ciò è avvenuto solo in alcuni paesi, in particolare in Norvegia, in California, in Olanda, nel Regno Unito, in Francia e, più recentemente, in Cina.

Infine, contano le scelte dei consumatori (gli automobilisti). Anche se attualmente, come dicevamo, la convenienza privata ad acquistare AE è molto limitata, se non assente, gli *early-adopters*, i *new-technology lovers*, gli *environmentally-conscious drivers*, comunque si sceglie di definire chi acquista questi nuovi veicoli per motivi tecnologici o ambientali, possono condizionare le scelte delle case automobili e dei governi.

Congiuntamente alla penetrazione delle AE, è da più parti sottolineato che è estremamente importante ulteriormente rafforzare il peso delle fonti rinnovabili nella produzione di energia elettrica. Solo se l'energia elettrica è prodotta da fonti rinnovabili, come nel caso illustrato nella Figura 18, il bilancio ambientale delle AE è inequivocabilmente positivo. Anzi, proprio l'interazione positiva tra produzione di energia elettrica e uso delle AE (*smart grid*, *grid-to-vehicle*, *vehicle-to-grid*, produzione di energia a livello locale e immagazzinamento dell'energia) è uno dei potenziali sviluppi più interessanti.

## Riferimenti bibliografici

- MOCK, P., YANG, Z. (2014), *Driving electrification a global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles*, International Council on Clean Transportation.
- PRUD'HOMME, R., KONING, M. (2012), Electric vehicles: a tentative economic and environmental evaluation, *Transport Policy* 23, 60-69.
- RUSICH, A., DANIELIS, R., (2015), Total cost of ownership, social lifecycle cost and energy consumption of various automotive technologies in Italy, *Research in Transportation Economics*, 50, 3-16.
- SIERZCHULA, W., BAKKER, S., MAAT, K. (2014), The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption, *Energy Policy*, 68, 183-194.
- VALERI, E., DANIELIS, R. (2015), Simulating the market penetration of cars with alternative fuelpowertrain technologies in Italy. *Transport Policy*, 37, 44-56.
- ZHANG, X., XIE, J., RAO, R., LIANG, Y. (2014), Policy Incentives for the Adoption of Electric Vehicles across Countries, *Sustainability* 2014, 6, 8056-8078.