



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale In Ingegneria Gestionale

A.a. 2024/2025

Sessione di Laurea dicembre 2025

# Il Paradigma dei Veicoli Elettrici: Analisi dei Modelli di Innovazione, Consolidamento Tecnologico e Disruption

Relatrice: Francesca Montagna

Candidato: Gian Mario Pinna 289721



Sommario

**ABSTRACT ..... 1**

**Introduzione ..... 2**

**CAPITOLO 1 La Transizione Elettrica: Dinamiche, Percezioni e Barriere Globali..... 3**

    Glossario dei Termini Chiave ..... 3

    Definizione degli Obiettivi del Capitolo ..... 4

    Dinamiche Storiche ..... 4

    Percezioni dei Consumatori..... 6

        Percezione Globale delle Auto Elettriche ..... 6

        Percezione delle Auto Elettriche in Europa..... 12

        Percezione delle Auto Elettriche in Italia ..... 16

    Sintesi Capitolo ..... 19

**CAPITOLO 2 L’Innovazione nell’Auto Elettrica: analisi del settore ..... 20**

    Modello lineare di sviluppo dell’auto elettrica ..... 20

        Introduzione..... 20

        Ricerca di Base..... 20

        Ricerca Applicata ..... 21

        Fase Precompetitiva ..... 21

        Fase Competitiva ..... 21

    Analisi PEST del Settore ..... 22

        Fattori Politici ..... 22

        Fattori Economici ..... 25

        Fattori Sociali ..... 27

        Fattori Tecnologici ..... 29

    Analisi dell’industria ..... 31

    Analisi Curve ad S ..... 32

    Modello di Porter..... 35

        Contesto Competitivo ..... 35

        Potere Contrattuale dei Fornitori ..... 36

        Potere Contrattuale dei Clienti ..... 38

        Minaccia dei Nuovi Entranti ..... 39

        Minaccia di Prodotti Sostituti ..... 40

        Riepilogo Forze di Porter ..... 42

    Segmentazione del mercato secondo Rogers..... 43

Introduzione al modello .....	43
Applicazione al mercato degli EV .....	44
Sintesi del posizionamento nelle categorie dei principali mercati .....	47
Analisi Brevettuale .....	51
Dominant Design e Modello Abernathy-Utterback .....	54
<b>Capitolo 3.....</b>	<b>56</b>
<b>Un’Innovazione Disruptive: Il Battery Swap .....</b>	<b>56</b>
Definizione dell’Obbiettivo del Capitolo .....	56
Il Paradigma Dominante .....	56
Effetti Lock-in nel paradigma EV attuale .....	56
Battery Swap – Innovazione radicale e Competence-Destroying .....	57
Panoramica attuale degli attori coinvolti.....	57
Classificazione tramite Henderson e Clark .....	58
Classificazione tramite Anderson e Tushman .....	58
Applicazione del modello di Christensen.....	59
Criteri Tradizionali e Performance.....	59
Appropriability Regime e Complementary Assets secondo Teece .....	62
Opportunità e Sfide per il Battery Swap .....	64
Opportunità di Energy Storage.....	64
Sfide delle Stazioni di Battery Swap (BSS) .....	65
Sfide sul ciclo di Vita delle batterie .....	67
Barriere e Fattori Critici di Adozione .....	67
Barriere alla disruption .....	67
Fattori Critici di Adozione.....	68
Modello economico con strategie di prezzo.....	71
Implicazioni per la disruption .....	72
Condizioni necessarie per la disruption .....	73
Condizione di standardizzazione cross-player .....	73
Condizione di creazione di norme ed incentivi mirati.....	73
Condizione di coesistenza infrastrutturale.....	73
Condizione di integrazione con la rete elettrica e viabilità economica.....	73
Condizione di diffusione della Conoscenza e di mitigazione del rischio percepito .....	74
<b>Conclusioni .....</b>	<b>75</b>
<b>Bibliografia: .....</b>	<b>77</b>

# ABSTRACT

La transizione alla mobilità elettrica può essere studiata in dettaglio alla luce delle teorie di innovazione tecnologica. La tesi discute l'evoluzione del paradigma delle auto elettriche lungo tre temi chiave: (1) le opinioni dei consumatori e i determinanti dell'adozione; (2) la ricerca e l'evoluzione del dominant design; (3) la comparsa di innovazioni dirompenti rispetto al paradigma maturo. L'applicazione del modello Abernathy-Utterback rivela che nel 2018 si è consolidato un paradigma caratterizzato da batterie agli ioni di litio e standard di ricarica rapida. L'analisi quantitativa delle curve ad S, della dinamica brevettuale e della struttura competitiva evidenzia l'instaurarsi di forti effetti di lock-in dovuti a economie di scala, asset complementari e specializzazione tecnologica. Il battery swap emerge come potenziale innovazione disruptive, rappresentando una frattura rispetto al paradigma dominante della ricarica integrata. L'analisi comparativa tra competitor chiave (NIO, Ample, Tesla, BYD) suggerisce che il battery swap costituisce una "competence-destroying" innovation per gli incumbent, ma una opportunità per superare le barriere all'ingresso per i nuovi entranti. La viabilità della disruption dipende dalla capacità di costruire un ecosistema infrastrutturale alternativo e da scelte di value positioning nel mercato. La tesi conclude che paradigmi competitivi coesisteranno nel medio termine, con differenziazione geografica e segmentazione per customer segment, suggerendo che la vincita competitiva dipenderà dalla capacità di governare transizioni tra paradigmi piuttosto che dalla supremazia tecnologica assoluta.

# Introduzione

Nel mondo attuale la transizione verso una mobilità sostenibile è uno dei temi più importanti e trattati su multilivello, si hanno questioni economiche, ambientali ma anche geopolitiche. Questa trattazione non si limita ad una mera analisi dei trend di mercato o delle preferenze dei consumatori, ma usa i modelli dell'innovazione tecnologica come lente per comprendere le dinamiche del settore e le sue evoluzioni.

Come viene rimarcato nella letteratura sulle teorie dell'innovazione (Cantamessa & Montagna, 2015) i paradigmi tecnologici seguono delle fasi distinte come l'emergere di un dominant design, consolidamento del dominant design con economie di scala e asimmetrie competitive ed infine, come in questo caso, potrebbe affacciarsi sul mercato una possibile innovazione disruptive. Anche la mobilità elettrica vedremo che non sfugge a queste dinamiche.

In questa trattazione si prova ad analizzare il paradigma partendo da un primo capitolo nel quale si analizzerà il pensiero comune dei consumatori riguardante la mobilità elettrica in varie zone del mondo con focus in seguito sull'Europa e sull'Italia. Nel secondo capitolo analizzeremo con i modelli dell'innovazione il paradigma attuale degli EV con framework teorici e analisi brevettuale individuando un consolidamento del dominant design. Nel terzo ed ultimo capitolo ci sarà una trattazione dedicata al battery swap come innovazione disruptive e competence-destroying, tecnologia che punta a risolvere i problemi di range anxiety e dei tempi di ricarica e che rappresenta un netto stacco rispetto all'infrastruttura attuale che gli incumbent hanno costruito e nella quale hanno investito negli ultimi anni.

La struttura della tesi quindi parte da un livello generale per poi arrivare ad un livello dettagliato sul particolare, dall'identificazione delle barriere globali tramite il sentito comune si passa all'analisi del settore attraverso i modelli dell'innovazione e si conclude dunque con una analisi della possibilità di disruption del paradigma dominante.

# CAPITOLO 1

## La Transizione Elettrica: Dinamiche, Percezioni e Barriere Globali

### Glossario dei Termini Chiave

Prima di immergerci nella lettura della tesi si propone di seguito al lettore un glossario per comprendere al meglio i vari termini chiave utilizzati fin dal primo capitolo.

Termine	Definizione
<b>ICE (Internal Combustion Engine)</b>	Veicolo con motore a combustione interna, alimentato a benzina, diesel o GPL.
<b>BEV (Battery Electric Vehicle)</b>	Veicolo 100% elettrico, senza motore a combustione, dotato di batterie ricaricabili con la corrente elettrica.
<b>PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)</b>	Veicolo ibrido ricaricabile elettricamente, con batteria di piccola/media capacità e motore termico che entra in gioco quando si esaurisce la batteria.
<b>Range Anxiety</b>	Letteralmente ansia da autonomia: è la preoccupazione delle persone sul rimanere senza carica residua prima di arrivare ad un punto di ricarica.
<b>CCS (Combined Charging System)</b>	Standard europeo di ricarica rapida, supportato dai principali produttori.

## Definizione degli Obiettivi del Capitolo

Questo capitolo si propone di:

1. Analizzare le **dinamiche storiche** e normative che hanno condotto alla transizione Full Electric in UE e le ripercussioni globali.
2. Esaminare le **percezioni** dei consumatori a livello globale, europeo e italiano, evidenziandone differenze e tendenze.
3. Identificare le **barriere** e le **motivazioni** che influenzano l'adozione degli EV.

La trattazione, articolata in sezioni successive, integrerà dati quantitativi, case study e approfondimenti tecnici, al fine di offrire una visione esaustiva e bilanciata della tematica.

## Dinamiche Storiche

Nel 2015 un grosso scandalo sconvolse il mondo: il gruppo Volkswagen tra il 2009 ed il 2015 aveva installato un software per disattivare i sistemi di abbattimento degli inquinanti su milioni di veicoli, prese il nome di Dieselgate (European Commission, 2016).

La gravità di questo inganno fu probabilmente la principale spinta sotto la quale l'Unione Europea mise in discussione le auto inquinanti così dal 2015 in poi vennero approvate restrizioni più severe per i limiti della CO<sub>2</sub> e degli NO<sub>x</sub>. Nel 2023 culminarono con il Pacchetto Mobilità Sostenibile con il quale si prese la decisione di bandire le auto a combustione interna a partire dal 2035 (EU Regulation 2023/284, 2023) e si spinge così verso una transizione Full Electric. Gli step che l'UE seguì furono questi:

1. **2015-2017:** Revisione delle procedure di omologazione e introduzione di test su strada (Real Driving Emissions (RDE), 2016) per garantire che i valori dichiarati fossero quelli reali
2. **2018-2020:** Aumento delle soglie di riduzione di CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> rispetto al 2021, 15% nel 2025 e 37,5% nel 2030
3. **2021-2023:** Dibatti con stakeholders fino all'adozione del Regolamento 2023/284 che vieta i veicoli ICE a partire dal primo gennaio 2035

Essendo l'UE un mercato eccezionalmente grande con i suoi 447 milioni di consumatori questa scelta influenzerà sicuramente il mondo intero.

Ad oggi nel 2025 la percezione delle auto elettriche, sia BEV che PHEV varia significativamente tra diverse aree geografiche, intese sia tra le varie parti del mondo, sia tra i vari paesi facenti parte dell'UE.

Come vedremo di seguito si spazia tra preoccupazioni pratiche a cauti ottimismo.

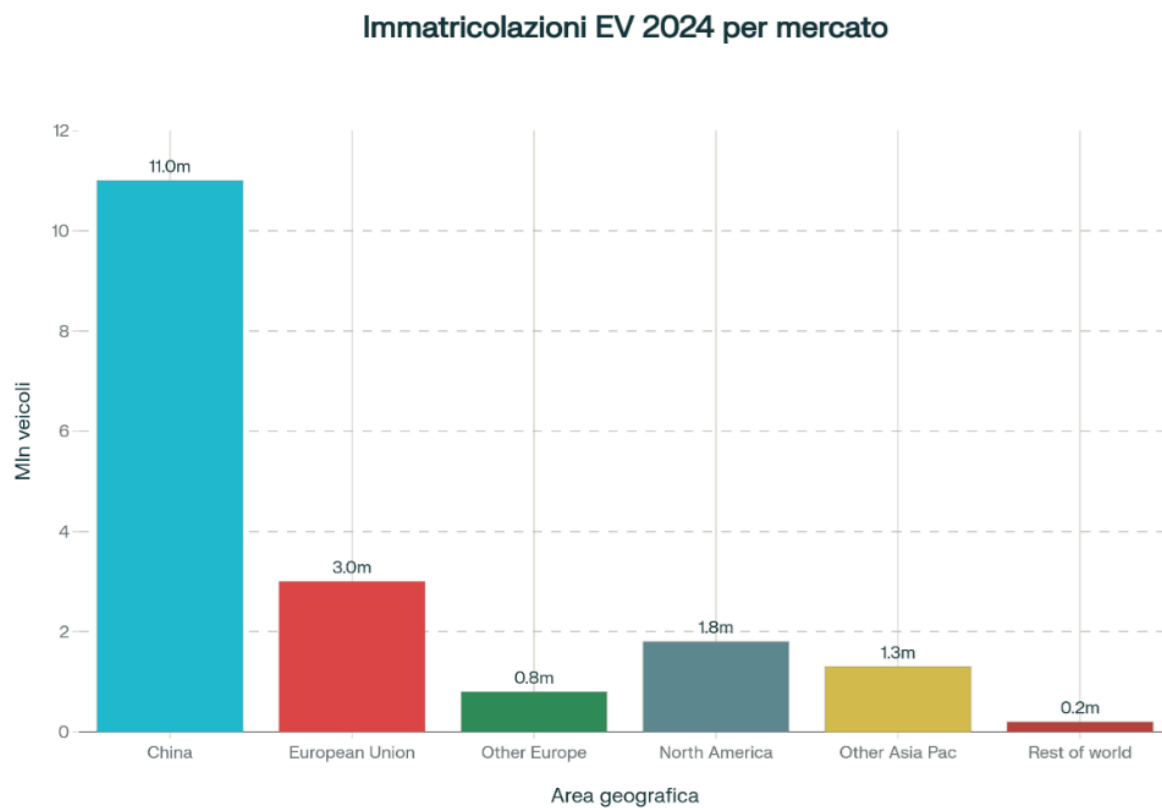
# Percezioni dei Consumatori

## Percezione Globale delle Auto Elettriche

### ***Panoramica del mercato Globale***

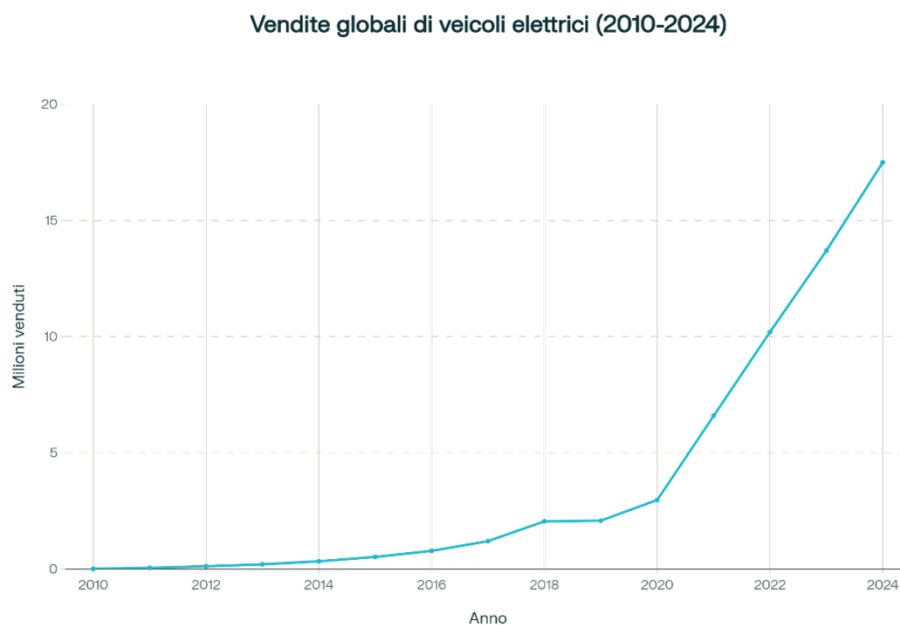
Per parlare della percezione delle persone sulle auto elettriche la prima cosa da fare è vedere la flotta attuale e le vendite globali di veicoli elettrici. Si possono quindi notare cifre significative negli ultimi anni:

- 17 milioni di veicoli elettrici venduti del 2024 (20% delle immatricolazioni totali di veicoli) come in *Figura 1*



*Figura 1* fonte (IEA), 2025)

- +20% rispetto al 2023 (3 milioni in più) confermando la crescita esponenziale dal 2010 ad oggi come da *Figura 2*



*Figura 2 fonte: (IEA), 2025)*

- Si prevede che nel 2025 le vendite supereranno i 20 milioni di unità (circa un veicolo su 4 nel mondo) (IEA, 2025)
- La flotta attuale di auto elettriche nel mondo corrisponde al 2024 a 58 milioni di veicoli un aumento significativo rispetto al 2023 dove erano solo 40 milioni (Virta Global. (2025))
- Varietà di offerta di veicoli elettrici con 785 modelli diversi ed un aumento del 15% rispetto al 2023 con previsioni di 1000 modelli entro il 2026 (Virta Global. (2025))

Altro dato molto importante da prendere in considerazione è la soddisfazione dei clienti, su scala globale i dati indicano che il 92% dei proprietari di veicoli elettrici non tornerebbe mai ai veicoli ICE (Internal Combustion Engine) e quando sarà il momento di comprare un altro veicolo verteranno su un altro sempre elettrico e a 0 emissioni, solo l'1% invece considererebbe un ritorno al vecchio paradigma. Questo dato dimostra un'elevata soddisfazione tra gli utenti attuali (European Alternative Fuels Observatory. (2024)). Le principali motivazioni addotte per l'adozione includono i minori costi operativi e i benefici ambientali. (European Alternative Fuels Observatory. (2024)).

“This is a remarkably high number and confirms that EVs are here to stay,” said Joel Levin, Chair of GEVA.

### Concentrazione Geografica delle Vendite

Per poter parlare della geografia delle vendite per prima cosa va indagato l'apprezzamento dei veicoli elettrici e si nota che le nazioni dove le persone sono più inclini a comprarne uno si trovano per la maggior parte in asia dove Cina ed India sveltano su tutte le altre:

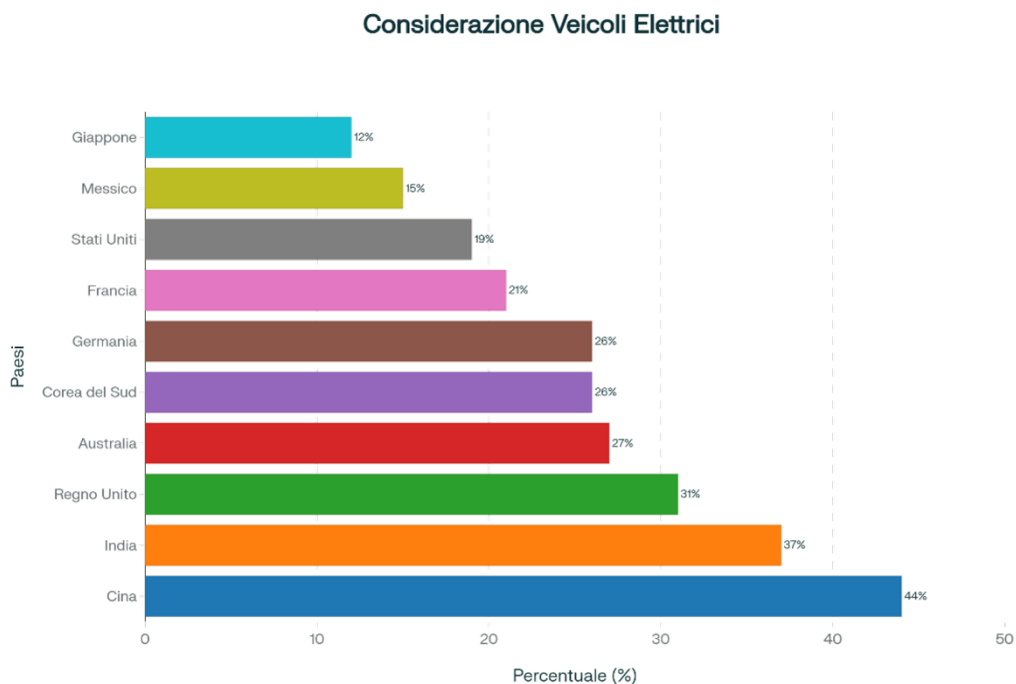


Figura 3 fonte: (Statista, n.d.-c)

Difatti, per l'89% le vendite EV sono in tre macroaree: Cina Europa e Stati Uniti. (IEA). 2025)

Vendite Auto Elettriche Globali 2024

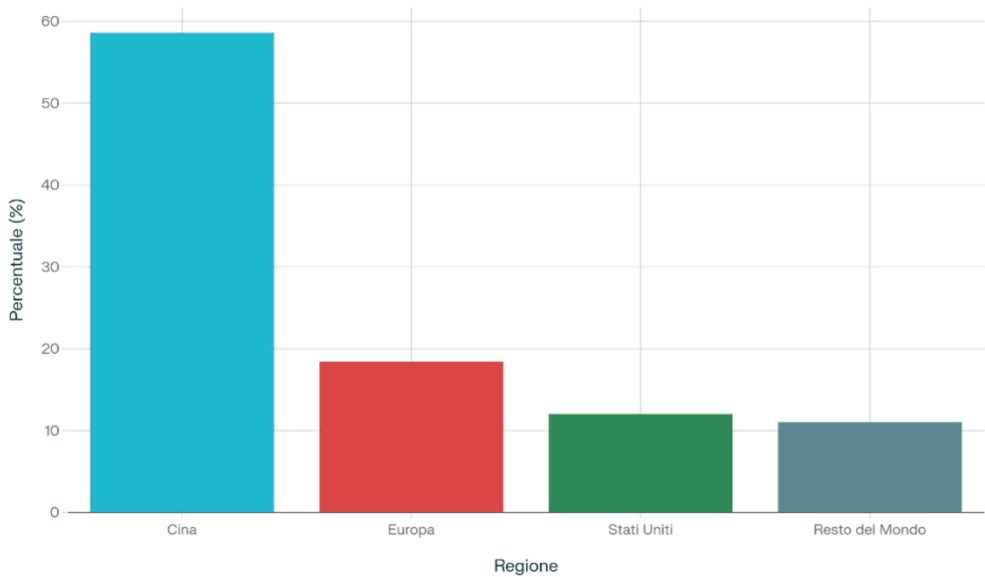


Figura 4 fonte:(IEA)., 2025)

La Cina da sola ha il 58,6% delle vendite di auto elettriche globali, ma, questa leadership non è casuale ed è probabilmente frutto di concorrenza sleale e sussidi statali che hanno portato l’UE ad imporre dazi alla Cina differenti tra produttore a produttore (Commission Implementing Regulation (EU) 2024/2754, 2024) come da *Tabella 1*.

Produttore	Dazio definitivo anti-sussidio
BYD Group	17,0%
Geely Group	18,8%
SAIC Group	35,3%
Altri produttori cooperanti	20,7%
Altri produttori non cooperanti	35,3%

Tabella 1 fonte: (Commission Implementing Regulation (EU) 2024/2754, 2024)

L'Europa invece rappresenta il 18,4% delle vendite globali come citato prima con circa 3 milioni di veicoli elettrici venduti nel 2024. La quota di mercato delle nuove immatricolazioni è di circa il 25% (McKinsey & Company, (2024) anche se la crescita dal 2022 in poi è rallentata parecchio per via dell'eliminazione di alcuni incentivi in Paesi chiave come la Germania (Reuters, n.d.) che segna un -38,6% in immatricolazioni di macchine elettriche (ACEA, 2024) e la Francia (Reuters, n.d.) che segna un -20,7%.

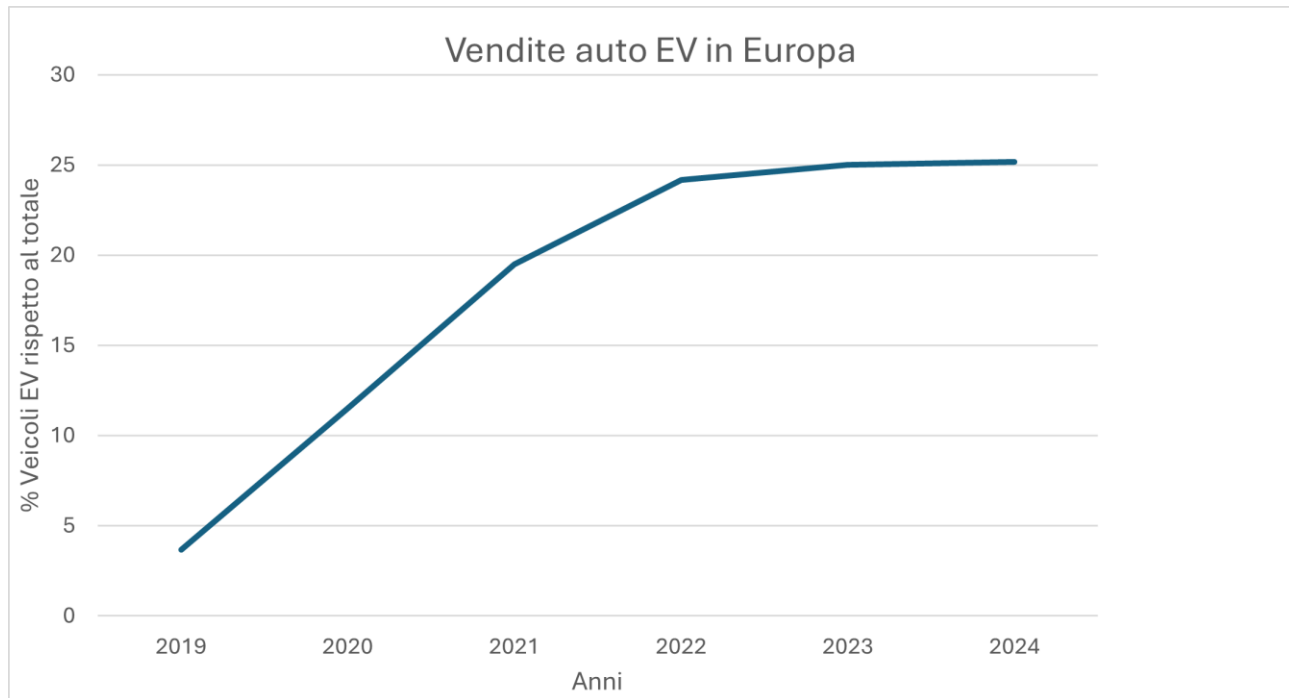


Figura 5 fonte: (ACEA, 2024)

Gli USA invece detengono il 12% delle vendite globali di auto anche se la quota interna è molto modesta e corrisponde circa al 9% delle vendite (S&P global, 2025)

### **Barriere Globali all'Adozione**

A livello globale continuano a perdurare barriere all'adozione, la ricerca accademica ne identifica i tre principali motivi:

- 1. Caratteristiche del consumatore**
- 2. Caratteristiche del veicolo elettrico**
- 3. Politiche correlate.**

Infatti, gli studi evidenziano che i principali fattori che ostacolano l'adozione sono la mancanza di colonnine di ricarica (la più citata) e la range anxiety per l'autonomia limitata percepita dei veicoli

(Ivanova & Moreira, 2023; Pamidimukkala et al., 2024), altri fattori che invece influenzano, anche se in maniera meno impattante, son il prezzo elevato ed il tempo di ricarica.

In questo modo abbiamo classificato 4 principali barriere:

1. **Infrastruttura di ricarica insufficiente:** Secondo un report di EY (EY, 2024) è un problema per il 27% di potenziali nuovi acquirenti, infatti, nonostante nel 2024 siano stati aggiunti 1,3 milioni di punti di ricarica pubblici (30% rispetto al 2023), la distribuzione di questi ultimi è fortemente disomogenea (Dr. Andreas Nienhaus, 2025).
2. **Range Anxiety:** Secondo lo stesso report di EY (EY, 2024) il 25% dei consumatori globali è preoccupato per l'autonomia limitata degli EV, mentre secondo Pulse Energy (Pulse Energy, 2024) i dati son ancora più impietosi: l'80% dei possibili nuovi compratori cambia idea per questo fattore.
3. **Prezzo elevato:** Il 60% dei possibili nuovi consumatori globali cita questo fattore tra le barriere all'acquisto (S&P global, 2025). Inoltre, nel 2024 per la prima volta viene anche citato (26%) il potenziale costo elevato per la sostituzione delle batterie (EY, 2024)
4. **Tempi di ricarica:** Il 18% dei potenziali nuovi acquirenti considera troppo lungo il tempo di ricarica rispetto ad i veicoli ICE (EY, 2024).

### ***Motivazioni Globali all'Adozione dell'EV***

A livello globale i principale benefici che le persone citano sono due:

1. **Alti prezzi del carburante fossile:** Nel 2024 il 37% dei consumatori lo cita come motivazione principale per acquistare un veicolo elettrico (EY, 2024), superando le motivazioni ambientali come fattore.
2. **Benefici Ambientali:** Nel 2024 il 34% lo segnala come motivazione principale, un calo significativo se comparato al 2021 quando ben il 49% dei consumatori lo segnalava come tale.

## Percezione delle Auto Elettriche in Europa

In Europa, la visione sui veicoli elettrici risulta più favorevole rispetto a quanto accade in altre zone del mondo. Però, questa percezione è davvero varia e cambia parecchio a seconda dei vari paesi che si considerano. Dall'indagine McKinsey del 2024 emerge che il 38% degli automobilisti europei attualmente senza un EV, afferma che la loro auto successiva sarà elettrica. (McKinsey & Company. (2024).

### Panoramica del Mercato Europeo

L'Europa come abbiamo visto nel paragrafo sulle concentrazioni geografiche globali è un mercato molto dinamico dove l'immatricolazione di nuove auto elettriche dipende principalmente dagli ecoincentivi che dal 2022 in Francia e Germania son calati drasticamente segnando stagnazione fino al 2024. Tuttavia, il 2025 ha segnato un anno di svolta, infatti, le vendite di veicoli BEV nella prima parte dell'anno sono cresciute del 24,9% rispetto allo stesso periodo nel 2024 (Jaan Juurikas, 2025).

### Leader e Disparità Regionali

All'interno dell'Europa ci sono forti disparità dipendentemente da paese a paese. I dati principali che mostrano ciò sono:

- Il paragone tra le vendite nei primi semestri del 2024 e quelli del 2025.

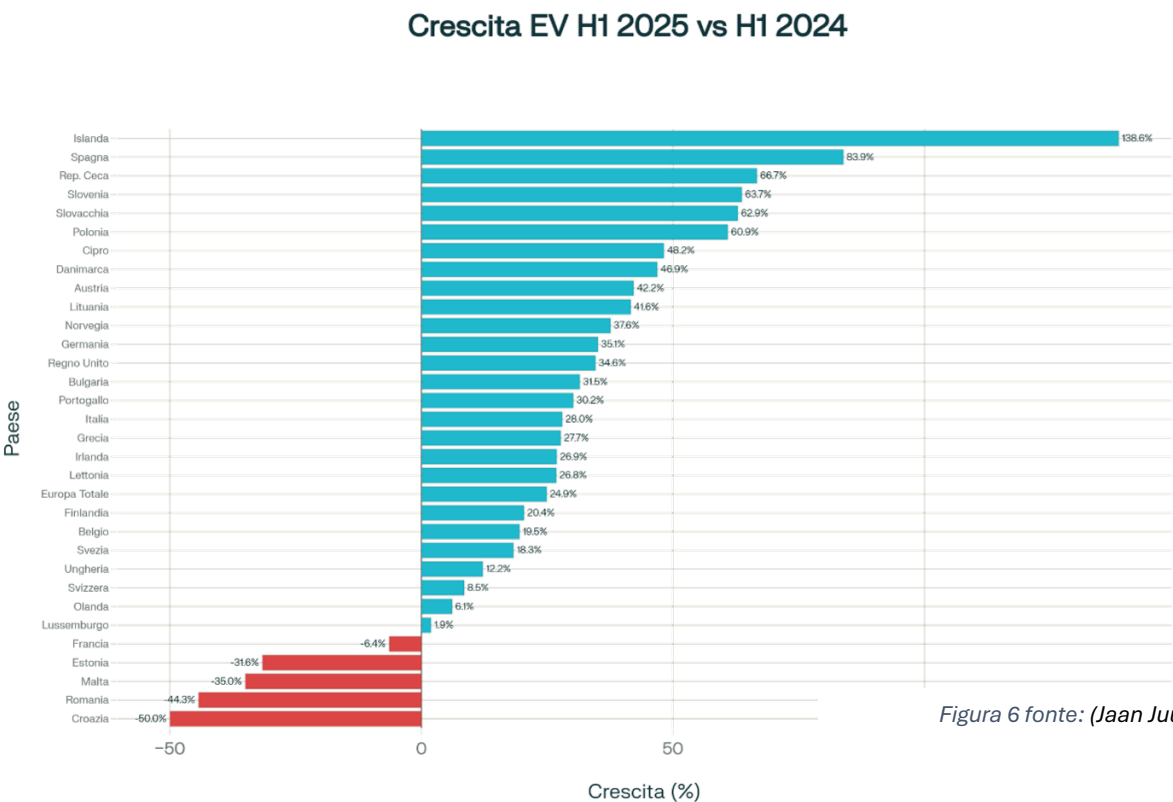


Figura 6 fonte: (Jaan Juurikas, 2025)

- Il paragone delle quote di mercato negli stessi periodi.

### Quota di mercato EV (%) H1 2025

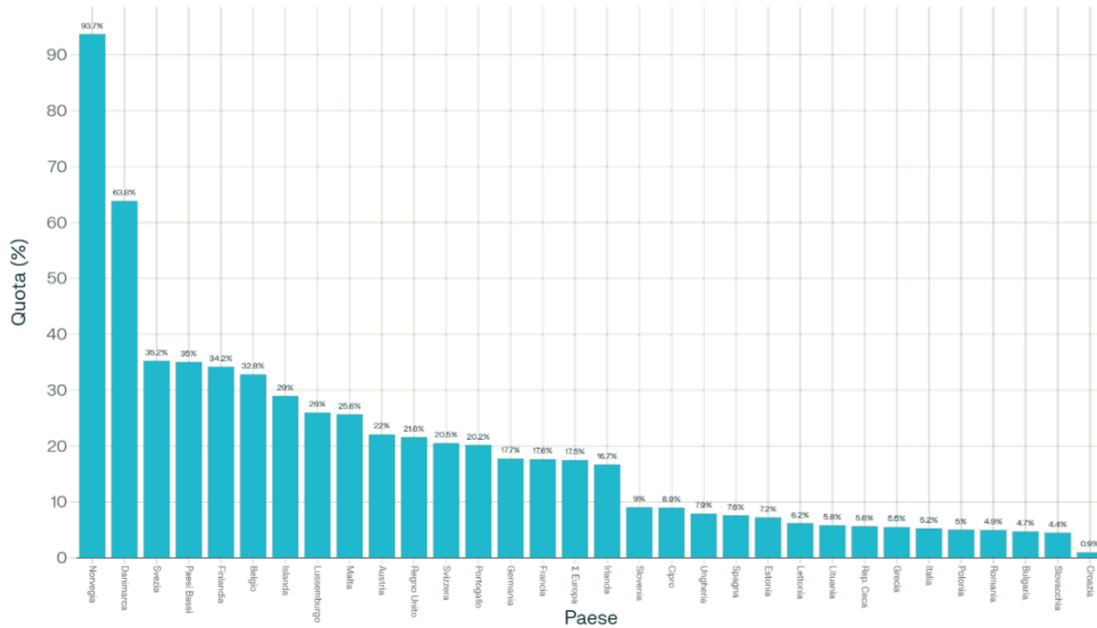


Figura 7 fonte: (Jaan Juurikas, 2025)

Da questi dati possiamo notare due importanti categorie:

#### 1. I paesi Leader:

- **Norvegia:** Con un saldo 93,7% è in assoluto il paese con il maggior numero di immatricolazioni di BEV al mondo.
- **Danimarca:** Grazie ad incentivi sostanziali che consentono di risparmiare tra i 10k€ e 20k€ sull'acquisto di un EV (Louis Boroditsky, 2024) la quota di mercato si assesta ora ad un 63,9%
- **Paesi Bassi, Svezia e Belgio:** Tutti e 3 questi paesi hanno una quota di circa 1/3 nuove macchine immatricolate elettriche

#### 2. I Mercati emergenti:

- **Polonia:** +60,9%, Ev Share 5%
- **Rep. Ceca:** +66,7%%, Ev Share 5,6%
- **Slovacchia:** +62,9%, %, Ev Share 4,5%
- **Slovenia:** 63,7%%, Ev Share 9,1%
- **Spagna:** +83,9%, Ev Share 7,6%

### **Barriere Principali all'Adozione in Europa**

Anche se l'80% dei consumatori europei prevede di acquistare un'auto elettrica in futuro il 22% rimane scettico (McKinsey & Company. (2024).

Secondo un sondaggio (European Alternative Fuels Observatory. (2024) effettuato dall'osservatorio Europeo per carburanti alternativi le ragioni per cui in Europa permangono dubbi sui veicoli elettrici sono principalmente quattro:

1. **Prezzo di acquisto (~65%):** Gli EV mediamente hanno un prezzo di acquisto superiore alla loro versione ICE
2. **Non possibilità di ricarica privata (~29%):** Per molti europei, specialmente gli abitanti delle grandi città, ricaricare in maniera domestica e/o privata è molto complicato.
3. **Troppe poche colonnine pubbliche (slow ~28%, fast ~19%):** Le colonnine di ricarica non hanno una distribuzione omogenea, il che rende la ricarica in alcune zone più difficile di altre creando range anxiety.
4. **Autonomia insufficiente della batteria (~22%):** i consumatori sono preoccupati che l'autonomia della batteria non permetta loro di completare il viaggio, altro fattore che alimenta la range anxiety.

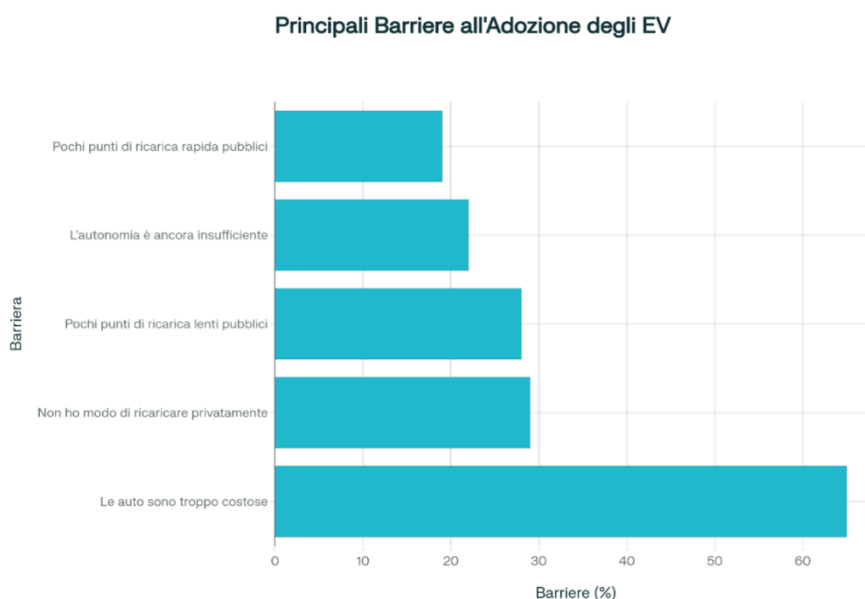


Figura 8 fonte: (European Alternative Fuels Observatory. (2024))

Un altro problema non citato dal report è sicuramente il rincaro dei prezzi dell’elettricità. Difatti, il 28% degli europei nutre perplessità riguardo al vantaggio economico eroso da questo fattore (McKinsey & Company. (2024). Inoltre, una barriera fin troppo poco citata è la disinformazione sugli EV. Si nota che la ricerca accademica condotta in cinque paesi europei (Danimarca, Germania, Ungheria, Paesi Bassi, Norvegia) con più di 7.600 rispondenti ha evidenziato significative differenze sulle conoscenze dei veicoli elettrici tra i vari paesi UE(Westerhof et al., 2023).

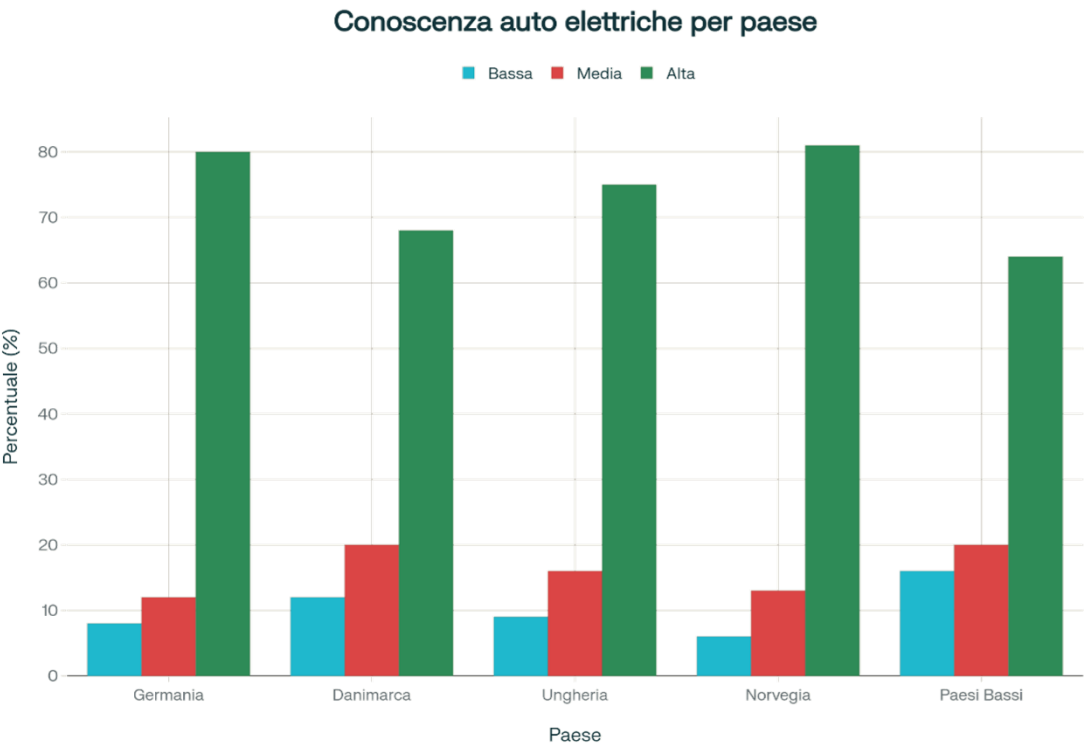


Figura 9 fonte: (Westerhof et al., 2023)

**Motivazioni Positive per l'Adozione**

Son due i principali fattori per cui in Europa l’elettrico è visto più positivamente di altre regioni del mondo:

1. Consapevolezza ambientale: Per questo motivo il 57% dei conducenti europei di auto non elettriche sta valutando di comprarne una (European Alternative Fuels Observatory. (2024).
2. Politiche UE: Ecoincentivi e restrizioni per ICE hanno portato il 44% degli europei a supportare l'eliminazione graduale dei veicoli a combustione interna(Shell Recharge Driver Survey: 2025).

Gli ecoincentivi sono ben visti dato che il 31% dei consumatori apprezza gli sconti sul prezzo di acquisto, l'accesso gratuito a ZTL e le esenzioni fiscali (EY, 2024).

## Percezione delle Auto Elettriche in Italia

### *Panorama del Mercato italiano*

L'Italia è sicuramente uno dei mercati europei con più difficoltà di penetrazione dei veicoli EV. La quota di mercato dei BEV si attestava circa al 4% nel 2024 ed al 5,2% nella prima parte del 2025 risultando il 27° paese Europeo per quota di mercato (Jaan Juurikas, 2025). Questi dati fanno comprendere che, anche se c'è stato un aumento di circa il 28% sulle nuove immatricolazioni la situazione presenta molte criticità.

### *Opinioni, Sondaggi, Ricerche recenti*

Di seguito elencherò alcuni sondaggi e ricerche recenti. Serviranno a comprendere meglio cosa pensano gli italiani sulle auto elettriche nel nostro paese:

- Un sondaggio di Quattroruote ha coinvolto oltre diecimila italiani. Il sessantasei per cento ha dichiarato che nono sono attratti dal possedere un'auto elettrica. Il restante trentatré per cento invece si dichiara molto interessato. I principali problemi per l'adozione sono l'autonomia limitata, che preoccupa il ventisette per cento. Poi ci sono le difficoltà di ricarica, al ventisei per cento, e di prezzi alti, che frenano il venti per cento. Inoltre, il settanta per cento non spenderebbe di più per un'auto elettrica. Il quarantuno per cento, a parità di condizioni, sceglierebbe comunque un'auto a combustione interna. (Quattroruote. (2024).
- Un sondaggio recente di OC&C Strategy Consultants evidenzia un calo d'interesse per gli EV: appena il 55% degli automobilisti italiani prevede di avere in futuro un veicolo elettrico contro il 66% del 2022. I millennial italiani preferiscono le ibride (PHEV) mentre i giovani ventenni sono più interessati alle elettriche a batteria (BEV). (Forbes Italia (2024).
- Secondo il **report** di **EY** (EY, 2024) nel 2024 il 65% degli italiani vorrebbe acquistare un veicolo EV (inclusi i PHEV) mentre solo il 22% vorrebbe acquistare un BEV. A motivare il report adduce come principale motivo la salvaguardia dell'ambiente col 42% seguita dagli incentivi economici col 31%, e come secondarie i minori costi di esercizio (19%) e la facilità di manutenzione (17%).
- Secondo il **report** di **Bearing Point** (BearingPoint, 2025) in Italia solo il 19% dei guidatori si è mai messo alla guida di un veicolo EV contro il 31% della Francia ed il 68% della Cina. Inoltre, solo il 24% acquisterebbe come prossimo veicolo un EV mentre il 44% si dichiara poco propenso.

- Per ultimo, un sondaggio di **Ipsos e AgitaLab** (Dplay, 2025) he conferma quanto sopra riportato dagli altri sondaggi. Il 49% degli italiani ritiene che il principale freno all'acquisto sia il prezzo di vendita, il 30% l'autonomia insufficiente, il 27% lunghi tempi di ricarica ed il 24% la mancanza di colonnine di ricarica.

Con questi dati impietosi si può comprendere che la situazione in Italia è forse la più sfidante dei grandi mercati europei.

Difatti, il 73% degli italiani non è d'accordo con il bando delle auto termiche previsto per il 2035, e solo il 24% lo condivide. Inoltre, un dato preoccupante è che il 52% considera l'auto elettrica "un'imposizione dell'Unione Europea" piuttosto che un'evoluzione naturale (Quattroruote. (2024).

### ***Barriere Principali all'Adozione in Italia***

Uno studio di (Pamidimukkala et al., 2024) mostra come principali ostacoli all'adozione quattro aspetti:

- Prestazionali: autonomia, tempi di ricarica, prestazioni
- Economici: costo di acquisto, ignoranza sui costi di gestione
- Infrastrutturali: scarsità di colonnine elettriche
- Comportamentali: resistenza al cambiamento, disinformazione

#### **Fattori Economici**

Dai sondaggi risulta chiaro che la principale barriera è rappresentata dal prezzo d'acquisto. Le auto elettriche difatti costano circa un 30% in più rispetto al loro omologo ICE (Quintegia, 2022).

Si segnalano però recentissimi miglioramenti di costo per le fasce di ISEE medio basso (sotto i 30k) che vivono in un'un'area FUA (Functional Urban Area): alcune macchine, come la Dacia Spring, arrivano a costare grazie agli ecoincentivi solo 3900€ (Dacia Spring, n.d.). Per vedere se ciò invoglierà gli acquisti di auto elettriche e quindi rimuoverà la barriera del prezzo di acquisto sarà necessario attendere del tempo e vedere come andranno le vendite.

#### **Preoccupazioni Tecniche – Prestazionale ed infrastrutturali**

Come detto nei sondaggi scritti poco sopra, autonomia insufficiente, tempi di ricarica lunga e scarsità di colonnine di ricarica sono problemi percepiti come preoccupanti dal consumatore medio italiano. Inoltre, per entrate più nel dettaglio dell'autonomia, il 54% degli italiani ritiene che un'auto elettrica

dovrebbe poter percorrere un tragitto superiore ai 550 km senza dover essere ricaricata. Quest'ultimo dato è in contrasto però con il fatto che l'83% dichiara che la propria auto ICE attuale è intorno ai 450 km di autonomia, range dunque inferiore ai 550km richiesti dall'elettrico (Quattroruote. (2024). Questo probabilmente è dovuto al fatto che il consumatore non ha paura di rifornirsi col vecchio paradigma ed al contrario considera appunto problematico il tempo di ricarica lungo di un veicolo BEV.

#### Aspetti Psicologici

Secondo uno studio volto ad indagare le barriere all'acquisto delle auto elettriche che ha preso in esame un campione di 870 rispondenti italiani (MARCO GIAN SOLDATI et al., 2020) la maggioranza degli italiani valuta preoccupanti principalmente fattori riguardanti la range anxiety (es. colonnine insufficienti e distanze lunghe). Però come da *figura 9* si può dedurre che invece la maggior parte degli intervistati non considerano barriere significative la sicurezza, l'accelerazione, il rischio tecnologico ed il piacere di guida.

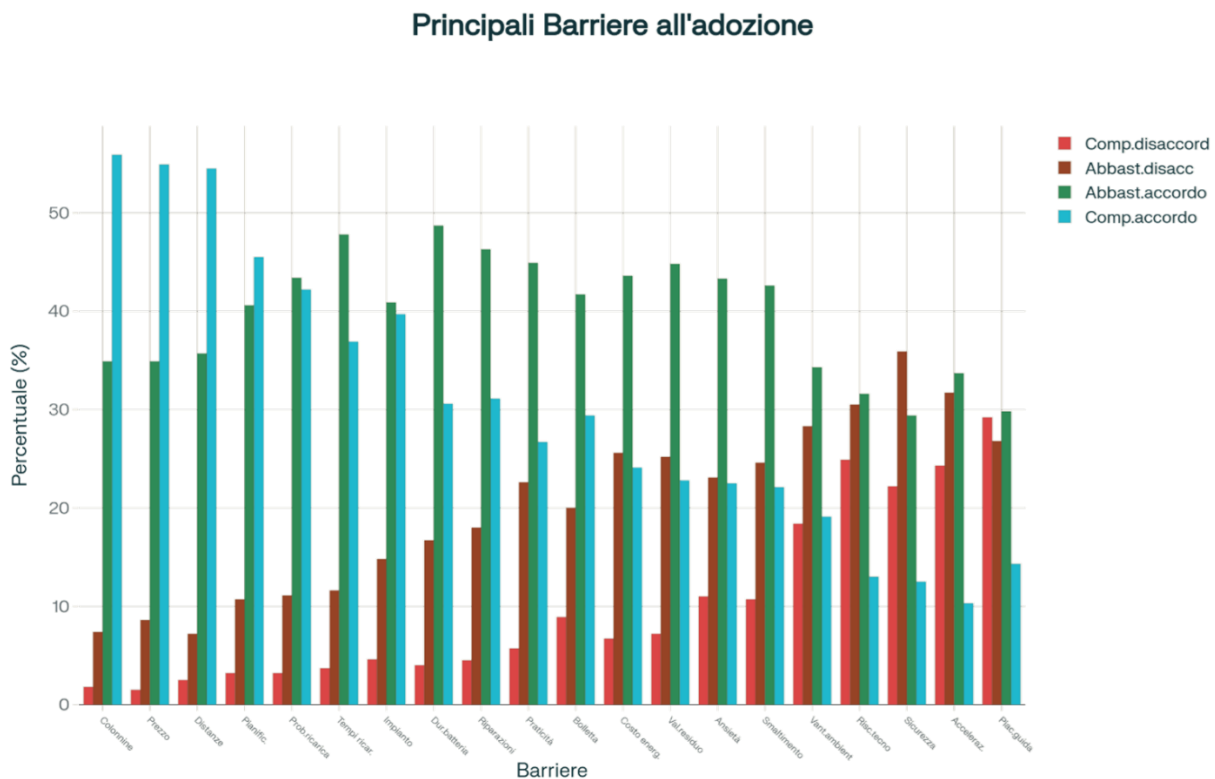


Figura 10 fonte: (MARCO GIAN SOLDATI et al., 2020)

### ***Motivazioni Positive per l'Adozione***

Secondo il sondaggio di Ipsos e AgitaLab (Dplay, 2025) le motivazioni per le quali un italiano sceglie l'auto elettrica sono principalmente tre:

1. **Preoccupazione Ambientale:** Per il 43% dei rispondenti è il fattore decisivo per il quale acquisterebbero un veicolo EV
2. **Poche Restrizioni:** Per il 44% degli intervistati poter circolare nelle ZTL è un fattore attrattivo dato dal possedere un veicolo elettrico
3. **Avanguardia tecnologica e piacere di guida:** Il 24% del campione ha dato queste due motivazioni come fattori che considera positivi nei veicoli elettrici

### **Sintesi Capitolo**

In questo capitolo abbiamo analizzato il mercato delle auto elettriche, dinamiche storiche, barriere e motivazioni all'adozione ed infine la percezione dei consumatori. Abbiamo notato diversi fattori che stanno frenando l'adozione ma, sebbene con ritmi e sfide differenti da paese a paese, i dati indicano una crescita sostenuta a livello globale. Un ruolo cruciale lo giocherà sicuramente l'Asia, in particolare la Cina, che al momento detiene la leadership delle auto elettriche ma l'Europa, come abbiamo visto, tramite riforme politiche, incentivi e dazi ed investimenti strutturali può non essere da meno nell'industria e nella geopolitica degli EV.

Nel prossimo capitolo affronteremo invece il paradigma delle auto elettriche applicando i principale modelli dell'innovazione.

## **CAPITOLO 2**

### **L'Innovazione nell'Auto Elettrica: analisi del settore**

#### **Modello lineare di sviluppo dell'auto elettrica**

Il modello lineare di sviluppo della tecnologia è il punto di partenza per lo studio del processo di innovazione. Nel seguito verranno analizzate le fasi che hanno guidato l'evoluzione del settore secondo il seguente schema: introduzione, basic research, applied research, sviluppo prodotto (suddiviso nelle fasi precompetitiva e competitiva).

#### **Introduzione**

L'auto elettrica così come la conosciamo è frutto di due fattori fondamentali:

1. Scoperta della batteria agli ioni di litio
2. Fallimenti precedenti con le batterie chimiche

Le batterie chimiche sviluppate prima degli ioni di litio erano fallimentari per via del fatto che potevano immagazzinare molta meno energia e questo non le rendeva minimamente appetibili in confronto ai veicoli ICE per via della scarsa autonomia.

#### **Ricerca di Base**

Le ricerche che portarono alle batterie al litio, base per i veicoli elettrici, risalgono agli anni Settanta quando nel 1974 M. S. Whittingham sperimenta il bisolfuro di titanio ( $\text{TiS}_2$ ) come catodo per le batterie, dimostrando il concetto di intercalazione ionica, che diventò le fondamenta per le batterie ricaricabili al litio. (Wikipedia, n.d.-c). Nel 1980 fu la volta di John B. Goodenough che introdusse l'ossido di litio-cobalto ( $\text{LiCoO}_2$ ) come catodo, ottenendo tensioni maggiori e una stabilità di gran lunga superiore se esposto all'aria (Wikipedia, n.d.). Infine, nel 1985 Akira Yoshino risolve i problemi di sicurezza e criticità sviluppando il primo anodo in carbonio (Wikipedia, n.d.-c)

Queste ricerche furono fondamentali e posero le basi per la successiva ricerca applicata.

## Ricerca Applicata

In questa fase la Sony intuì subito il potenziale di queste ricerche e insieme alla Asahi Kasei, l'azienda per la quale lavorava Akira Yoshino, tra il 1987 e il 1990 brevettò miscele a base di carbonati e introduce il sale  $\text{LiPF}_6$  che ne aumenta la stabilità chimica e la conducibilità ionica ("Commercial Lithium-Ion Battery Launch," 1991).

Nel 1991 Sony inizia la produzione di massa con la prima applicazione sulla Sony CCD-TR1 8 mm Handycam camcorder, una videocamera portatile digitale prodotta dalla stessa Sony (Sony, n.d.). Tra il 1991 ed il 1995 Sony applica la batteria a molti utilizzi come i lettori CD portatili ed i telefono cellulari, finché nel 1995 non crea dei moduli per veicoli elettrici.

A questo punto la ricerca proseguì anche per merito della NASA che, per il Mars 2001 Surveyor Program Lander, progettò e costruì 5 batterie al litio adatte al supporto della missione che però venne annullata. Grazie all'annullamento si poterono scoprire i limiti di performance con test in ambienti controllati nei laboratori della NASA, come il Glenn Research Center che si conclusero nel 2004 (Reid, n.d.).

## Fase Precompetitiva

Come accennato nell'introduzione sopra, fino ad ora ci sono state diverse auto elettriche con batterie chimiche, una di queste fu la EV1 di General Motors. Ma nel 2003 questi ultimi decisero di ritirare e distruggere tutte le EV1 in circolazione, questo fatto ha portato alla nascita di Tesla Motors (Emanuela Fagioli, 2020). L'azienda poi diventata quella più nota al giorno d'oggi quando si parla di veicoli elettrici. Tra il 2003 ed il 2006 Tesla progetta il sistema di gestione batteria per la Roadster che verrà poi lanciata nel 2008, fu così che prima BEV con batteria a celle agli ioni di litio ad essere commercializzata (Emanuela Fagioli, 2020).

## Fase Competitiva

A questo punto altre grandi compagnie lanciano le loro macchine elettriche:

- La Nissan annuncia il primo agosto del 2009 il lancio di Nissan Leaf 100% elettrica. La casa automobilistica giapponese lancerà poi in maniera commerciale l'auto alla fine del 2010 (Wikipedia, n.d.-d)
- La Chevrolet, casa statunitense, a fine del 2010 lancia la Chevrolet Volt, il primo PHEV con batterie al Litio. (Wikipedia, n.d.-b)

- In Europa la BMW entrò nel mercato con la i3 e la i8 nel 2013 (Wikipedia, n.d.-a), auto 100% BEV.

In risposta Tesla lanciò nel 2012 la Model S e nel 2015 la Model X.

Da qui in poi arriviamo alla situazione attuale che verrà discussa approfonditamente nei successivi paragrafi.

## **Analisi PEST del Settore**

Per comprendere al meglio il paradigma delle auto elettriche è essenziale passare per un'analisi PEST, la quale restituisce una visione di insieme dei fattori macro-ambientali principali.

### **Fattori Politici**

#### ***Stop alla produzione di veicoli ICE entro il 2035 in UE***

Come accennato nel capitolo precedente, l'Unione Europea nel 2023 ha emesso una legge che prevede il divieto di vendita di nuove auto a combustione interna e imponendo così veicoli 100% CO<sub>2</sub> emission free. Questa normativa fa parte di un piano ben più ambizioso il così detto "Fit for 55" che stabilisce che entro il 2030 si debbano ridurre le emissioni del 55% per le nuove auto rispetto ai livelli del 2021 (Fit for 55, 2023)

#### ***Politiche di incentivazione***

Anche questa tematica è stata accennata nel capitolo precedente. Difatti le politiche di incentivazione non sono eterogenee nei vari paesi del mondo e d'Europa. In particolare, in Europa abbiamo visto che cambiano molto tra Paese e Paese e che in alcuni stati chiave come Germania e Francia la loro rimozione ha causato una drastica riduzione delle vendite. In questo momento in Italia si stanno offrendo incentivi per ISEE medio bassi che consentono un risparmio tra gli 11mila e i 9mila euro a seconda dell'ISEE (Decreto Attuativo Pubblicato Nella Gazzetta Ufficiale n. 208, 2025). In Asia la Cina e l'India offrono anche loro forme di ecoincentivi. La Cina come abbiamo visto più che ecoincentivi ha di fatto dato sussidi di stato alle case automobilistiche portando poi ai già citati dazi dell'UE. L'India invece con il suo programma FAME II (Faster Adoption and Manufacturing of Hybrid & Electric Vehicles) lanciato nel 2019 da degli incentivi per chi compra veicoli elettrici ed ha un budget di 10000 crore di rupie che son equivalenti a poco meno di 1 miliardo di euro (FAME II, n.d.).

### **Investimenti Pubblici in infrastrutture**

Dipendentemente dalla regione del mondo che si va a prendere in esame si nota una grande disomogeneità degli investimenti in infrastrutture pubbliche di ricarica

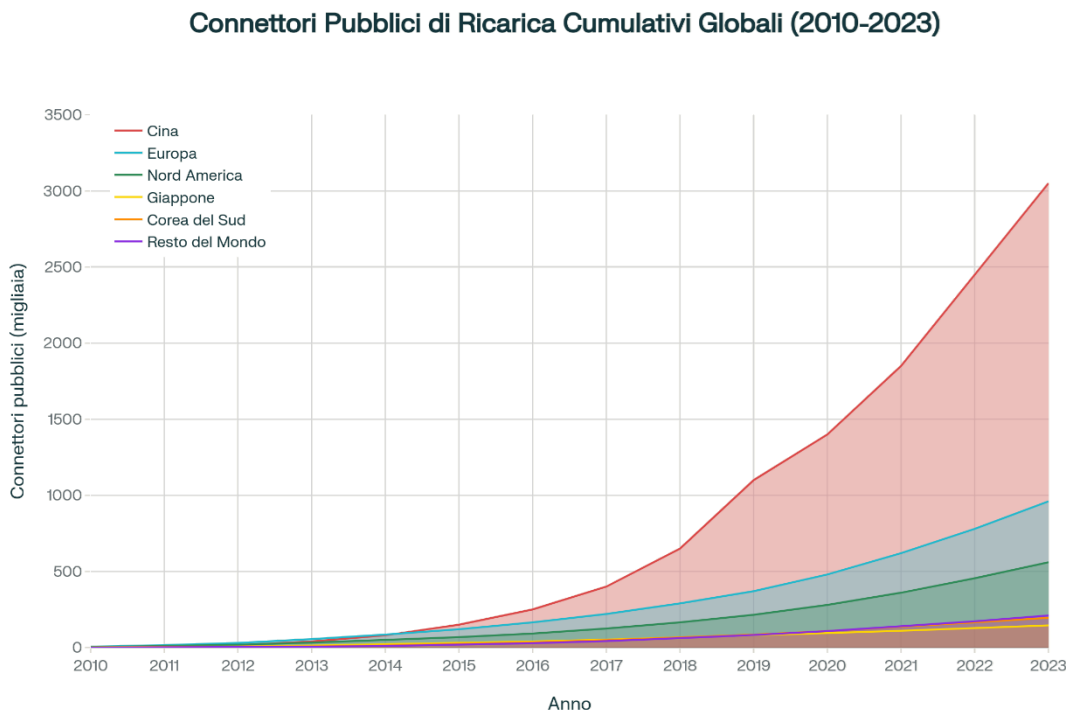


Figura 11 fonte: (BloombergNEF, 2024)

Infatti, in Figura 11 vediamo come la Cina abbia una posizione dominante per la quantità di infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici con circa 3 milioni di punti nel 2023, segue poi l'Europa con circa un milione e il Nord America sul terzo gradino del podio con poco più di mezzo milione di punti di ricarica. Si può notare come tra il 2015 ed il 2019 il numero di connettori in Cina è cresciuto di quasi un 700% in soli 4 anni, ciò è stato possibile solo grazie agli ingenti investimenti governativi nel mondo della mobilità elettrica (BloombergNEF, 2024).

**Dipendenza geopolitica della supply chain**

La Cina al momento domina la produzione di celle per batterie e della lavorazione dei materiali critici

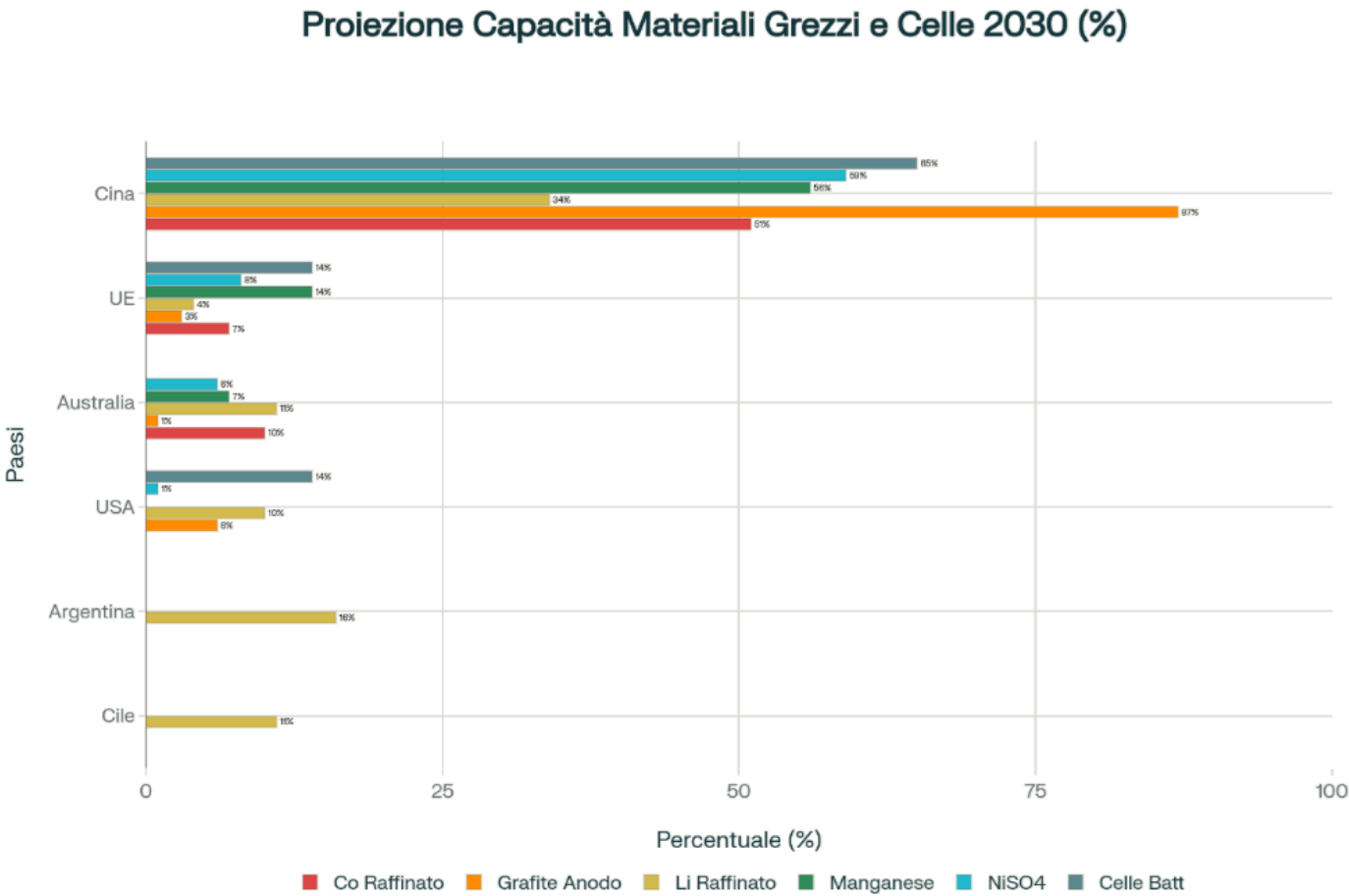


Figura 12 fonte: (Raw Materials Information System, n.d.)

per la costruzione di queste ultime (CSIS, 2024b, 2024a). Questa concentrazione, nelle mani di un paese che nel tempo è passato da essere “la fabbrica del mondo” ad essere un rivale vero e proprio sia economico che politico, rende vulnerabili l’Europa e gli Stati Uniti, che stanno dunque implementando politiche di friendshoring (CSIS, 2024a, 2024b). Questa pratica consiste nella riorganizzazione della supply chain in paesi alleati, in questo caso nel così detto “blocco occidentale”.

Come si può notare da Figura 12 nella proiezione della produzione del 2030 la Cina sarà la più grande produttrice sia di terre rare che di celle per batterie al mondo. L'Europa, comunque, secondo un report interno dell'ICCT (Bernard et al., 2025) ha le carte in regola per poter raggiungere l'indipendenza per quanto riguarda la produzione interna di batterie.

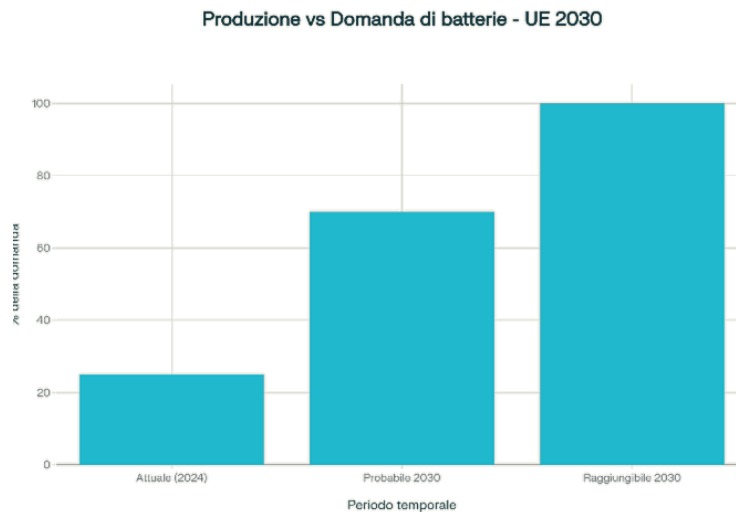


Figura 13 fonte: (Bernard et al., 2025)

## Fattori Economici

### ***Divario di prezzo tra ICE e BEV***

Un veicolo BEV può arrivare a costare più del 30% in più rispetto ad un veicolo ICE (Quintegia, 2022), questo comporta che il consumatore è meno propenso all'acquisto. Il fattore più incisivo sul costo del BEV attualmente è il costo di produzione della batteria che però come possiamo notare da Figura 14 è in forte diminuzione da diversi anni.

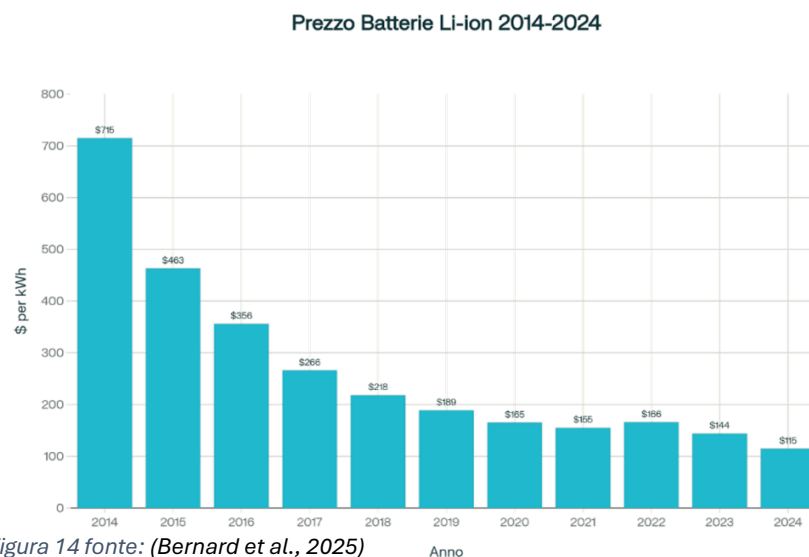


Figura 14 fonte: (Bernard et al., 2025)

Costi di gestione

Il minor costo della gestione delle macchine elettriche è spesso accostato al minor costo di ricarica. Possiamo notare come l’andamento del mercato (Figure 15 e 16) negli ultimi anni supporti questi fatti.

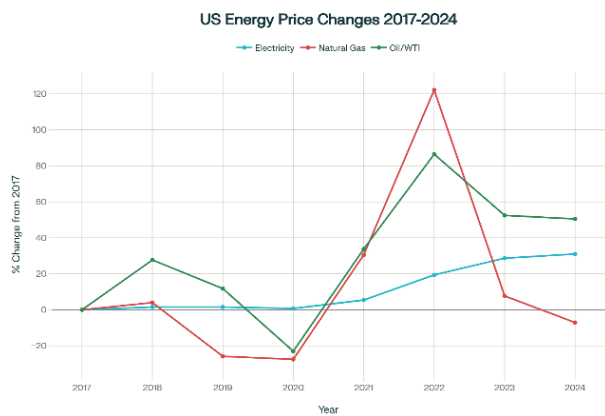


Figura 15 fonte: (FRED, n.d.-a, n.d.-b; (EIA), n.d.)

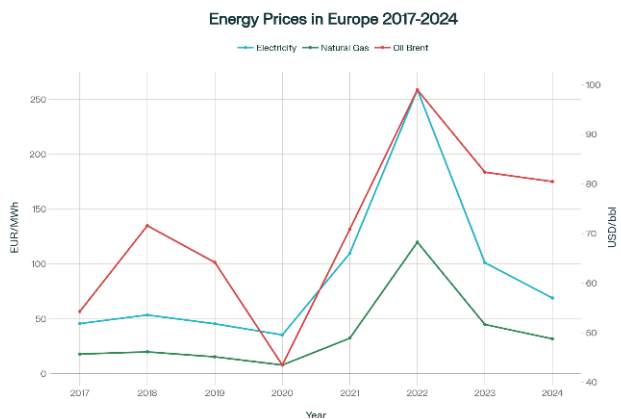


Figura 16 fonte: (Electric Choice, n.d.; Eurostat, n.d.; Trading Economics, n.d.-a, n.d.-b)

La ricarica domestica di un BEV rispetto ad un pieno coi combustibili fossili di un suo omologo ICE costa mediamente meno. Secondo il report ICCT del 2025 (Bernard et al., 2025) i costi medi operativi totali per guidare una macchina sono inferiori a qualunque altro mezzo attuale.

Tipo di veicolo	Costo medio (€ x100 km)
Veicolo elettrico a batteria, elettricità	€7,43
Veicolo ICE, diesel	€8,60
Veicolo PHEV (Utility factor 50%)	€9,49
Veicolo ICE, benzina (7%)	€11,02

Tabella 2: Fonte: (Bernard et al., 2025)

## Fattori Sociali

### **Range Anxiety e percezione dei consumatori**

Come ampiamente parlato nel capitolo precedente la paura di rimanere senza carica nel mezzo del tragitto è una delle barriere più citate dai potenziali acquirenti. Tuttavia, secondo un recente sondaggio il picco di ansia da range si ha circa 1 o 2 anni prima dell'acquisto e poi cala drasticamente come uno diventa più esperto (Liz Najman, n.d.).

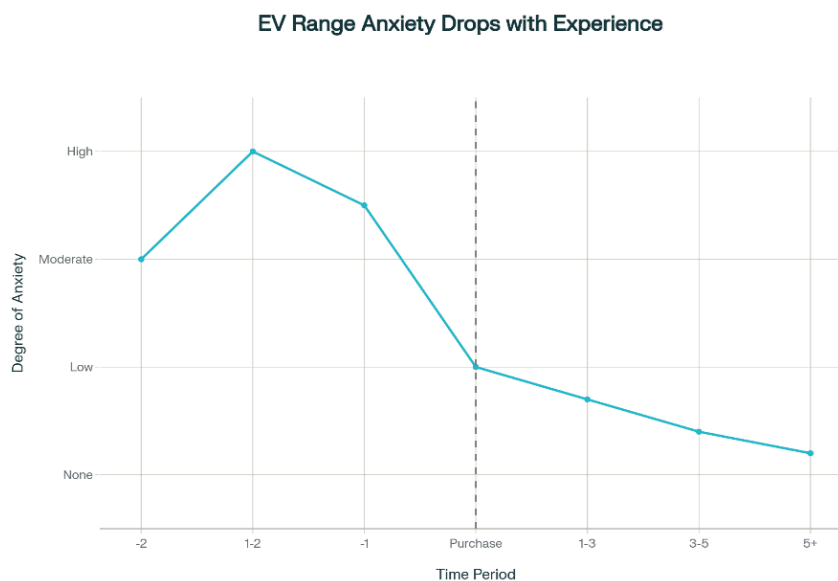


Figura 17 fonte: (Liz Najman, n.d.)

### **Sostenibilità ambientale**

I veicoli elettrici sono percepiti più green rispetto ai loro omologhi ICE e vengono usati come spauracchio per la lotta al cambiamento climatico, ma l'opinione degli studi scientifici non è sempre così netta. Un report fa varie criticità nella supply chain della produzione di veicoli elettrici. Una di queste è l'estrazione delle terre rare con composti cancerogeni (ammoniaca, acido cloridrico, solfati) e ciò comporta emissioni di più materiali radioattivi rispetto al paradigma precedente. Inoltre, pone anche l'accento sulla produzione di energia elettrica che per essere veramente green dovrebbe essere prodotta da energie pulite come rinnovabili e nucleare. Un altro studio (Debnath et al., 2021), che non è concorde col precedente, afferma che i veicoli elettrici possono ridurre le emissioni dei trasporti, promuovere mobilità a basso costo e rendere l'aria più pulita nelle città nelle quali viviamo. Afferma dunque che ci sia una correlazione tra benefici ambientali e benefici per la salute. Qui lo scrittore si espone dicendo che la verità sta probabilmente nel mezzo. I veicoli elettrici non sono una soluzione del

tutto green, specialmente per il fatto che ancora viene bruciato per lo più gas per produrre energia elettrica e che le terre rare vengono estratte per lo più in Cina e paesi del terzo mondo dove le normative ambientali son piuttosto lasche. Però gli EV rappresentano il turning point dal quale passare per avere aria pulita in città e decarbonizzazione a livello inizialmente europeo secondariamente in tutto il “blocco occidentale” ed infine nel resto del mondo.

### ***Economia Circolare***

L'economia circolare è un tema sempre più centrale di questi ultimi anni e i consumatori più informati mostrano preoccupazione per lo smaltimento non sostenibile. Di base però le case automobilistiche stanno già adottando soluzioni per il riciclo delle batterie una volta che il loro periodo di utilizzo per un veicolo elettrico finisce. Infatti, al contrario di quello che si pensa una batteria a fine ciclo ha ancora una capacità di tenere carica residua al 70%. In questi casi viene usata o per soddisfare la domanda di micromobilità o per le stazioni di ricarica. A fine di questo ciclo, infine, avviene il riciclo dal quale vengono estratti i metalli per creare una nuova batteria (Renault Group, 2025)

## Fattori Tecnologici

### Standardizzazione ed interoperabilità

Al momento uno dei fattori tecnologici che più frena l'adozione e la standardizzazione dei punti di ricarica che invece sono frammentati soprattutto per quanto riguarda le app e meno per le stazioni di ricarica (Reginald Davey, 2025). Il CCS è riuscito a limitare questi problemi imponendosi come standard di ricarica e diventando dominante in Europa ed in Asia.

### Investimenti in R&D

Per parlare di investimenti in R&D dobbiamo introdurre l'intensity che in italiano possiamo tradurre come intensità di ricerca. Quest'ultimo è un parametro che serve ad indicare quanto un'azienda è propensa ad investire in quella tecnologia perché, essendo calcolato come  $\frac{\text{Spesa in R\&D}}{\text{Ricavi totali}} * 100$ , normalizza le dimensioni aziendali. Un'analisi di Statista (Statista, n.d.-b) definisce un quadro

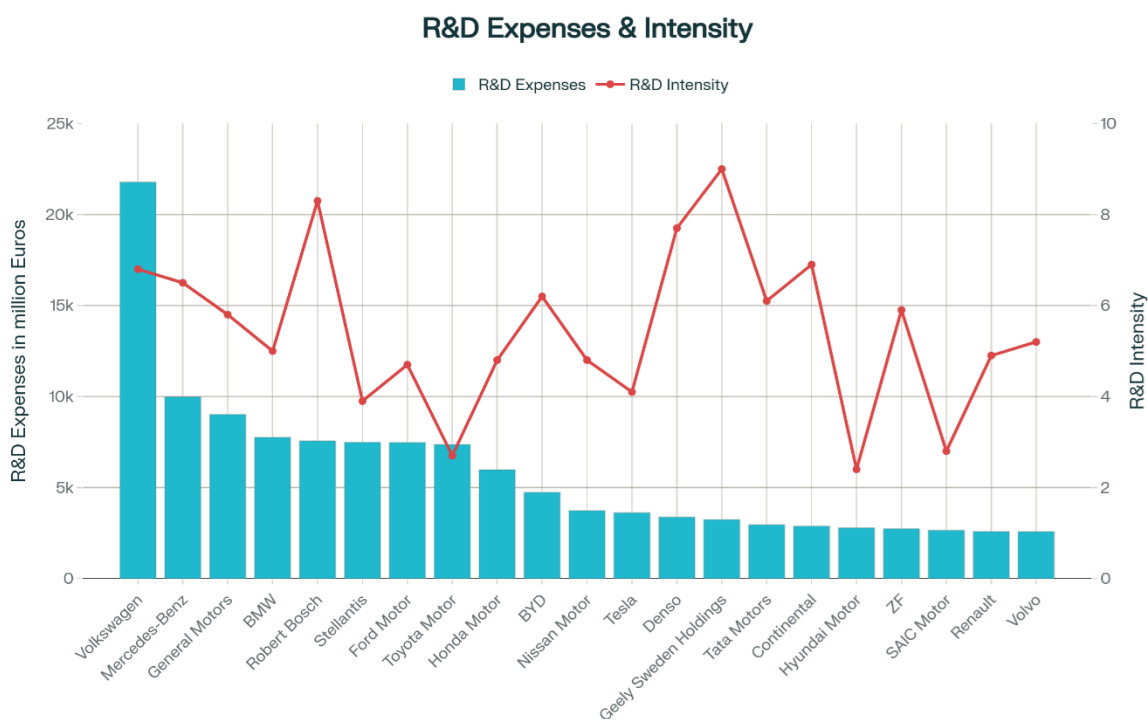


Figura 18 fonte: (Statista, n.d.-b)

abbastanza chiaro della situazione attuale delle più grandi aziende nel settore dell'automotive: Volkswagen è stata la casa automobilistica che più ha speso in ricerca e sviluppo nel 2023 con spese in R&D che arrivano a circa 2,2 miliardi di euro ed ha avuto anche una buona intensità di ricerca che ammonta a circa un 6,8% dei suoi ricavi totali. Si nota inoltre che invece Hyundai Motors è, tra le case

automobilistiche prese in esame, quella con l'intensity minore, pari ad un solo 2,4%. Il report poi prosegue sostenendo che dal 1996 ad oggi l'R&D negli EV è sempre aumentato raggiungendo nel 2022 una spesa di 124 miliardi di dollari. Si pone poi l'accento sul fatto che per via di obiettivi sempre più stringenti sulle emissioni da parte di alcuni governi, le aziende hanno aumentato il loro impegno a produrre e vendere più veicoli elettrici, portando dunque ad una crescita di volume degli EV disponibili a livello mondiale, con una gamma di offerta più che raddoppiata tra il 2017 ed il 2021. Viene inoltre affermato che questo impegno in ricerca e sviluppo ha poi portato ad un raddoppio di brevetti green a livello mondiale per quando riguarda il settore dei veicoli a motore, che sale al secondo posto della classifica per la quota più alta in questo campo.

### ***Fast Charging***

I sistemi di ricarica con fast charge stanno riducendo significativamente i tempi di ricarica grazie a potenze che vanno fino a 350kw ed un EV con batteria da 60 kWh può raggiungere l'80% di carica in circa 18-45 minuti ma ciò richiede un upgrade dell'infrastruttura della rete elettrica per poter far sì che tutti possano accedervi (Evoke, n.d.). Infatti, la diffusione degli EV e quindi delle colonnine di ricarica potrebbe aumentare la domanda di elettricità. Oltre a ciò, tecnologie emergenti come la ricarica wireless dinamica stanno iniziando a essere testate per permettere la ricarica durante la guida (Chris Harto & Consumer Reports, 2023) e anche questo potrebbe aumentare la domanda di elettricità.

## Analisi dell'industria

In questo paragrafo ci concentreremo sull'andamento dell'industria dei veicoli EV. Per affrontare questo tema è però bene specificare le assunzioni che sono state fatte nella realizzazione di questi grafici. Per il grafico di Figura 20 sono state fatte delle stime in caso di mancanza di fonti esplicite, in particolare ciò è successo negli anni dal 2008 al 2012 compresi e tra il 2016 e 2019 compresi. La stima effettuata è stata fatta seguendo una semplice moltiplicazione delle unità vendute per un prezzo medio stimato. Questo prezzo è stato stimato in base ai prezzi medi delle auto in quel periodo con stime conservative ed è per gli anni 2008-2010 di 60k\$, 2011-2012 di 50k\$, 2016-2018 di 42k\$ e 2019 di 40k\$. Mentre per Figura 19 sono stati considerati i produttori di auto elettriche prendendo la lista di auto prodotte ogni anno, da questa sono state estratte 302 modelli EV per ogni modello è stata considerata la casa madre effettiva ed è stato creato un conteggio cumulativo di case madri costruttrici.

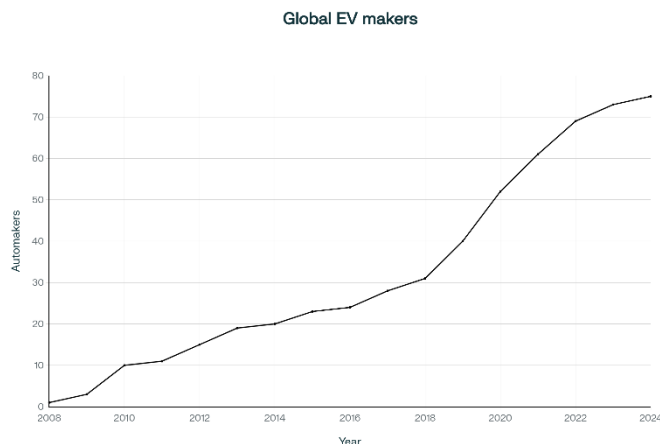


Figura 19 fonte: (List of Battery Electric Vehicles, n.d.)

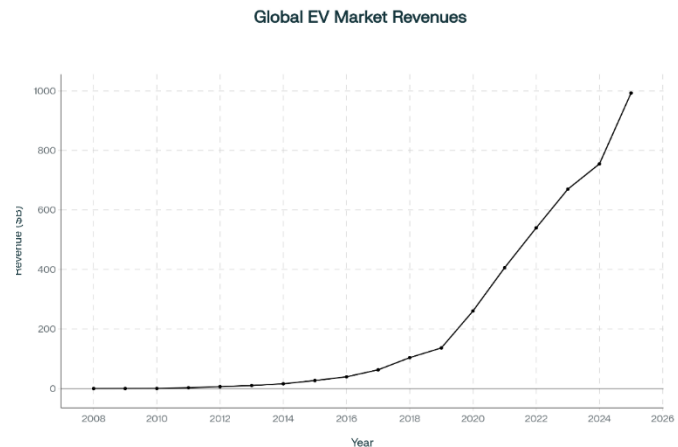


Figura 20 fonte: (Electric Vehicle Market Size, Share, Trends and Forecast by Component, Charging Type, Propulsion Type, Vehicle Type, and Region, 2025-2033, 2024; List of Battery Electric Vehicles, n.d.; Josh Howarth, 2024; Statista, n.d.-a)

Possiamo dunque notare come dal 2018 ci sia stato un picco sia nelle revenues del mercato che nell'aumento di case automobilistiche produttrici di EV. Difatti, si è passati da avere 31 produttori a 75 nel giro di soli sei anni, un +142% e si è avuto un aumento del 625% delle revenues. La causa di tutto ciò è probabilmente la distribuzione globale e di massa che è avvenuta di Tesla Model 3, uscita nel 2017 ma commercializzata su larga scala appunto nel 2018. Questo probabilmente è stato un turning point che ha dimostrato ai grandi player dell'automotive che fosse possibile e profittevole costruire e vendere EV per un mercato di massa e non solo per uno premium ad alto budget.

## Analisi Curve ad S

Nel seguito si riportano le analisi, le stime e le assunzioni poste in essere sulle misure di **performance** dei veicoli EV che hanno permesso di tracciare le “curve a S” e confrontare i risultati nel caso delle auto ICE e di quelle elettriche

Si è scelto come misura di performance il range dei veicoli perché come abbiamo visto è uno dei principali vincoli all’adozione e ciò comporta che sia estremamente correlato con l’acquisto, per il cliente è semplice compararlo ed è facilmente accessibile grazie ai rapporti ufficiali (es EPA e WLTP). Inoltre, dato che il range è un’unità di misura della distanza ci aiuta a definire il mercato di riferimento, per esempio sotto i 100km solo ambiente cittadino, sopra i 500km quasi tutti.

Per realizzare questo studio son stati presi in esame dei dataset (EVBox, 2024; EV-Database, n.d.; Nordiskbil, n.d.; U.S. Department of Energy, n.d.; U.S. Environmental Protection Agency, 2021) per poter determinare i range sia dei veicoli ICE che quelli elettrici.

Mentre per gli EV veniva fornito direttamente il range medio, per i veicoli ICE son state fatte queste assunzioni dal consumo medio delle auto:

1. Cambio Miglia/Gallone in Km/l per facilitare i calcoli nel sistema internazionale con  $1 \text{ Km/l} = 2,35 \text{ MPG}$
2. Si è supposto un serbatoio medio delle auto ICE di 60l
3. Per mancanza di dati nel 2022,2023,2024 si son fatte delle approssimazioni in linea con l’andamento dei dati precedente a quegli anni per poter restituire un grafico più completo

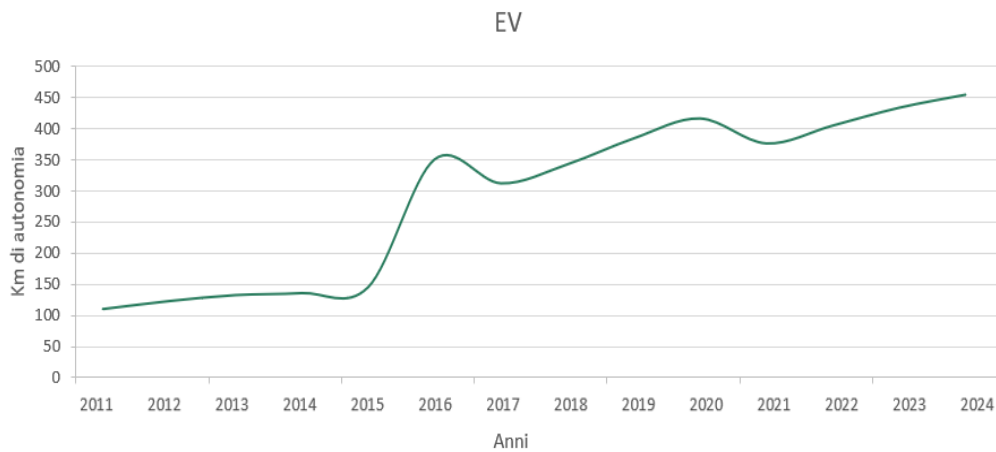


Figura 21 curva di performance range elettrico fonte: (EVBox, 2024; EV-Database, n.d.; Nordiskbil, n.d.; U.S. Department of Energy, n.d.)

Fatte queste premesse possiamo entrare più nello specifico e vediamo come la curva ad S del range della batteria elettrica in Figura 21 presenti 3 fasi ben distinte:

1. 2011/2015 una fase di stagnazione dove non vengono fatti particolari passi avanti
2. Una fase di accelerazione dopo il 2015 fino al 2020
3. Una fase di decelerazione dopo il 2020 con un trend che sembra stabilizzarsi

Ponendo adesso la curva all'interno dello stesso grafico delle curve ad S dell'autonomia dei veicoli ICE

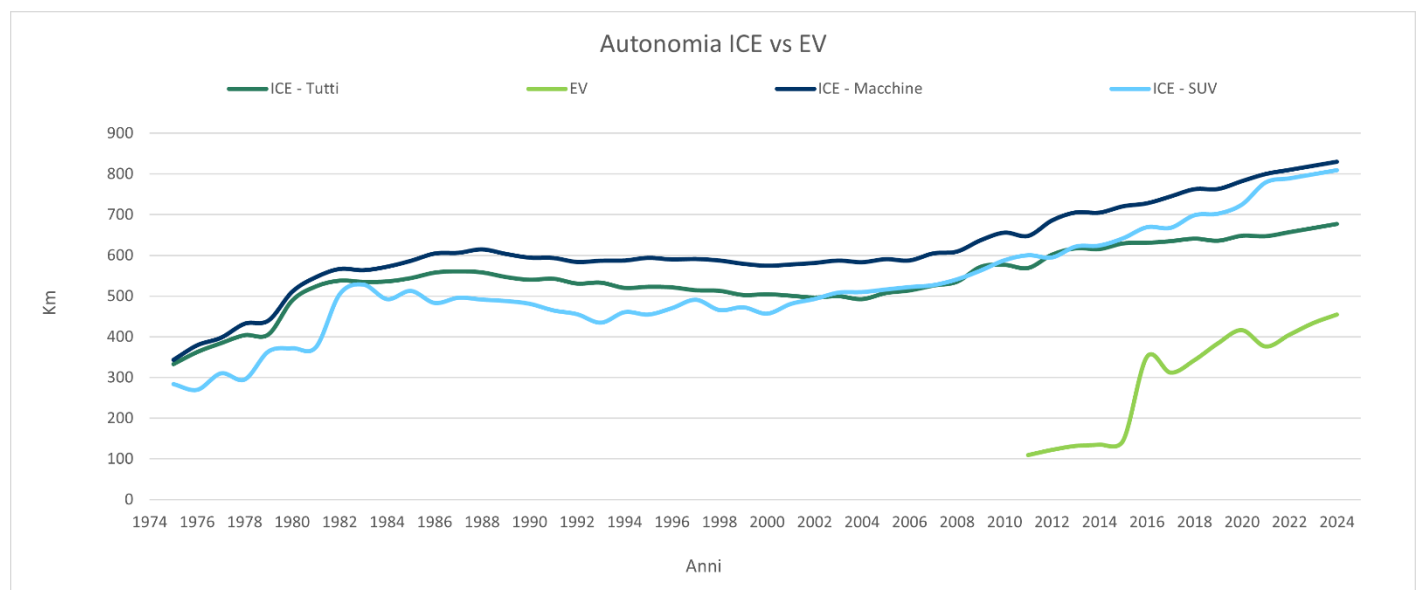


Figura 22 Curve di performance range Benzina vs ICE fonte: (EVBox, 2024; EV-Database, n.d.; Nordiskbil, n.d.; U.S. Department of Energy, n.d.; U.S. Environmental Protection Agency, 2021)

si nota come le curve dei veicoli ICE non abbiano avuto in tempi recenti grossi aumenti nella misura di performance, e non si nota dunque un sailing ship effect, effetto che prevederebbe che la tecnologia dominante del vecchio paradigma migliori le performance significativamente una volta che una

possibile tecnologia disruptive si presenta sul mercato. Questo suggerisce che l'industria dell'automotive abbia puntato i propri investimenti in altre direzioni, come l'elettrico stesso, oppure che si sia raggiunto un plateau tecnologico per quanto riguarda il consumo delle automobili e quindi del range massimo a parità di serbatoio.

Quello che sembra illustrare il grafico è dunque una transizione tecnologica ordinata e non disruptive, dove il settore dell'EV arriverà a sostituire pian piano il vecchio paradigma senza che esso impieghi delle particolari controffensive, anche perché gli stessi produttori spesso producono sia i veicoli ICE che quelli EV.

# Modello di Porter

## Contesto Competitivo

Il panorama competitivo attuale è senza dubbio molto alto, e ciò è alimentato da diversi fattori. In particolare, la competizione esiste su tre livelli principali:

### 1. Tesla vs Tutti

Tesla mantiene ancora una posizione dominante nel mercato dei BEV a livello globale avendo una market share del 16,5% (Statista, 2023a) ma la sua leadership è sempre più contestata, infatti, nel 2020 la sua quota era intorno al 23% (Eva Fox, 2021).

### 2. La Sfida Cinese

I produttori cinesi, BYD su tutti, hanno trasformato completamente il contesto competitivo recente. BYD ha venduto oltre 4 milioni di unità nel 2024 (Statista, 2023a), dominando il mercato delle vendite dei PHEV (Tesla si ferma a circa 1,8 milioni) grazie anche alle batterie proprietarie  $\text{LiFePO}_4$  (Statista, 2023b). Nel 2022 è riuscito ad avere un fatturato di circa 61 miliardi di dollari di cui 47 per il solo settore dell'automotive (Statista, 2023b). Altri competitor cinesi come SAIC-GM-Wuling, GAC Aion e LiAuto hanno guadagnato quote significative di mercato negli ultimi anni. (Statista, 2023a). La sfida più grande però dettata dal mercato asiatico è la competizione intensa sul prezzo di acquisto dato che offrono EV a prezzi molto competitivi. Ciò è dettato, come da trattazione del capitolo precedente, dai sussidi di stato ma non solo: le catene di approvvigionamento domestico di terre rare per batterie, il costo del lavoro inferiore e le economie di scala hanno permesso ai produttori cinesi di avere prezzi competitivi in Europa nonostante i dazi.

### 3. Riposizionamento dei Big dell'automotive

Come visto sopra negli investimenti in ricerca e sviluppo, i grandi player del settore come Volkswagen, BMW e Stellantis stanno facendo grossi investimenti nel segmento EV. In particolare, il gruppo Volkswagen ha speso notevolmente in R&D circa 2,2 miliardi di euro, il 6,8% del suo fatturato.

Questa concorrenza spietata nel mercato delle auto elettriche esiste anche per limitata differenziazione del prodotto, i parametri critici come abbiamo visto sono l'autonomia della batteria, il tempo di ricarica,

il prezzo di acquisto ed il design. Dato che l'autonomia ormai è simile per i vari produttori e che il tempo di ricarica dipende dalle infrastrutture presenti la partita si gioca tutta sul design e sul prezzo di acquisto. Difatti possiamo giungere alla conclusione che la **rivalità** tra i competitor è **molto alta** con ancora nessun chiaro leader incontestato a livello globale.

### Potere Contrattuale dei Fornitori

La produzione di batterie e l'estrazione di materie prime sono i due principali fattori da tenere in conto per il potere contrattuale dei fornitori.

#### Produttori di batterie

La produzione di batterie è un fattore critico per via del fatto che, mentre un veicolo ICE contiene centinaia di componenti che determinano il costo del veicolo, nei veicoli elettrici la batteria agli ioni di litio rappresenta il 40-50% del costo totale (Statista, 2023b). Quindi, anche se come abbiamo visto in Figura 14 il prezzo negli ultimi anni è calato drasticamente è comunque una voce di costo significativa.

Global EV Battery Market Share 2024

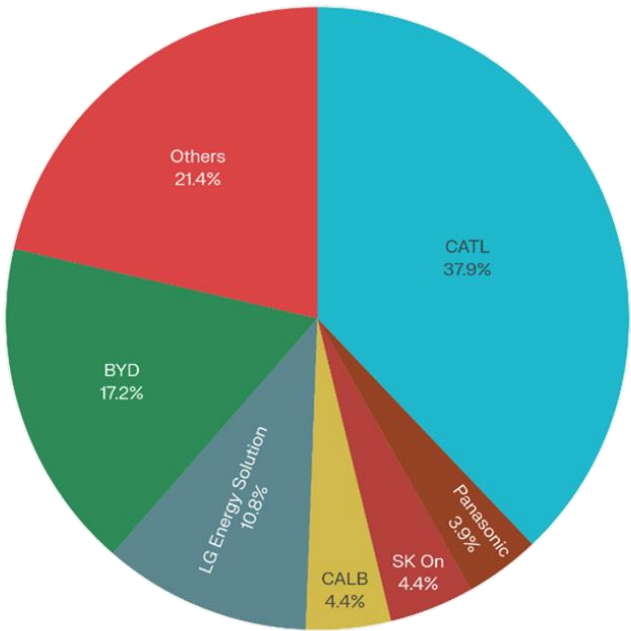


Figura 23 Fonte: (Lei Kang, 2025)

La leadership globale delle batterie al momento è in mano a pochissimi produttori (Lei Kang, 2025):

1. **CATL:** Produttore cinese dominante con circa il 38% della market share globale
2. **BYD:** Azienda integrata verticalmente con le batterie  $\text{LiFePO}_4$  detiene circa il 17% di quota di mercato
3. **LG:** Azienda coreana produttrice globalmente di circa l'11% di batterie
4. **CALB, SK On e Panasonic:** Altri giganti asiatici che detengono insieme circa il 13% della market share.

Da questi dati possiamo notare una preponderanza asiatica del mercato (~90%) (Lei Kang, 2025) con una quota **cinese** del ~67%, i  $\frac{2}{3}$  del mercato globale.

Un altro fattore che indica una preponderanza asiatica in questo mercato si evince da un report del 2023 (Statista, 2023b) dove si nota come la Cina detenga anche il controllo di buona parte della supply chain globale controllando di fatto l'80% della produzione di materie prime raffinate il 77% dei sistemi di accumulo (cell capacity), il 90% della produzione di anodi ed elettroliti ed infine il 75% della capacità produttiva totale di celle per batterie a livello globale (capacità di fabbricare celle in un anno).

### ***Produttori di materie prime***

Come abbiamo scritto poco sopra, la Cina detiene l'80% di produzione di materie prime raffinate, specialmente di terre rare, ma non è l'unico fattore da tenere in considerazione. Secondo lo stesso report (Statista, 2023b) le batterie per i telefoni cellulari e l'industria crescente delle auto elettriche rappresentano il 49% della domanda globale di cobalto. Questo rappresenta un problema in ottica geopolitica ed etica, dato che la maggior parte delle riserve di cobalto si trova nella Repubblica Democratica del Congo, una regione politicamente instabile, che a discapito del nome non è democratica, e dove quindi è molto difficile condurre affari in maniera costante, sicura ed etica.

Un altro aspetto cruciale quando si parla delle materie prime è la loro quantità. Questo elemento però pare non preoccupare gli esperti, infatti, un report europeo (Bernard et al., 2025) indica che le riserve globali di minerali sono sufficienti a soddisfare la domanda futura di batterie. Gli autori sostengono che, anche nel caso peggiore senza evoluzione tecnologica e senza scoprire nuovi giacimenti, la domanda

di materie prime per la produzione di batterie fino al 2050 corrisponderebbe a meno della metà delle riserve globali di litio cobalto e nickel.

### ***Mitigazione del Potere dei Fornitori***

Per ridurre il potere dei fornitori una buona strada sarebbe quella di seguire il modello Tesla: Implementazione verticale. Difatti, Tesla produce nella sua Gigafactory in Nevada le batterie per le proprie automobili grazie ad un partenariato con Panasonic (Statista, 2023b). Per merito di ciò l'azienda sta sviluppando le celle proprietarie 4680 che hanno il 16% di autonomia in più ed un 40% di acciaio in meno, così da avere un rapporto potenza-peso migliore (Statista, 2023b).

In conclusione, dalle analisi qui sopra possiamo affermare che **il potere dei fornitori è molto alto** dato l'attuale mercato oligopolistico delle batterie e la concentrazione geografica delle materie prime.

### **Potere Contrattuale dei Clienti**

Per poter parlare del potere contrattuale dei fornitori dobbiamo distinguere due categorie: i clienti B2B e i clienti individuali.

Secondo un articolo del The interdisciplinary Journal del 2022 (Fedotov, 2022) il **potere dei B2B è molto elevato** dato che acquistando con volumi elevati hanno molte alternative di fornitori e possono negoziare specifiche, prezzi e servizi personalizzati.

Per quanto riguarda il mercato degli **acquirenti individuali** invece **il potere contrattuale è basso**, infatti, al momento le alternative sono limitate:

- I clienti che vogliono un'auto privata hanno gli EV con meno modelli disponibili rispetto alle auto tradizionali;
- Per avere auto non inquinanti devono sottostare ai vincoli di prezzo, autonomia e ricarica;
- Possono scegliere di viaggiare sulla bici o coi mezzi pubblici sacrificando la comodità della macchina;

Però secondo l'autore dell'articolo il potere contrattuale dei clienti individuali è destinato ad aumentare perché i consumatori che stanno pensando di passare al nuovo paradigma comprando un EV hanno richieste ben specifiche e non sono disposti a sopassedere sul prezzo di acquisto, l'autonomia ed il tempo di ricarica.

## Minaccia dei Nuovi Entranti

La **minaccia** di nuovi entranti al momento è **bassa-moderata** per via di svariate **barriere all'ingresso** del mercato, le principali però sono sicuramente due: **Tecnologiche** e **Finanziarie**.

### **Barriere Tecnologiche**

La principale barriera tecnologica al momento è lo sviluppo di una batteria proprietaria che richiede investimenti di ingenti capitali, una grossa spesa in R&D ed esperienza pregressa nell'industria. Per questo le principali compagnie come Volkswagen, Toyota, Nissan stanno investendo sulle prossime tecnologie di batteria, come quelle a stato-solido, litio-zolfo e zinco aria, rendendo dunque obsolete le attuali batterie agli ioni di litio (Statista, 2023b). Quindi, qualora riuscissero a realizzare una o tutte queste nuove tecnologie, le barriere all'ingresso diventeranno ancora più insormontabili.

### **Barriere Finanziarie dovute ad Economia di Scala**

Nell'industria dei veicoli elettrici sono richiesti grandi investimenti anche in infrastrutture di produzione, infatti Tesla ha investito 5-10 miliardi (5 Tesla stessa gli altri investitori esterni) per ogni costruzione delle sue Gigafactory (Fedotov, 2022) che le consentono di produrre tantissime unità all'anno con costi contenuti. Dal grafico possiamo notare infatti come l'economia di scala abbia premiato Tesla con una diminuzione costante del prezzo nel tempo del suo modello più economico

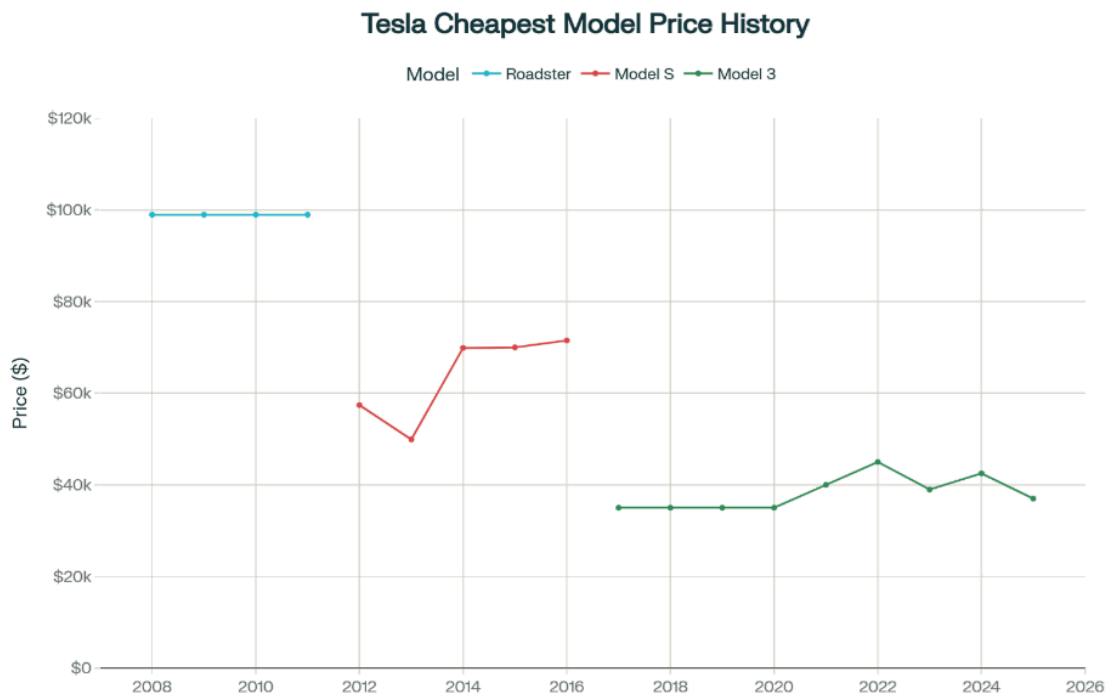


Figura 24 fonte: (Tesla Official Site.)

## ***NIO, esempio vincente di nuovo entrante***

NIO è una società fondata nel 2014 che produce veicoli elettrici premium con una gamma di EV avente autonomie che spaziano tra i 500 e i 1000 km (range decisamente competitivo). A fine 2022 aveva venduto quasi 300 mila veicoli di cui 122 mila solo in quell'anno (Statista, 2023b).

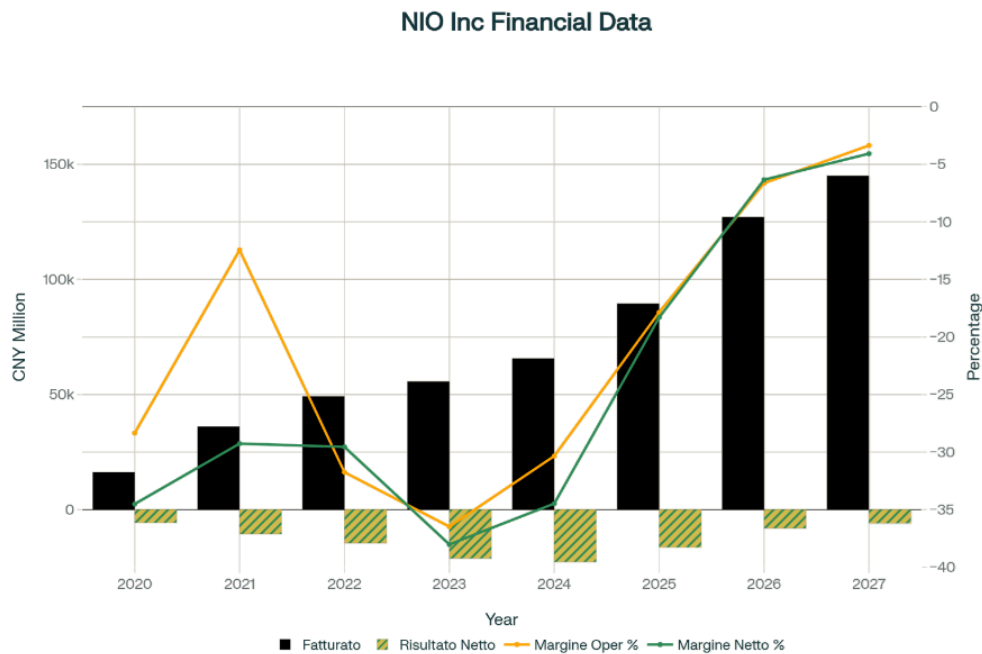


Figura 25 fonte: (MarketScreener, n.d.)

Possiamo inoltre notare dalla situazione finanziaria di NIO come, nonostante gli alti e bassi, il fatturato sia stato sempre crescente, inoltre per il sito specializzato in analisi di mercato MarketScreener entro il 2027 l'azienda riuscirà ad azzerare l'indebitamento e a portare la cassa in positivo (MarketScreener, n.d.).

## **Minaccia di Prodotti Sostituti**

La minaccia derivante dai prodotti sostituti come si può intuire è abbastanza alta ma è più complessa del semplice confronto con il paradigma dei veicoli ICE.

### ***Sostituti tradizionali – I veicoli a combustione interna***

Al momento i veicoli ICE rimangono il segmento dominante dato che la quota dei veicoli elettrici rimane a livello globale del 20% (Virta Global. (2025)). Ovviamente ciò è dovuto a tutti i fattori che abbiamo già affrontato sia durante la trattazione del primo capitolo che nell'analisi PEST.

### **Sostituti MaaS (*Mobility as a Service*)**

I sostituti MaaS sono servizi di mobilità che includono lo sharing, di qualsiasi veicolo (auto, moto, monopattini, bici, etc...) il trasporto pubblico ed i taxi.

Secondo un report sulla mobilità sostenibile, già citato spesso nella trattazione di questa tesi (Statista, 2023b), un veicolo facente parte una flotta di car sharing potrebbe avere il potenziale per essere utilizzato con un rateo di circa il 50% del tempo totale, quindi 12 delle 24 ore, di una giornata, mentre i veicoli privati verrebbero usati mediamente solo il 4% del tempo giornaliero. Questo ci porta, facendo una semplice divisione, a dire che un autoveicolo in condivisione potrebbe sostituire 12,5 autoveicoli privati.

Il trasporto pubblico invece rappresenta da sempre un'alternativa alle auto proprietarie e quelli elettrici andranno piano piano a sostituire il vecchio paradigma dei bus ICE. Lo stesso report citato poc'anzi afferma che il numero di persone al mondo che vive in contesti urbani è fortemente dipendente dal trasporto pubblico e che i governi stanno investendo ingenti somme di denaro per ammodernare le flotte e renderle EV. Il trasporto pubblico, dunque, vista la forte dipendenza delle persone nei contesti urbani, rappresenta una minaccia sostitutiva abbastanza grande, anche se, secondo lo scrittore, il fatto che la flotta stia diventando EV non aumenta né diminuisce l'intensità di tale minaccia.

In conclusione, la **minaccia dei prodotti sostituiti è medio-alta** e potrebbe crescere se aumenterà il consumo di car sharing a livello globale, il vecchio paradigma, invece, allo stato attuale delle cose, rappresenta senza dubbio la minaccia più grande.

## Riepilogo Forze di Porter

Qui di seguito un riepilogo della nostra analisi di Porter con tabella riepilogativa:

1. Rivalità accesa tra competitor globali: nessun chiaro leader incontrastato
2. Potere dei fornitori quasi assoluto per via di tecnologie proprietarie sulle batterie
3. Potere clienti alto per i B2B e basso per i clienti individuali anche se crescente
4. Barriere all'ingresso elevate e difficilmente sormontabili
5. Minaccia dei sostituti moderatamente alta ma crescente con aumento dello sharing

Forza	Valutazione	Trend
Rivalità tra Competitor	MOLTO ALTA (9/10)	Crescente
Potere Fornitori	MOLTO ALTO (8.5/10)	Stabile/Crescente
Potere Clienti	MODERATO-ALTO (6.5/10) (B2B 7/10; Cliente individuale 5/10)	Crescente
Minaccia Nuovi Entranti	BASSA (3/10)	Stabile
Minaccia Sostitutivi	MODERATA-ALTA (6.5/10)	Crescente

Tabella 3: Riepilogo Forze di Porter

## Segmentazione del mercato secondo Rogers

### Introduzione al modello

Il modello di Rogers (Rogers, 1962) segmenta il mercato tramite una curva di diffusione delle vendite con una distribuzione normale, suddivisa in corrispondenza della mediana e dei punti a  $\pm 1$  e  $-2$  deviazione standard e questa segmentazione produce cinque categorie di clienti (Cantamessa & Montagna, 2015):

1. **Innovators (2%):** Sono i primi che comprendono e adottano un'innovazione tecnologica. Nel caso di consumatori sono entusiasti dalla tecnologia stessa e possono trovare interessante anche il fatto di per sé che la tecnologia non sia matura. Nel caso di aziende spesso sono dei business con bisogni peculiari. (Cantamessa & Montagna, 2015)
2. **Early Adopters (14%):** Sono clienti che credono che la tecnologia acquisterà importanza in futuro e vogliono acquisire esperienza in previsione di ciò. Non sono molto preoccupati di adottare tecnologie ancora poco mature e/o poco user friendly. (Cantamessa & Montagna, 2015)
3. **Early Majority (34%):** Clienti che prima di acquistare praticano un'analisi di costi e benefici: se la tecnologia non è abbastanza matura, è complicata da usare o troppo costosa preferiscono rimandare l'adozione. (Cantamessa & Montagna, 2015)
4. **Late Majority (34%):** Meno inclini al rischio rispetto ai clienti nell'early majority, anche loro decidono sulla base di un'analisi costi/benefici ma appunto con una esitazione in più. (Cantamessa & Montagna, 2015)
5. **Laggards (16%):** Clienti caratterizzati da esigenze molto particolari e che sono molto conservatori nei confronti dell'innovazione. (Cantamessa & Montagna, 2015)

Un'altra nozione che dobbiamo introdurre prima della nostra analisi sul mercato EV è il concetto di "Chasm", introdotto da Moore. Quest'ultimo sosteneva nel suo libro "**Crossing the Chasm**" che esiste un gap significativo (appunto il chasm) tra gli early adopters e l'early majority. Difatti come definito prima gli early adopters sono pronti ad accettare una tecnologia relativamente immatura perché guardano al futuro, mentre l'early majority adotta il prodotto solo una volta che è maturo e ne sono completamente soddisfatti. Ciò comporta che un prodotto che ha molto successo nei primi poi possa fallire miseramente con i secondi.

## Applicazione al mercato degli EV

Venendo alla nostra analisi sui veicoli elettrici abbiamo accennato diverse volte che il mercato attuale degli EV si trova in un 20% di market share (Virta Global. (2025)). Ciò comporta due considerazioni fondamentali una a seguito dell'altra: si è in fase di early majority, quindi, globalmente si è oltrepassato il chasm.

Facendo però un'analisi a ritroso andiamo ad indagare le cinque categorie di Rogers:

1. **Innovators:** Secondo lo studio sulla mobilità sostenibile (Statista, 2023b), prendendo a campione la Germania del 2015, i clienti di questa categoria sono per lo più uomini (89%) laureati (50%) e con ottimi stipendi che oscillano tra i 2000-4000 (46%) e 4000-6000 (28%). Anche l'Olanda e l'UK confermano questi risultati. In particolare, nel Regno Unito del 2016 il profilo tipico è quello di un uomo di mezza età ben educato e benestante che vive in città, che può ricaricare in maniera domestica l'auto e ne possiede almeno due.
2. **Early Adopters:** Per poter parlare di questa categoria possiamo prendere ad esempio la Norvegia del 2016, periodo nel quale si stava per superare il chasm (Baldursson et al., 2019). Il profilo che lo studio (Statista, 2023b) riscontra è per il 61% una persona tra i 36 ed i 55 anni (36-45 il 34%; 46-55 il 27%), nel 76% dei casi ha una laurea, è benestante ed abita per lo più nella zona della capitale e nella Norvegia dell'ovest, dunque le zone più popolate ed urbane.

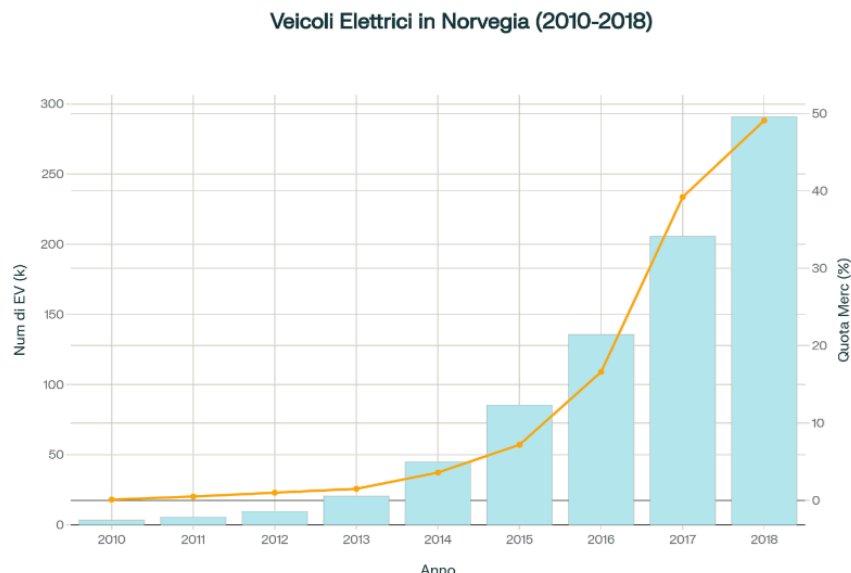


Figura 26 fonte (Baldursson et al., 2019)

**3. Early Majority:** Per indagare i clienti dell'early majority prenderemo in considerazione il mercato francese e tedesco del 2023. Per una facile comprensione possiamo identificare il compratore tipico di un EV con questa tabella riassuntiva di report europei (Vanhaverbeke et al., 2024c, 2024b):

Caratteristica	Francia (%)	Germania (%)
Genere (Maschio)	84	69
Età 35-55 anni	51	43
Stipendio medio-alto (€2000-4000)	36	26
Stipendio alto (€4000-6000)	36	43
Stipendio altissimo (>€6000)	19	25
Educazione universitaria o superiore	64	60
Proprietari di casa indipendente	66	51

Tabella 4 fonte: (Vanhaverbeke et al., 2024c, 2024b)

**4. Late Majority:** Per questa categoria lo scrittore ha deciso di far riferimento al mercato di Danimarca e Norvegia, unici paesi al mondo ad aver superato l'early majority. Anche qui per facilità di comprensione verrà utilizzata una tabella riassuntiva:

Caratteristica	Danimarca (%)	Norvegia (%)
Genere (Maschio)	67	72
Età 35-55 anni	38	44
Stipendio medio-alto (€2000-4000)	25	22
Stipendio alto (€4000-6000)	35	38
Stipendio altissimo (>€6000)	28	31
Educazione universitaria o superiore	73	76
Proprietari di casa indipendente	75	68

Tabella 5 fonte:(Figenbaum & Nordbakke, n.d.; Vanhaverbeke et al., 2024a)

**5. Laggards:** L'unico mercato che ha raggiunto i Laggards al momento è la Norvegia ma, non si riuscirebbe a distinguere i dati rispetto alle altre categorie. L'analisi migliore che si può fare è a livello meramente Europeo perché passa dalla normativa che vieterà la vendita di auto nuove ICE dal 2035. Lo scrittore ipotizza (salvo rinvii dell'ingresso in vigore della norma) che gli acquirenti facenti parte di questa categoria semplicemente rinverranno l'acquisto di un EV fino a quando comprare un'auto usata ICE costerà di più che prendere un'auto nuova EV, cosa che succederà probabilmente dal 2040-2045 quando le ultime auto ICE prodotte avranno 5-10 anni e si raggiungerà circa metà della massima vita di un'auto.

## Sintesi del posizionamento nelle categorie dei principali mercati

Di seguito una sintesi con i principali mercati delle auto. Come vediamo l'Italia è fanalino di coda per quanto riguarda l'adozione ed insieme agli USA non ha ancora superato il chasm, la Cina è molto vicina ad entrare in late majority mentre l'europa mediamente è entrata in early majority, trainata ovviamente da Norvegia (nei laggards) e da Danimarca (nella late majority).

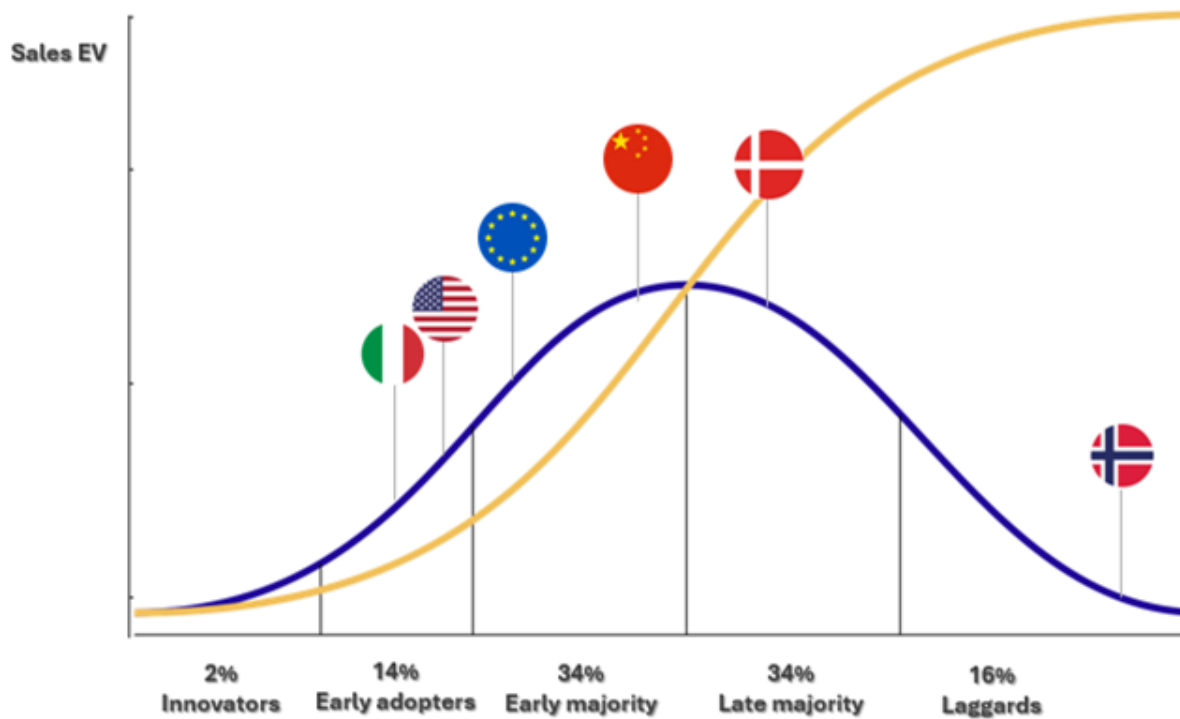


Figura 27 fonte: (Jaan Juurikas, 2025; Statista 2025)

Per comprendere più a fondo l'andamento la diffusione degli EV, osserviamo ora la penetrazione di questi ultimi nei tre grandi mercati mondiali e in Italia, che verrà poi analizzata meglio nel seguente capitolo.

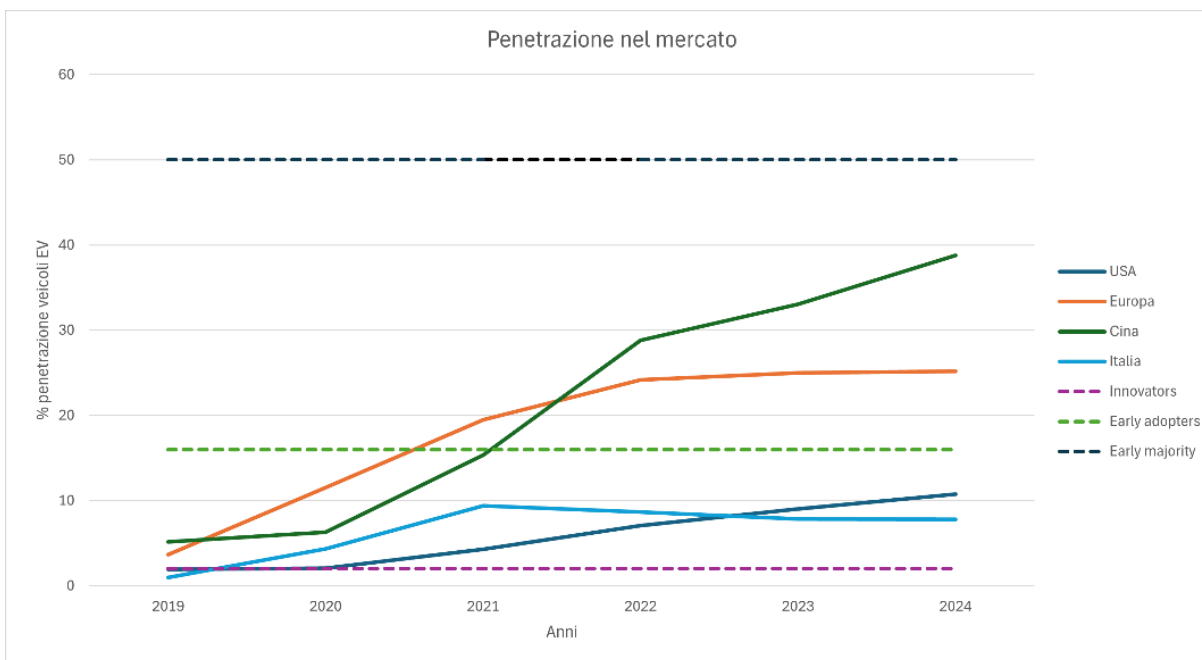


Figura 28 fonte (Jaan Juurikas, 2025; Statista)

Dal grafico di figura 28 possiamo notare come la Cina sia quella che ha avuto la crescita più ripida con una maggiore accelerazione dal 2020 in poi, che la curva di adozione dell'Europa, dopo la prima fase di ripidità, in cui l'EV stava venendo adottato velocemente, ha subito un drastico appiattimento. Ciò è dovuto probabilmente alla saturazione della categoria degli early adopters in 16 su 31 degli stati presi in considerazione nel report preso in esame sulle vendite degli EV in Europa (Jaan Juurikas, 2025) e dalla riduzione nel 2022 degli incentivi all'acquisto negli stati chiave come Francia e Germania. Negli Stati Uniti l'adozione avanza a fatica ma in maniera costante, in questo caso possiamo notare come sia quasi raddoppiato il numero di auto vendute tra il 2022 ed il 2025 (Justin Fischer, 2025), probabilmente ciò è dovuto al fatto che la gamma di veicoli si è ampliata decisamente rispetto alle sole Tesla. Di fatto dal 2022 si sono affacciati sul mercato altri player che hanno eroso il monopolio dell'azienda del miliardario Elon Musk, in Tabella 6 vediamo dunque quanto il mercato stia diventando competitivo negli USA.

<b>Automaker</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Tesla	74,8%	62,4%	52,1%	41,0%
General Motors	0,3%	8,0%	6,0%	18,2%
Ford	4,4%	4,2%	7,5%	8,4%
Hyundai Motor Group	8,9%	5,6%	8,5%	13,3%
Honda Motor Co	n.d.	n.d.	0,8%	6,1%

*Tabella 6 market share EV in USA dei principali automaker fonte: (Justin Fischer, 2025)*

In Italia invece notiamo come il mercato dell'elettrico abbia superato la soglia degli innovators solo dal 2020 e che nonostante la ampia gamma di veicoli elettrici forniti da Stellantis, principale player in Italia, le barriere all'adozione continuano ad essere troppo importanti per poterle superare. Infatti, le vendite EV della multinazionale in Italia dal 2020 ad oggi non sono mai decollate ed anzi, i veicoli elettrici faticano a trovare spazio con vendite nel 2024 impietose come si può notare dalla tabella 7.

Da tutta l'analisi che abbiamo effettuato qui sopra possiamo trarre delle conclusioni sulla gestione della segmentazione del mercato. Le politiche pubbliche devono supportare nei mercati in early majority l'adozione attraverso incentivi mirati ed investimenti infrastrutturali mentre con la competizione continua tra le varie case automobilistiche l'adozione può accelerare (come nel caso USA) anche nei mercati nell'early adopters perché favorisce la riduzione del prezzo ed il miglioramento tecnologico. La late majority si raggiungerà in Cina molto velocemente, mentre, in tutta Europa, ed in particolar modo in Italia, probabilmente post 2035 con l'entrata in vigore del "FIT for 55", negli USA al momento è difficile fare una previsione ma probabilmente succederà quando il prezzo degli EV risulterà inferiore a quello dei veicoli ICE senza necessità di sussidi.

Marca e modello	Auto vendute	Quota di mercato
<i>Jeep Avenger</i>	2.302	4,3%
<i>Fiat 500e</i>	1.957	3,7%
<i>Peugeot e-208</i>	1.443	1,8%
<i>Peugeot e-2008</i>	986	1,3%
<i>Fiat 600e</i>	784	1,5%
<i>Peugeot e-3008</i>	466	0,9%
<i>Opel Corsa-e</i>	442	0,8%
<i>Citroen e-C4</i>	410	0,8%
<i>Lancia Ypsilon-e</i>	285	0,5%
<i>Opel Mokka-e</i>	242	0,5%
<i>Alfa Romeo Junior</i>	179	0,3%
<i>Abarth 500e</i>	119	0,2%
<i>Leapmotor T03</i>	91	0,2%
<i>Leapmotor C10</i>	55	0,1%
<i>Maserati Grecale</i>	33	0,1%
<i>Peugeot e-3008</i>	32	0,1%
<i>Citroen e-Berlingo</i>	26	0,0%
<i>Opel Astra-e</i>	19	0,0%
<i>Maserati GranTurismo</i>	14	0,0%
<i>Opel Combo-e</i>	13	0,0%
<i>Abarth 600</i>	10	0,0%

Tabella 7 Vendite EV Italia 2024 Stellantis per macchina con relativa quota di mercato. Fonte: Quante Elettriche Vende Stellantis in Italia, 2024)

## Analisi Brevettuale

Per fare una corretta analisi dei brevetti dobbiamo osservare vari fattori, i più importanti sono sicuramente la distribuzione geografica, il numero di brevetti negli anni e quali aziende siano quelle che brevettano di più e quindi quelle che più innovano.

Sicuramente una delle prime cose che possiamo notare da Figura 29 è come esista una dominanza di Giappone Germania e Cina che insieme rappresentano più del 40% di tutti i brevetti globali. Difatti, come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, la Cina controlla buona parte della supply chain per le batterie di veicoli elettrici, che comporta ovviamente più brevetti in quell'ambito, mentre la Germania sfrutta l'integrazione del settore tradizionale con Bosch, ed il Giappone, forte della sua leadership di Sony e Panasonic e del suo primato nel brevetto delle batterie agli ioni di litio ha continuato a innovare e a creare nuovi brevetti. Questa concentrazione geografica per Abernathy-Utterback è tipica della fase specifica, dove le economie di scala e la vertical integration fanno da padrone del mercato.

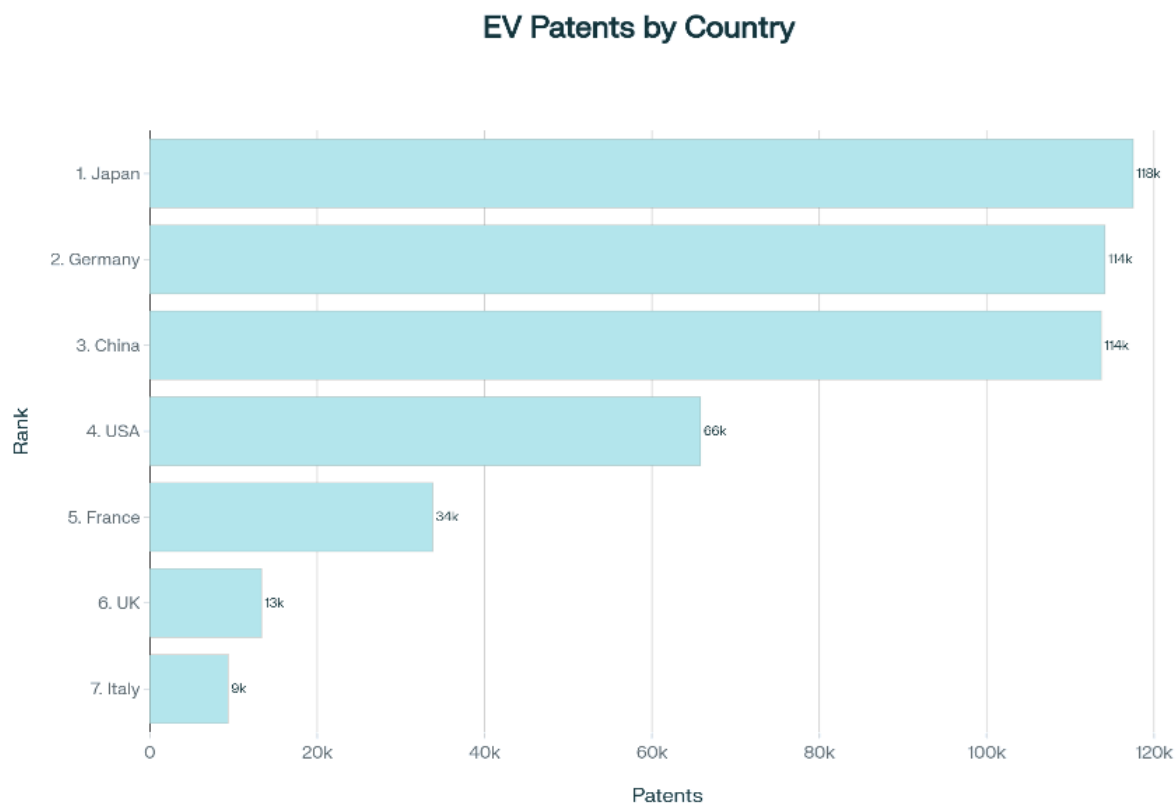


Figura 29 fonte: (Patent Inspiration, n.d.)

Per la nostra analisi sui brevetti da Figura 30 notiamo come ci siano una decina di aziende che detengono circa la metà dei brevetti EV globali. Questo è sempre ovviamente frutto della fase specifica nella quale si trova il mercato, difatti, le aziende in questo momento hanno dei Sunk-cost in impianti produttivi (es. gigafactory di Tesla), ci sono barriere all'ingresso dovute alle economie di scala e un lock-in dei fornitori che riforniscono ormai solo i grandi player. I nuovi entranti come BYD senza i sussidi statali non sarebbero riusciti ad affacciarsi sul mercato; infatti, possiamo notare l'assenza totale di startup.

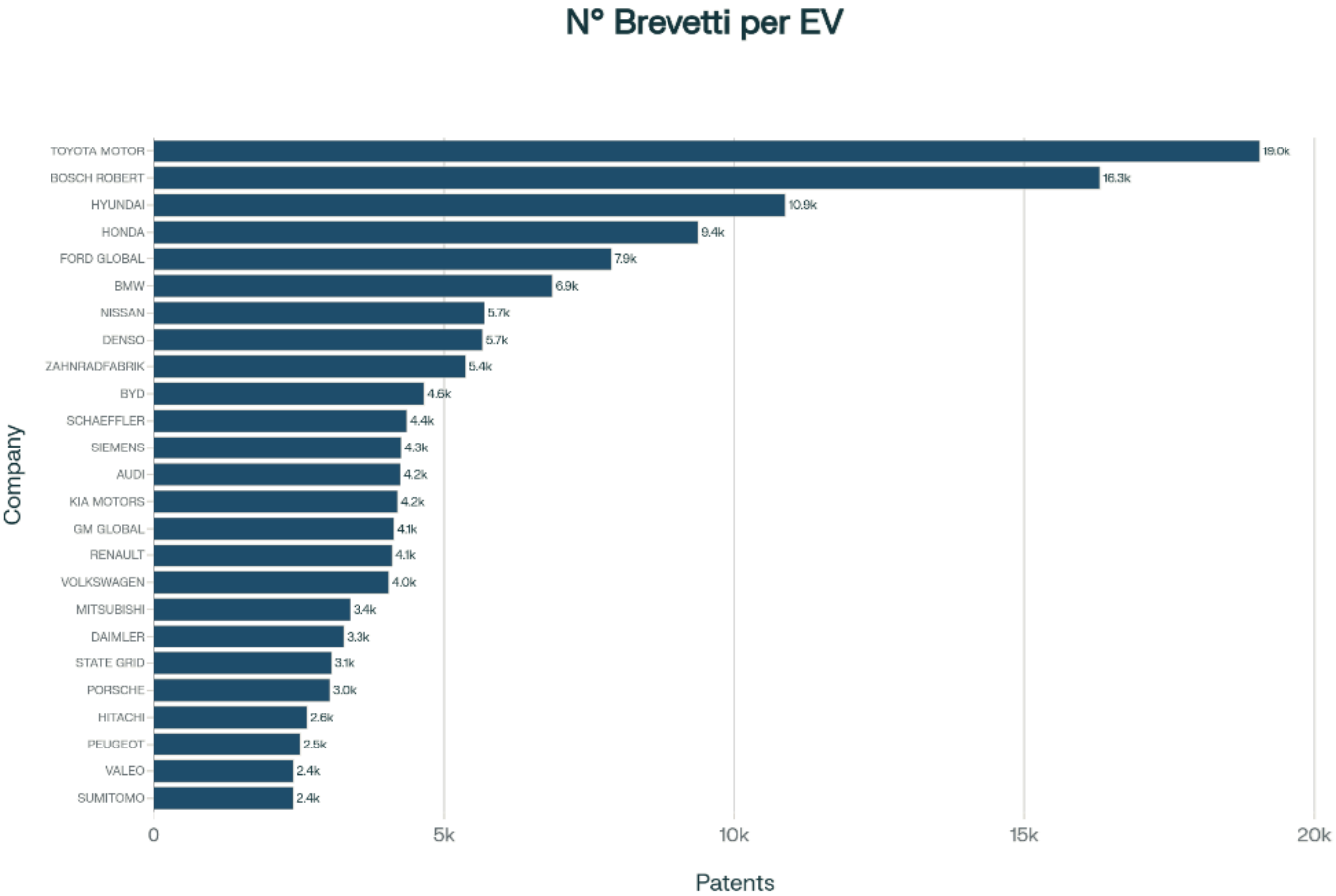


Figura 30 fonte: (Patent Inspiration, n.d.)

## Brevetti settore EV

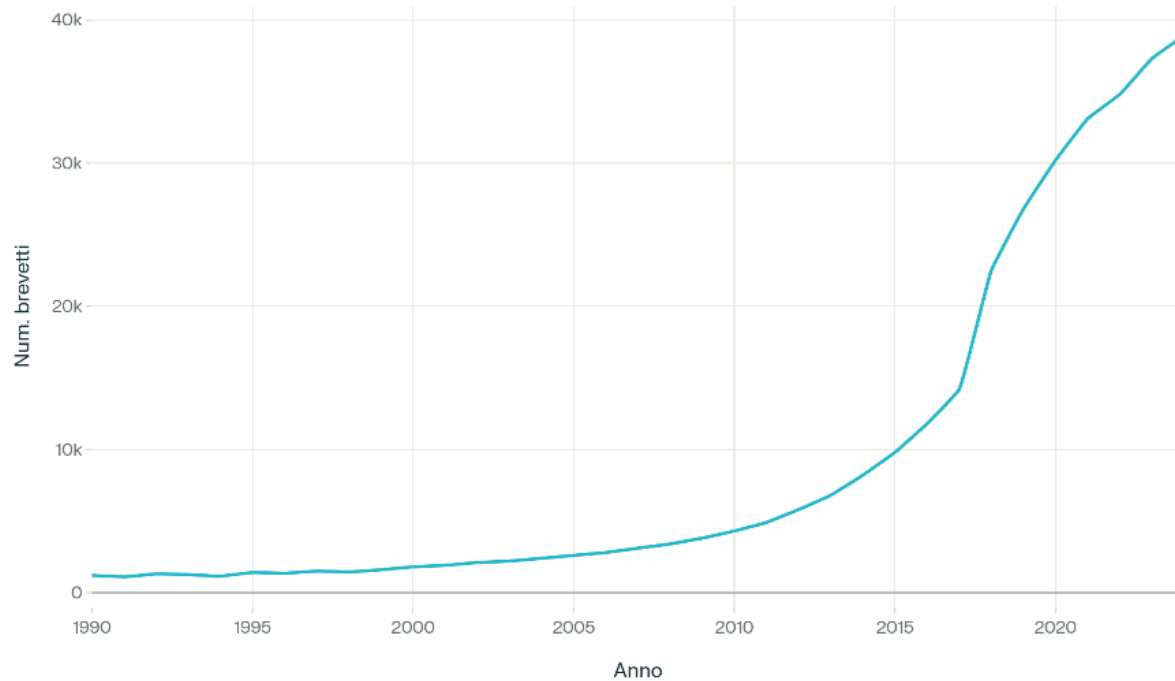


Figura 31 fonte: (Patent Inspiration, n.d.)

Arrivati a questo punto la nostra analisi procede con l'andamento del numero di brevetti per anno. Qui possiamo osservare come il trend notato durante l'analisi sul settore industriale, effettuata in un paragrafo precedente, venga confermato anche qui: nel 2018, quindi dopo l'uscita di Tesla Model 3, c'è stato un aumento drastico nel numero dei brevetti che viene dunque confermato come turning point del mercato EV.

## **Dominant Design e Modello Abernathy-Utterback**

Prima di entrare nella trattazione del modello è bene prima introdurre la definizione di dominant design che serve a comprendere meglio l'analisi successiva. Il dominant design è ciò che emerge durante la fase detta di transizione del prodotto, è definito da un'architettura riconosciuta tramite una particolare combinazione di soluzioni tecniche, componenti e caratteristiche che il mercato accetta come normalità (Cantamessa & Montagna, 2015). L'emersione del dominant design è generalmente seguita da un effetto valanga con le performance che decollano, le vendite che salgono ed il numero delle imprese che cala, crea inoltre un effetto lock-in, perché una volta consolidato rimane stabile fino all'emergere di un'innovazione disruptive.

L'architettura del dominant design degli EV si fonda su due pilastri tecnologici ormai universalmente riconosciuti: la batteria agli ioni di litio e il sistema standardizzato di ricarica CCS (Combined Charging System). La batteria agli ioni di litio e lo standard CCS sono stati i padroni della tecnologia EV negli ultimi venti anni. La prima, con la sua elevata densità di energia, lunga durata e affidabilità, è riuscita a mettere definitivamente alle spalle tutte le altre chimiche e a rendere possibile quell'autonomia che ha reso l'EV un veicolo di utilizzo quotidiano e di produzione di massa. Il secondo ha assicurato le caratteristiche di interoperabilità e di connettività dei veicoli con le infrastrutture di ricarica, consentendo che gli EV potessero diffondersi a livello globale.

Questa architettura si sviluppa intorno ad una piattaforma modulare: il pacco batteria agli ioni di litio – generalmente inserito nel pianale del veicolo, così da abbassare il centro di gravità e migliorare la sicurezza e la guidabilità. Il motore elettrico sincrono a magneti permanenti (o asincrono, a seconda del costruttore) è accoppiato con l'elettronica di potenza e il sistema di gestione della batteria che ne ottimizza le prestazioni, la sicurezza e la durata. La presa di ricarica CCS permette sia la ricarica in corrente alternata (AC) sia in corrente continua (DC), supportando la ricarica rapida e potendo interfacciarsi con le principali reti pubbliche e private. Il successo di questa architettura ha indotto una sorta di convergenza industriale: quasi tutti i produttori, che avevano scelto soluzioni alternative, hanno virato i loro investimenti sull'ottimizzazione di questa piattaforma. C'è meno varietà progettuale, più economie di scala e la rapida espansione delle prestazioni e dell'affidabilità, come racconta il modello di Abernathy-Utterback. Solo l'avvento di una nuova tecnologia disruption potrà sfidare questo dominant design, che oggi è lo standard di riferimento per l'industria EV.

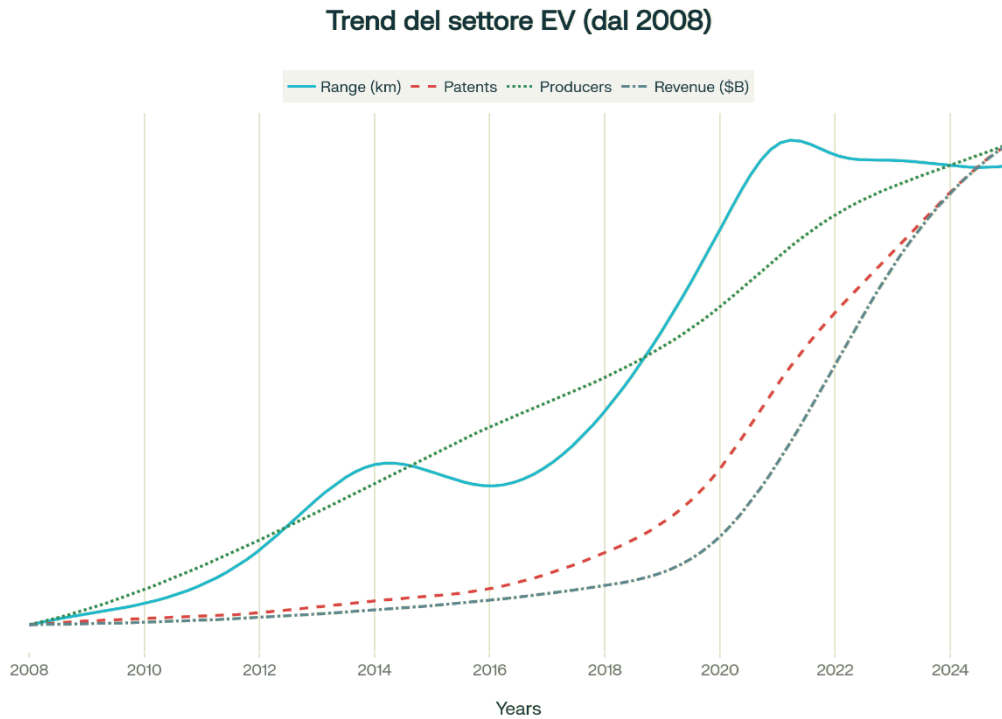


Figura 32

Possiamo dunque fare l'analisi con il modello di Abernathy-Utterback sulla diffusione dei veicoli elettrici nei vari periodi. Prima del 2008 possiamo individuare una fase prefluida dove tutti i tentativi di creare e vendere macchine elettriche furono fatti con batterie chimiche che non hanno mai portato ad una vera commercializzazione di successo.

Nel 2008 viene lanciata Tesla Roadster che fa da apripista, e si entra così nella fase fluida, notiamo dunque brevetti sporadici, pochi player, prestazioni basse e introiti esigui. Nel 2016 poi osserviamo come il miglioramento drastico dell'autonomia abbia messo le basi per il lancio della Tesla Model 3. In seguito nel 2017 si entra nella fase di transizione dove emerge il dominant design, composto dalla batteria agli ioni di litio e dal CCS, si crea così l'effetto valanga: accelerazione esponenziale dei player che entrano nel mercato dell'elettrico, sia nei brevetti che nel numero di aziende produttrici, si nota sempre che anche i fatturati globali cominciano a crescere. Nel 2020-2022 si entra in fase specifica, quando il numero di brevetti, il range ed i producer raggiungono valori elevati ma la curva non cresce più in maniera esponenziale, questo perché ormai l'architettura è fissa ed i vari producer entranti, la cui curva si è appiattita più velocemente delle altre, competono solo sull'ottimizzazione dei processi manifatturieri e sull'abbattimento dei costi di produzione della batteria.

## Capitolo 3

### Un’Innovazione Disruptive: Il Battery Swap

#### Definizione dell’Obbiettivo del Capitolo

In questo capitolo si vuole analizzare il battery swap come possibile innovazione disruptive nel mondo dell’automotive. Per fare ciò useremo i framework teorici accompagnati da studi approfonditi pubblicati su paper scientifici

#### Il Paradigma Dominante

Verso la fine del Capitolo 2 abbiamo definito il dominant design, consolidato nel 2018, dell’industria degli EV come l’unione di batterie agli ioni di litio (Li-ion) e standard di ricarica rapida CCS, sarebbe opportuno aggiungere per la trattazione di questo capitolo che un altro fattore fondamentale, e che diamo per scontato al momento, è la proprietà della batteria di chi possiede il veicolo. Nelle pagine successive vedremo come nel caso del battery swap il TCO passerebbe nelle mani delle aziende produttrici di batterie e/o veicoli.

#### Effetti Lock-in nel paradigma EV attuale

Secondo il lavoro di Teece (Teece, 1986) sull’appropriability e sugli asset complementari possiamo individuare svariati effetti lock-in creati dal paradigma dominante attuale.

##### ***Lock-In Tecnologico***

Ci sono tre principali elementi che rendono il lock-in tecnologico uno dei più problematici:

1. Sunk Cost per le stazioni di ricarica già costruite
2. Competenze specifiche di gestione per la ricarica rapida (es. il controllo del calore per non far surriscaldare la batterie)
3. Il know how ed i brevetti per la ricarica rapida che sono in mano agli incumbent (es. Tesla, BYD)

##### ***Lock-In Infrastrutturale***

Al momento la distribuzione delle stazioni di ricarica ha una path-dependency dovuta alla concentrazione geografica solo nelle autostrade e nei centri urbani densamente abitati il che porta ad una trappola lock-in di investimenti in queste zone a discapito di zone rurali. Altri effetti lock-in significativi sono sicuramente dati dalla ormai forte integrazione con le reti di distribuzione di energia e

dal fatto che verranno effettuati a breve nuovi investimenti perché secondo L'IEA (Global EV Outlook, 2025) la capacità di ricarica tramite le colonnine pubbliche, per i soli veicoli leggeri, dovrebbe aumentare di circa il 900% per far fronte alle vendite degli EV previste dalle politiche europee dal 2030.

### ***Lock-in Comportamentale***

Altro effetto lock-in non trascurabile sicuramente è quello dovuto alle abitudini di consumo dei possessori degli EV. Difatti, ormai i clienti usano le piattaforme di pagamento integrato come Inonity o Tesla Supercharger e sono abituati a pianificare i tragitti prenotando le stazioni di servizio, mentre quelli delle flotte ormai hanno familiarità di routine, sunk skills, software e hanno spesso contratti di partnership vincolanti con operatori del settore (es Inonity).

### ***Lock-in di integrazione verticale***

L'integrazione verticale è considerata una strategia consolidata che garantisce profitti sia dall'industria dell'automobile che da quella dell'energia. Infatti, Tesla ha integrato verticalmente con il Tesla Supercharger e le compagnie energetiche hanno sempre più spesso servizi di EV charging nel loro portfolio.

## **Battery Swap – Innovazione radicale e Competence-Destroying**

Il battery swap è una tecnologia che permette, nei veicoli elettrici, la sostituzione della propria batteria scarica con una equivalente e carica. I vantaggi come vedremo sono molteplici, il più intuibile però è sicuramente quello di non dover aspettare il tempo di ricarica, divenendo quindi comparabile nei tempi al rifornimento di carburante per le auto ICE.

### **Panoramica attuale degli attori coinvolti**

Secondo il Global EV Outlook del 2025 (IEA, 2025) il mercato globale del battery swap al momento è in crescita specialmente in Asia. Per le auto i player che al momento hanno aperto la strada sono NIO, che ha costruito oltre 3000 stazioni di battery swap in Cina, raddoppiate in appena 2 anni, e circa 50 in Europa; e CATL che con l'introduzione di EVOGO nel 2022 ha annunciato l'apertura entro il 2027 di 3000 stazioni e nel 2024 ha lanciato un ecosistema per il battery swap volto alla standardizzazione con circa 100 partner. Per il mercato dei motocicli a due o tre ruote abbiamo Gogoro con 13mila stazioni in tutto il mondo ma anche realtà più piccole come Battery Smart e Sun Mobility in India, rispettivamente 1000 e 630 stazioni, e SWAP Energi in Indonesia con circa 1500 stazioni. Si nota anche un interesse nel mercato per i mezzi pesanti con circa 400 BSS per camion in Cina ed uno nel car-sharing con la

partnership di Ample e Stellantis che hanno lanciato un progetto pilota con Free2Move a Madrid con le 500e avvalendosi anche di una stazione Repsol come appoggio infrastrutturale.

Possiamo dunque affermare che la categoria dei nuovi entranti sarà composta da NIO, CATL, Gogoro, Sun Mobility, Battery Smart e SWAP Energi mentre l'unico incumbent che prova ad allargare il mercato è Stellantis, si segnala inoltre che Tesla ha provato a sondare il mercato ma ha poi abbandonato il progetto del battery swap per concentrarsi sulla ricarica rapida.

### **Classificazione tramite Henderson e Clark**

Secondo il paper di Henderson e Clark (Henderson & Clark, 1990) l'innovazione si presenta o sotto forma incrementale o radicale, la prima consente alle aziende di utilizzare la propria conoscenza precedente e fare dei miglioramenti continuativi, la seconda invece non lo consente e l'azienda deve mettere da parte ciò che conosce e acquisire le nuove competenze che spesso non sono correlate alle precedenti. Nel caso del battery swap possiamo notare come la tecnologia sottostante cambia e passa dalla batteria come prodotto integrato nel veicolo al battery as a service (BaaS), anche l'architettura del prodotto cambia, si passa da una configurazione con motore davanti e batteria dietro ad una sempre con motore davanti ma con uno slot meccanico standardizzato modulare. L'innovazione sarà dunque radicale per via del cambio sia di tecnologia sottostante che di architettura, e ciò implica che le competenze degli incumbent diventeranno obsolete, anche se in maniera parziale, che le relazioni che esistono tra i vari componenti devono essere trasformate e che la progettazione, la costruzione e il supporto post-vendita devono essere completamente ripensati in quest'ottica.

### **Classificazione tramite Anderson e Tushman**

Possiamo affermare che nella classificazione di Anderson e Tushman il battery swap è un'innovazione competence-destroying per quanto riguarda gli incumbent del settore dell'automotive per tre motivi principali. Il primo è senza dubbio il fatto che si crea una disruption nel design dei veicoli; infatti, sia nella batteria che nel veicolo devono esserci delle modifiche di progettazione sostanziale. La batteria richiederà modularità e la stessa standardizzazione tra tutti i player mentre il veicolo deve prevedere nuovi slot specifici per la batteria, dei sistemi che permettano una disconnessione sicura e veloce della stessa in fase di swap e dei nuovi sistemi di controllo per evitare possibili problematiche di sicurezza. Il secondo motivo è l'obsolescenza degli asset complementari delle case automobilistiche come i sistemi di gestione della temperatura e della batteria del fast charge che perdono parzialmente di utilità per via

della minore frequenza di utilizzo. Il terzo ed ultimo è il cambiamento critico della Value Chain, infatti, al momento la batteria è integrata nell'auto e quindi i player hanno molti vantaggi, le case automobilistiche in particolare:

- Decidono i cicli di ricarica, la gestione del calore e quando smaltire la batteria;
- Sono proprietari del software integrato;
- Hanno margini sulla vendita di essa e quindi ne catturano una parte del valore;
- Creano un lock-in sul cliente che può cambiarla/aggiustarla solo da loro;

Col battery swap invece i produttori perdono la proprietà della batteria perdendo così i vantaggi descritti sopra mentre i gestori del servizio a questo punto sarebbero quelli che otterrebbero grandi vantaggi:

- Decidono i prezzi, la gestione della degradazione e l'utilizzo postumo al battery swap;
- Ottimizzano l'algoritmo per i cicli di carica e anche l'integrazione con la rete elettrica, potendo fare le ricariche veloci o lente a seconda dell'esigenza;
- Fanno margini sulla ricarica e a fine vita per il battery swap recuperano valore vendendola per un nuovo utilizzo;

In pratica la value chain passa da essere una pura integrazione verticale dei player automobilistici ad un modello più disaggregato dove le aziende storiche vendono le auto e i gestori di servizio di battery swap controllano il mercato della batteria. Ciò non toglie che comunque gli incumbent potrebbero decidere di realizzare delle partnership e/o di entrare a loro volta anche in questo mercato.

## **Applicazione del modello di Christensen**

Secondo il modello (Christensen, 2016) se l'innovazione è disruptive all'inizio presenta due caratteristiche principali, che vedremo essere proprie anche del battery swap:

1. Performance inferiori secondo i criteri tradizionali nel mercato principale
2. Performance superiori secondo criteri diversi in mercati emergenti, che, magari, non cercano la superiorità in quanto tale nelle prestazioni ma semplicemente una soluzione diversa.

## **Criteri Tradizionali e Performance**

Secondo i criteri tradizionali, infatti, il battery swap risulta inferiore per alcune caratteristiche: il range massimo con una singola batteria è inferiore perché, essendo modulare, deve essere più piccola nello stesso spazio e rende quindi l'autonomia inferiore; richiede ancora uno standard e ciò al momento

implica poca compatibilità generale; il non possedere fisicamente la batteria può creare problemi nella rivendita della macchina e/o paure sulla mancanza di controllo della stessa.

### ***Performance Superiori nei mercati emergenti***

Ci sono dei mercati emergenti che beneficerebbero molto del battery swap, uno fra tutti è quello delle flotte commerciali come quelle di taxi o di consegne/corrieri, infatti secondo un paper (Ahmad et al., 2020) i vantaggi per questa categoria è notevole per tre principali motivi:

1. Value Proposition: il battery swap per i veicoli commerciali riduce drasticamente i tempi di inattività; infatti, il tempo di swap sarebbe inferiore al minuto eliminando dunque sia i problemi di attesa di liberamento di uno slot nelle colonnine, sia quelli effettivi di ricarica.
2. TCO: Inferiore rispetto alla controparte con batteria integrata data l'assenza del CAPEX batteria; presenza, dunque, di solo costi di abbonamento ma nessun costo di gestione per il degrado della batteria dovuta anche alla ricarica veloce
3. Mercato ancora poco penetrato da incumbent: al momento il mercato delle flotte non è penetrato in maniera significativa e/o aggressiva dagli incumbent, l'unico riscontro al momento che si nota è la startup MAXI che dovrebbe collaborare con BYD per fornire flotte di taxi su Milano e Roma (Redazione Vaielettrico, 2024).

Un altro mercato emergente che verrebbe colpito in maniera disruptive sembra essere quello della mobilità nelle aree densamente popolate, anche se con modalità leggermente diverse: i motocicli.

Per spiegare questo mercato che al momento è sottostimato dagli incumbent si prende l'esempio dell'Asia che secondo report dell'industria ha più di 450 milioni di motoveicoli di cui solo un 9% al momento elettrico (IEA, 2025). La value proposition in questo caso sarebbe uno swap time inferiore ai 5 minuti al contrario dei più di 20 della ricarica standard. Si riporta che al momento questo mercato è servito solo da Gogoro, un'azienda taiwanese specializzata nel battery swap di motocicli, che possiede circa 13 mila stazioni di swapping principalmente in Asia (IEA, 2025).

### ***Performance Superiori con criteri diversi***

Un value criteria non tradizionale che favorirebbe il battery swap arriva dall'Asia con uno studio (Setiawan et al., 2023) che ha provato a valutare l'efficacia di quattro diversi incentivi per l'adozione del battery swap, e vedremo che, al contrario dei veicoli degli incumbent, l'incentivo sul prezzo di acquisto non è il più rilevante.

Incentivo	Effetto su n. Motocicli Swap (2030)	Ranking Efficacia
Sussidio Stazioni Battery Swap	+145%	1. ELEVATO
Standardizzazione Batteria	+132%	2. ELEVATO
Sussidio Elettricità	+18%	3. BASSO
Incentivi prezzo Veicolo	+22%	4. BASSO

Tabella 8

Da tabella 9 infatti notiamo come gli incentivi tradizionali non reggono il passo con quelli per costruire stazioni di battery swap e quindi accelerare l'effetto network e con quello della standardizzazione della batteria che riduce la friction di adozione.

#### Limitazioni e Critica a Setiawan

Le limitazioni principali a questo paper sono di varia natura, la prima è che è di difficile trasferibilità all'Europa o ad un mercato con penetrazione EV abbastanza alta perché lo studio è basato solo sul mercato indonesiano dove la penetrazione degli EV è estremamente bassa, circa l'1,5% (Sasongko et al., 2024), e quindi ogni singolo sussidio genera un effetto enorme. Ciò secondo lo scrittore non toglie che il ranking fatto da Setiawan sia comunque valido per delle linee guida generali per chi in Europa vuole fare degli incentivi per favorire la mobilità elettrica col battery swap, sia sul mercato delle automobili che dei motocicli.

#### ***Incumbent Blindness***

L'incapacità degli incumbent di aderire al nuovo paradigma è data da due componenti:

- 1) **Cognitive Inertia:** gli incumbent al momento sono rimasti focalizzati sulle misure di performance tradizionali che sono:
  - a. Autonomia massima: Km per singola carica
  - b. Velocità del tempo di ricarica: minuti per ricaricare la batteria dal 20% all'80%
  - c. Densità energetica della batteria: Wh per Kg

Vengono dunque trascurate le misure chiave di performance per i veicoli commerciali che sono l'uptime del veicolo e la disponibilità operativa. L'uptime possiamo descriverlo come il rapporto tra tempo operativo effettivo e la disponibilità operativa (tempo totale disponibile) moltiplicato per 100, per ottenere una percentuale. Questo è un dato chiave per una flotta di taxi o una di consegne; infatti, se ipotizziamo 16 ore al giorno di lavoro per un veicolo ad uso non personale, e supponendo tre ricariche da 40 minuti l'una per la ricarica rapida e tre swap da 5 minuti l'uno abbiamo due casi:

- Caso 1: Ricarica rapida → 2h/d per caricare → Uptime ~87,5%
- Caso 2: Battery Swap → 0,25h/d per cambiare batteria → Uptime ~ 98%

Questi numeri ovviamente sono facilmente tramutabili in maggiori corse effettuate per un tassista o maggiori consegne per dei corrieri che comporterebbero maggiori guadagni economici.

2) **Action Inertia e Sunk Cost:** gli incumbent hanno investito molto in questi anni e si ritrovano quindi in un percorso di path dependency. Gli investimenti che portano a ciò sono sicuramente quelli nelle infrastrutture di fast charge costruite fino ad oggi, queste stazioni, infatti, potranno ancora generare dei ricavi per altri 10 o 15 anni, inoltre costruirne nuove costerà meno che sviluppare le infrastrutture per il battery swap.

Ovviamente l'incumbent blindness è solo momentanea, infatti, già in alcuni casi alcuni incumbent (Tesla) hanno effettuato delle prove e hanno poi abbandonato il progetto ritenendolo non redditizio, in questo caso non si può parlare di blindness vera e propria ma di scelta volontaria.

## **Appropriability Regime e Complementary Assets secondo Teece**

Secondo Teece nel suo paper su come trarre profitto da un'innovazione tecnologica (Teece, 1986) la capacità disruptive dipende da quanto la tecnologia sia difficile da imitare (appropriability regime) e da quanto gli asset complementari riescano ad ostacolare gli entranti ed a creare lock-in.

Nel caso del battery swap l'appropriability regime è debole perché la tecnologia di swap si può facilmente replicare (Ample, NIO, Gogoro) ed il know how è standardizzabile ed è modulare e ciò non permette la creazione di barriere all'ingresso solide. Questo fa sì che il valore è completamente catturato da chi fornisce il servizio di battery swap non dall'innovatore tecnologico.

Gli asset complementari invece risultano specifici e co-specifici, rendendo le barriere significative.

<b>Tipo di Asset</b>	<b>Specificità</b>	<b>Operatore Ideale</b>	<b>Barriera</b>
Batterie standardizzate	Co-specific	Consorzio cross-player	MOLTO ALTA
Infrastruttura swap	Specifico	Operatore specializzato	MEDIA
Reti di distribuzione	Co-specific	Fornitori di energia	MEDIA
Integrazione con la rete	Co-specific	Gestore di rete e Produttori batterie	ALTA

Tabella 9

In Tabella 9 vediamo come una batteria standardizzata tra i player sia una barriera elevata all'ingresso perché nessuno vorrebbe cedere il proprio controllo su di essa e servirà quindi una negoziazione di svariati anni per trovare un compromesso tra le case specializzate come CATL, BYD per la creazione dello standard.

Per quanto riguarda l'infrastruttura per lo swap è un asset specifico che è costruito appositamente per quello, quindi, l'operatore ideale dovrebbe essere uno specializzato nel settore come NIO o Ample, la barriera si rivela media perché la tecnologia può essere copiata facilmente.

Le reti di distribuzione possono essere gestite solo da chi ha già molte cabine elettriche e quindi fornisce energia (es. Enel), la barriera è media perché non è di tipo monetario ma di tipo organizzativo, se una multinazionale volesse investire in maniera ingente in questo settore non avrebbe problemi ad entrare.

Infine, l'integrazione con la rete è una barriera alta perché richiede algoritmi sofisticati ed una coordinazione in tempo reale tra i due operatori ideali da cui è composta: un gestore di rete (es. Terna) che conosce i picchi di energia ed un produttore di batterie (es. CATL) per capire in quel momento quale batteria sia meglio ricaricare.

## Opportunità e Sfide per il Battery Swap

### Opportunità di Energy Storage

Una prospettiva molto allettante per il battery swap sembra essere quella di essere utilizzato come immagazzinatore di energia verde prodotta da rinnovabili che altrimenti verrebbe persa, il curtailment. Secondo un report (Vallera et al., 2021) che fa un'analisi comparativa tra quattro mezzi di trasporto non ICE (plug-in, battery swap, catenarie ed idrogeno) il battery swap è superiore agli altri paradigmi per mitigare uno sbilanciamento di produzione di energia. Nel modello portoghese sul 2050 preso in esame si stima un 93% di mix energetico da fonti rinnovabili con 44% solare, 39% eolico e 10% idroelettrico. Per poter parlare della tabella 10 che segue dobbiamo introdurre alcune grandezze:

- Pimp, 1%: Potenza elettrica importata per soddisfare la domanda nel 99% delle ore all'anno quando supera la produzione
- Pexp, 1%: Potenza elettrica esportata per smaltire il surplus di energia nel 99% delle ore di produttività maggiore (es. a mezzogiorno)
- Forced Trade: La percentuale di energia (sia import che export) che deve essere scambiata con l'estero per bilanciare il sistema energetico
- Extra Generation: Installazione extra di generatori di energia per compensare le inefficienze di conversione in energia accumulata per quel sistema (es. quanto turbine o pannelli solari in più)

Modello	Pimp,1%	Pexp,1%	Forced Trade %	Extra Generation %
Plug-in	3.8%	6.1%	8.2%	9.5%
Catenarie	3.5%	5.8%	7.9%	9.2%
Idrogeno	2.1%	4.3%	4.7%	13.95%
Battery Swap	~0%	~0%	~0%	9.2%

Tabella 10 fonte: (Vallera et al., 2021)

A questo punto osservando la Tabella 10 possiamo notare come il battery swap sia superiore a tutte le altre fonti di storing energetico e permetta in questo modello una riduzione drastica della necessità di

scambi forzati con l'estero di energia. Vallera inoltre continua sostenendo che il battery swap avrebbe anche degli altri vantaggi come (1) decoupling tra utilizzo e ricarica, difatti le batterie verrebbero caricate nei momenti migliori della giornata per il bilanciamento energetico della rete, (2) flessibilità massima per la domanda energetica per il trasporto (stimata da Vallera al 22% sul totale) e (3) possibilità all'occorrenza di reimmettere tramite V2G (Vehicle to Grid) l'energia in rete.

### ***Limitazioni e Critica a Vallera***

Questa analisi ha messo in luce un'eccezionale opportunità in più per il battery swap ma presenta alcune limitazioni che ridimensionano un po' l'applicazione, specialmente in Italia:

L'assunzione del mix energetico di 93% di rinnovabili è molto ottimistica e soprattutto vale solo per il Portogallo nel 2050, per l'Italia infatti le stime nello stesso anno danno un 80% di produzione di energia da rinnovabili (Terna, 2025), inoltre il Portogallo ha la possibilità di mettere molte pale eoliche off-shore nell'oceano, cosa non replicabile dalla maggior parte dei paesi europei. Un altro aspetto che lo scrittore ritiene fonte di critica è sicuramente la non presa in considerazione di uno scenario ibrido con l'idrogeno che renderebbe più realistica una vera possibilità di storing di energia prodotta in surplus per evitare il curtailment.

### **Sfide delle Stazioni di Battery Swap (BSS)**

Secondo una review sistematica (Ahmad et al., 2020) sulle BSS queste ultime richiedono componenti critici:

- Charging racks: sono batterie organizzate in varie rastrelliere (racks) con ricarica lenta che tendono a degradare meno la batteria rispetto ad una fast;
- Robot per lo swap: dei bracci robot devono essere autonomi nel cambiare la batteria in meno di 5 minuti;
- Battery Management System (BMS): un sistema che monitori in tempo reale tutti gli aspetti della batteria;
- Integrazione cloud e archivio dati: per poter servire le varie case automobilistiche in maniera interoperabile;
- Integrazione con la rete elettrica: per poter invertire il flusso di carica e poter scaricare le batterie.

Per poter gestire ed ottimizzare queste componenti il paper di Ahmad identifica varie sfide dall'impatto differente, ma, non trascurabile in nessuno dei casi.

Sfida	Descrizione	Impatto
<b>Interscambiabilità Batterie</b>	Standardizzazione tra i player delle batterie	Critico
<b>Scalabilità Infrastrutturale</b>	Capex 60% superiore rispetto a stazioni di ricarica rapida	Critico
<b>Degradazione della Batteria</b>	Cicli ripetuti di carica accelerano il degrado hardware	Medio
<b>Modello Batteria Proprietaria</b>	Richiede decisione di scelta tra BaaS e la proprietà	Critico
<b>Complessità Gestionale</b>	Gestione contemporanea delle batterie in diversi stati	Medio

Tabella 11

Per risolvere le sfide in Tabella 11 viene proposto un modello di ottimizzazione dei cicli di ricarica tramite un algoritmo. Questo algoritmo combina tre elementi insieme, un algoritmo generico (GA) una evoluzione differenziale (DE) e un ottimizzatore con sciame di particelle (PSO); l'algoritmo ha un tempo computazionale leggermente superiore al solo uso del PSO ma permette risultati migliori; riduce i costi operazionali per batteria del 15/20%. In particolare, agisce su tre costi principali:

1. Il CAPEX batterie: si riduce il numero necessario di batterie da avere a disposizione e la scalabilità infrastrutturale a sua volta si riduce passando da critica a media;
2. Degradazione delle batterie: si riduce quella da stress di ricarica;
3. Costo dell'elettricità: riuscirebbe a gestire meglio i periodi di picco/valle diminuendone i costi;

Questo modello implica che la complessità gestionale grazie a questo ed altri possibili algoritmi si riduce da Medio a gestibile.

## **Sfide sul ciclo di Vita delle batterie**

In uno studio (Chen et al., 2023) condotto sul life-cycle decision model delle batterie in uso nelle BSS si è notato che esiste un momento nel ciclo di vita della batteria dove non diventa più economicamente profittevole usarle nelle BSS.

Lo studio riporta che una batteria raggiunga il suo EOL (end of life) economico dopo sei anni mentre quello fisico dopo sette. La sfida per i fornitori di battery swap, quindi, riguarda il riuscire a dare un nuovo mercato alla batteria usata per estrarne tutto il valore. Chen consiglia dunque di reindirizzare quelle che hanno superato il sesto anno di vita ad un mercato di seconda mano dove le batterie possono essere comprate a prezzo inferiore per essere usate in contesti che richiedono cicli meno frequenti di carica e scarica, oppure di venderla ai servizi di rete di backup come riserve strategiche di energia che anch'essi richiedono cicli poco frequenti.

## **Barriere e Fattori Critici di Adozione**

### **Barriere alla disruption**

#### ***Barriera della standardizzazione***

Nessun player è in grado di sostenere da solo questa tecnologia, quindi, serve un accordo tra i vari attori coinvolti come già trattato nel paragrafo precedente. In passato abbiamo un precedente importante che tende a dimostrare questa tesi: il fallimento di Better Place.

Nel paper sul battery swap che prende in esame il sistema portoghese (Vallera et al., 2021) viene riportato il caso della Better Place, azienda nata nel 2006 e fallita nel 2013, che ha tentato di commercializzare su larga scala il battery swap. La compagnia riuscì a raccogliere 850 milioni di dollari, costruì 88 stazioni tra Israele e Danimarca in partnership con Renault e operò con circa 1400 unità, 1000 nel primo stato e 400 nel secondo. Vallera però riporta che nonostante i clienti avessero un'elevata soddisfazione l'azienda dovette dichiarare bancarotta nel 2013 a causa sia dell'elevato capitale richiesto per l'infrastruttura sia della bassa penetrazione del mercato. Anche Ahmad nel suo paper (Ahmad et al., 2020) riporta il caso di Better Place e conferma che le cause del fallimento sono imputabili principalmente a queste due cause.

#### ***Barriera dei Sunk Cost nel Fast Charge***

Come da trattazione nei paragrafi precedenti sul lock-in tecnologico i sunk cost della ricarica rapida sono destinati a diventare ancora più imponenti dato che si prevede che nel 2030 la capacità di ricarica

pubblica per i veicoli leggeri sarà di quasi 9 volte tanto (IEA, 2025). Sono dunque una barriera significativa alla disruption perché per via della path dependency si crea un'inerzia decisionale sia nel settore pubblico, per esempio i legislatori che decidono gli incentivi, sia in quello privato dove si fanno investimenti nel settore.

### ***Barriera dell'Evoluzione Tecnologica - Sailing Ship Effect***

Gli incumbent stanno attivamente cercando di migliorare la loro tecnologia sia sul fronte dei tempi della ricarica rapida sia su quello della durata della batteria e quindi dell'autonomia. In particolare, sono in corso di sviluppo modelli di ricarica con maggiori velocità (es. Chaoji), inoltre, le aziende stanno investendo molto nella creazione di batterie alternative a quelle agli ioni di litio come quelle allo stato solido che, a parità di kg, dovrebbero aumentare l'autonomia sensibilmente. Se il battery swap dovesse affacciarsi in maniera energica sul mercato non c'è dubbio che gli incumbent risponderebbero intensificando gli sforzi di sviluppo di queste due tecnologie, avendo dunque un sailing ship effect per evitare la disruption, visto che la value proposition del battery swap verrebbe ridimensionata.

### **Fattori Critici di Adozione**

Prima di introdurre un'analisi dei fattori critici all'adozione del battery swap con l'ausilio di un paper (Adu-Gyamfi et al., 2022) è bene introdurre alcune grandezze trattate nello studio:

- Rischio percepito: Rischio percepito dal cliente nell'adozione della tecnologia
- Norma soggettiva: Percezione di ciò che pensano gli altri di sé in caso di adozione
- Utilità percepita: Percezione di utilità nella propria vita del battery swap
- Atteggiamento: Percezione complessiva rispetto a questa tecnologia
- Conoscenza: Quanto si conosce del battery swap
- PBC (Perceived Behavioral Control): Percezione di capacità nell'utilizzare il battery swap
- Coefficiente  $\beta$ : "forza" dell'effetto, varia tra  $\pm 1$ , se superiore a 0 è un effetto positivo se inferiore è negativo
- P-value: variabile usata in statistica per determinare la rilevanza statistica dei dati:
  - $p < 0.001$  = Certo al 99.9%
  - $p < 0.01$  = Certo al 99%
  - $p < 0.05$  = Certo al 95% - Standard
  - $p > 0.05$  = Non Significativo

Con queste nozioni possiamo ora osservare la Tabella 12 che segue dove si indicano per tutte e sei i fattori il coefficiente di forza, la rilevanza statistica e l'interpretazione dello studio di Adu-Gyamfi.

<b>Fattore</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>p-value</b>	<b>Interpretazione</b>
<b>Rischio percepito</b> negativo)	$\beta = -0,26$	$p < 0,001$	Parametro peggiore (blocca adozione)
<b>Norma Soggettiva</b> (positivo)	$\beta = 0,28$	$p < 0,001$	Peer pressure molto efficace
<b>Utilità Percepita</b>	$\beta = 0,19$	$p < 0,001$	Percepito moderatamente utile
<b>Atteggiamento</b>	$\beta = 0,15$	$p = 0,006$	Effetto moderato
<b>Conoscenza</b>	$\beta = 0,11$	$p = 0,027$	Effetto moderato, migliora il PBC
<b>PBC</b> (non significativo)	$\beta = 0,08$	$p = 0,106$	Insignificante direttamente, significativo indirettamente attraverso la Conoscenza

**Tabella 12**

Come possiamo notare la voce più importante in negativo, e che quindi tende a bloccare l'adozione, è quella del rischio percepito, gli autori di questo studio lo suddividono in tre categorie:

- 1) **Rischi di Performance:** la preoccupazione maggiore è che la batteria abbia una difettosità che renda impossibile la prosecuzione di un viaggio o che la batteria venga inserita con una carica non completa e quindi duri di meno del previsto;
- 2) **Rischi Economici:** In questo caso la preoccupazione è il costo dell'abbonamento rispetto a quello di possedere la batteria che potrebbe rendere il battery swap svantaggioso rispetto alla ricarica rapida;
- 3) **Rischio Sociale:** Gli autori per questo rischio parlano di preoccupazione per un possibile stigma sociale per chi adotta questa tecnologia, traducibile come una paura del giudizio della società e della propria cerchia di amici e familiari verso sé stessi.

Un altro fattore importante che gli autori fanno notare è come, nonostante il PBC non abbia valore statistico significativo, abbia invece un effetto indiretto attraverso la Conoscenza, infatti, lo studio sostiene che Conoscenza → PBC ha  $\beta=0,41$  e  $p<0,001$ , Conoscenza → Intenzione di acquisto, come da Tabella 12, ha  $\beta=0,11$  e  $p<0,027$  e che quindi per l'effetto indiretto del PBC tramite la Conoscenza si ottiene  $\beta=0,12$  e  $p<0,001$ . Questo avrebbe come implicazione strategica che non è vero che il consumatore pensa che non sia capace ad usare il battery swap ma piuttosto che il consumatore non sappia come questo funzioni, quindi, bisognerebbe investire in tutorial e demo dimostrative sul come funziona la tecnologia del battery swap piuttosto che su dei discorsi e/o pubblicità incoraggianti e motivazionali.

Lo studio inoltre individua significative differenze tra varie categorie nelle intenzioni di adozione:

Segmento	Intenzione di Adozione	vs. Baseline	Key Drivers
<b>Femmine</b>	3,38/5	+18%	Evitare lo stress da range anxiety
<b>Maschi</b>	2,97/5	baseline	Non spiegato dallo studio
<b>Famiglie Piccole (1-2)</b>	4.51/5	+22%	Minori costi familiari
<b>Famiglie Grandi (4+)</b>	3.20/5	-15%	Maggiori costi familiari (bambini)
<b>Residenti Rurali</b>	3,43/5	+17%	Minori alternative di mobilità
<b>Residenti Urbani</b>	2,94/5	-7%	Maggior alternative di mobilità

Tabella 13

Dai dati rilevati sia in tabella 12 che in tabella 13 possiamo dedurre che ci sono tre implicazioni fondamentali dovute a questo studio. La prima sicuramente è che il fattore più bloccante all'adozione è il rischio percepito, ma ciò non dovrebbe essere il focus prioritario delle aziende in quanto la diffusione della conoscenza produrrebbe effetti diretti ed indiretti positivi come abbiamo riportato alcune righe sopra. La seconda implicazione è che essendo la norma soggettiva, il fattore più importante positivo, bisognerebbe puntare per la categoria degli early adopters ad una creazione di una community salda

che sponsorizzi il prodotto, piuttosto che utilizzare degli influencer che fanno pubblicità e/o discorsi motivazionali positivi sul prodotto. La terza ed ultima implicazione è che viene rilevato un profilo ideale da tabella 13 del consumatore: donna, guidatrice, facente parte di nucleo familiare di una o due persone e che vive in una zona rurale. Da queste implicazioni possiamo trarre la conclusione che i fattori critici all'adozione non sono il prezzo e gli incentivi ma l'ignoranza sulla tecnologia e l'ansia del cambio di paradigma, il modo per facilitare l'adozione, dunque, sarebbe quello di implementare politiche di educazione e costruire comunità forti che tramite la propria testimonianza consiglino la tecnologia.

## **Modello economico con strategie di prezzo**

Per valutare un modello economico viabile per il battery swap possiamo prendere ad esempio un paper (Liang & Zhang, 2018) che analizza un pricing dinamico per stazioni battery swap ad Haikou facendo un'analisi di trade off tra il sistema di fornitura energetica, le aziende di battery swap ed i tassisti.

Il modello proposto mostra come il costo del servizio influenzi contemporaneamente la stabilità della rete elettrica, il comportamento dei tassisti e degli operatori del settore tramite cinque moduli:

1. Power Grid Load Monitoring: Serve per tenere traccia del bilanciamento tra domanda ed offerta della rete elettrica, la disponibilità di energia rinnovabile ed i prezzi in tempo reale dell'energia;
2. Generator Set Dispatch: Valuta l'efficienza energetica, le performance economiche e le emissioni di CO<sub>2</sub>;
3. Battery Swapping station operation: Modulo che serve per gestire il magazzino batterie, la programmazione delle ricariche e valuta i costi operativi della stazione;
4. Electric taxi's driver response: Analizza le preferenze temporali e di prezzo dei tassisti;
5. Evaluation of all stakeholders' benefits: Calcola i benefici per i vari stakeholder

Gli autori dello studio trovano che la strategia ottimale per produrre i massimi benefici ai tre stakeholder sia quella identificata nel paper come C2S1 (Charging Strategy 2, Scenario 1) che elabora il prezzo in base alla combinazione del prezzo dell'energia prodotta in quel momento identificata come peak-valley TOU e un'allocazione della ricarica decentralizzata secondo la domanda effettiva di swap.

Liang e Zhang hanno quantificato che i benefici dovuti all'implementazione di questa strategia rispetto allo scenario baseline di riferimento (S0) per una stazione con 420 taxi ad Haikou corrispondono ad una

diminuzione della produzione di CO<sub>2</sub> di circa 45 tonnellate e di circa 48mila yuan al giorno (circa 6000€, annualizzati circa 2,2 M€). Mentre i benefici per gli stakeholder vengono riportati in tabella 14.

Stakeholder	Beneficio Giornaliero	Annualizzato	Descrizione fonti di guadagno
<b>Power System</b>	~28000 yuan	~10M yuan	Riduzione dei costi di generazione durante le ore di picco, curtailment delle rinnovabili evitato, utilizzo della capacità disponibile migliorato
<b>BS Operator</b>	~15000 yuan	~5,5M yuan	Margine operativo netto tra prezzo di vendita e costi operativi
<b>Taxi Drivers</b>	~30000 yuan	~11M yuan	Riduzione costi energetici sommato al ricavo mancato nel tempo di attesa e di coda della ricarica tradizionale
<b>Benefici Combinati</b>	~73000 yuan	~26,5M yuan	Guadagno economico dell'intero sistema

Tabella 14

Lo studio poi analizza la scalabilità di questo modello considerando due scenari in cui i taxi fossero 2,6 e 10,5 volte maggiori notando che nel primo di questi scenari i benefici sarebbero inferiori ed i margini ridotti mentre nel secondo la strategia C2S1 risulterebbe completamente inadeguata e i benefici scomparirebbero. Gli autori, quindi, concludono che nei casi in cui ci sia una flotta di taxi elettrici così elevata sarebbe meglio usare la strategia S3 che tramite l'introduzione di varie fasce di prezzo durante le ore di bassa produzione energetica permette una distribuzione migliore delle di richiesta di swap.

### Implicazioni per la disruption

Questo modello dimostra la viabilità economica del battery swap, in particolare per le flotte di taxi, ma mette in luce anche che quest'ultima è condizionata da tre fattori fondamentali. Il primo è senza dubbio l'obbligatorietà di avere un'integrazione con la rete di distribuzione dell'energia per poter creare un prezzo dinamico in base allo stato della produzione dell'energia in tempo reale. Il secondo è la necessità che i benefici siano distribuiti tra gli stakeholder per la cooperazione tra le parti che, se

venisse a mancare, porterebbe al fallimento della tecnologia in questo mercato. Il terzo indica che la scalabilità per le flotte è limitata senza uno sviluppo di strategie più complesse e il possesso di algoritmi con alta capacità di calcolo.

## **Condizioni necessarie per la disruption**

Dai modelli, le classificazioni e i paper analizzati possiamo dunque affermare che il battery swap può diventare un'innovazione disruptive se vengono rispettate alcune condizioni.

### **Condizione di standardizzazione cross-player**

Dovrebbe crearsi 2-3 standard modulari per venire incontro alle diverse classi di veicolo e bisognerebbe lasciare la leadership agli operatori ideali che al momento sembrano essere CATL e BYD per la batteria, Ample e NIO per il servizio di swap per le auto e Gogoro per quello dei motocicli. Il processo di standardizzazione, invece, dovrebbe essere mediato da enti di certificazione internazionali (es. ISO).

### **Condizione di creazione di norme ed incentivi mirati**

Abbiamo visto che secondo Setiawan (Setiawan et al., 2023), seppur con le sue limitazioni, i sussidi al battery swap devono essere mirati evitando quelli diretti all'elettricità perché come abbiamo visto anche nel paper sul pricing dinamico per le BSS (Liang & Zhang, 2018), riducono l'incentivo a ricaricare le batterie nelle ore in cui la rete è meno sovraccaricata minando quindi la stabilità della stessa, invece converrebbe dare incentivi diretti alle stazioni di battery swap e alla standardizzazione della batteria.

### **Condizione di coesistenza infrastrutturale**

Si è evinto che il luogo migliore al momento dove locare le stazioni di battery swap siano stazioni di servizio esistenti (sia ICE che EV) perché ciò ridurrebbe il CAPEX iniziale grazie alla condivisione con le altre tecnologie dei vari costi operativi e permetterebbe inoltre di far conoscere a più persone l'esistenza del battery swap. Al momento gli unici attori che stanno portando avanti questa strategia sono Stellantis in partner con Ample con l'esperimento pilota a Madrid di Free2Move in una stazione Repsol.

### **Condizione di integrazione con la rete elettrica e viabilità economica**

L'integrazione con la rete elettrica e la viabilità economica di questa tecnologia sono strettamente collegati, abbiamo visto infatti che sia nel caso portoghese (Vallera et al., 2021) che nel caso delle flotte di taxi (Liang & Zhang, 2018) l'integrazione con la rete è fondamentale per conoscere le ore di picco e di valle. Nel primo caso le ore di picco e di valle si riferiscono all'energia prodotta in più dalle rinnovabili e

quindi l'integrazione servirebbe per evitare il curtailment energetico che comporterebbe perdite economiche. Nel secondo caso invece si riferiscono al sovraccarico della rete elettrica dovuto al troppo consumo elettrico simultaneo e servirebbe ad incentivare i possessori di EV, grazie all'incentivo del minor prezzo rispetto alle ore di picco, a ricaricare i loro veicoli nelle ore di valle. Un altro aspetto di integrazione con l'infrastruttura di rete e la generazione di profitto è il "mercato dell'usato" delle batterie del paper di Chen (Chen et al., 2023) che permetterebbe, vendendo la batteria ancora funzionante ma non più profittevole nel mercato del battery swap, agli operatori del servizio di estrarre tutto il valore da essa ed ai fornitori di rete di beneficiare del prezzo inferiore della batteria per un utilizzo a cicli di carica e scarica inferiori (es. backup elettrico).

### **Condizione di diffusione della Conoscenza e di mitigazione del rischio percepito**

Abbiamo visto nel paragrafo nei fattori critici di adozione come sia importante investire sia sulla conoscenza della tecnologia per renderla più appetibile per il doppio effetto, diretto ed indiretto, che genera sull'intenzione di adozione, sia sulla mitigazione del rischio percepito dato che è il fattore che pone più freni all'adozione. Si è notato che il modo migliore per diffondere la conoscenza sembrerebbe la creazione di comunità molto forti che diffondano con il passaparola il funzionamento della tecnologia, mentre per la mitigazione del rischio si potrebbe pensare ad assicurazioni e garanzie che abbassino il livello di rischio percepito (es. carroattrezzi incluso fino alla prossima stazione di swap se dovesse finire la batteria nel mezzo del viaggio).

## Conclusioni

Il battery swap nel mercato delle auto elettriche si qualifica come innovazione disruptive soprattutto per flotte commerciali in contesti urbani con alta densità di popolazione e per il segmento specifico di donne con famiglie piccole in contesti rurali dove la presenza dei connettori di ricarica pubblica è bassa.

Criterio	Valutazione	Evidenze trovate nella trattazione
<b>Radicale</b>	✓ Sì	Modifica architettura prodotto e tecnologia sottostante
<b>Competence-Destroying</b>	✓ Sì	Rende obsolete competenze BMS, e di gestione del calore generato dalla ricarica rapida
<b>Mercati emergenti</b>	✓ Sì	Taxi, Corrieri, motocicli in Asia, Car-Sharing.
<b>Incumbent Blindness</b>	✓ Sì (temporanea)	Sunk costs ricarica rapida e cognitive inertia.
<b>Superiorità rispetto alla ricarica rapida</b>	✓ Sì (condizionato)	Vallera dimostra la superiorità del Battery Swap, ma è context-dependent perché legato al modello portoghese 2050.
<b>Sensibilità agli incentivi</b>	✓ Sì (condizionato)	Setiawan identifica i migliori settori da incentivare, anche se con criticità, ma soprattutto grazie anche a Liang si comprende che il settore da non incentivare è il costo dell'elettricità.
<b>Viabilità Economica</b>	✓ Sì (condizionato)	Liang dimostra, nel case scenario, la sostenibilità economica del Battery Swap, e per altre scenari indica che sia necessario l'adozione di strategie più complesse.
<b>Consumer Adoptability</b>	✓ Sì (segmentato)	Adu-Gyamfi identifica un segmento di early adopters e soprattutto la diffusione della conoscenza come mezzo di diffusione più importante.

Tabella 15

Possiamo identificare ora le implicazioni strategiche multilivello di questa tesi e dell'analisi tratta nella Tabella 15.

Quella per gli incumbent del mondo dell'automotive è che rischiano di adottare in maniera tardiva il battery swap perdendo dunque il first movement advantage, almeno in Europa dove il mercato è ancora quasi insondato.

L'implicazione per nuovi entranti come Ample, NIO e CATL è che devono cercare di raggiungere la massa critica prima di fallire e/o prima dell'avvento degli incumbent puntando su mercati poco esplorati come quello delle flotte in zone densamente popolate e quello delle zone rurali con pochi punti di ricarica. Inoltre, dovrebbero riuscire a trovare partnership sia con le compagnie che gestiscono la rete elettrica per poter trarre i benefici massimi con un prezzo dinamico sia con le compagnie di assicurazioni per poter mitigare il rischio percepito dai clienti.

Per i legislatori che decidono gli incentivi e le norme l'analisi indica svariati punti di interesse, il primo è che se dessero una spinta alla standardizzazione la disruption accelererebbe significativamente; un altro punto importante è una deincestivizzazione della ricarica durante le ore di picco della griglia elettrica per evitare sovraccosti e sovraccarichi della rete, ciò sarebbe possibile solo grazie ad un prezzo dinamico che non deve essere dunque soggetto a costrizioni legislative.

L'ultima implicazione è che la disruptiveness è context-specific e potenzialmente marginale a meno che non ci siano degli incentivi o dei cambi nella tecnologia che stravolgano il paradigma della batteria proprietaria. Al momento, dunque, se il battery swap riuscirà ad emergere con forza, si assisterà sicuramente ad una transizione durante la quale coesisteranno entrambi i paradigmi con differenziazione geografica, difatti il battery swap dominerà probabilmente l'Asia dove la coordinazione con la rete elettrica è già stata messa in pratica mentre la ricarica rapida rimarrà presente in Europa e America. Sia la segmentazione geografica che quella dei clienti diverranno i fattori cruciali sui quali si competerà sul medio termine. Assisteremo inoltre a strategie messe in atto dagli incumbent per ostacolare in ogni modo la disruption (es aumento dell'autonomia con sailing ship effect).

## Bibliografia:

ACEA. (2024). *Press release car registrations*.

Adu-Gyamfi, G., Song, H., Obuobi, B., Nketiah, E., Wang, H., & Cudjoe, D. (2022). Who will adopt? Investigating the adoption intention for battery swap technology for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111979>

Ahmad, F., Alam, M. S., Alsaidan, I. S., & Shariff, S. M. (2020). Battery swapping station for electric vehicles: Opportunities and challenges. In *IET Smart Grid* (Vol. 3, Issue 3, pp. 280–286). Institution of Engineering and Technology. <https://doi.org/10.1049/iet-stg.2019.0059>

Baldursson, F. M., Carlson, E. L., & Von Der Fehr, N.-H. (2019). *CERRE 2019 | Electric vehicles rollout in Europe: towards an improved regulatory regime*. [www.cerre.eu](http://www.cerre.eu)

BearingPoint. (2025). *E-Mobility Trend Barometer*.

Bernard, M. R., Dornoff, J., Tietge, U., Morrison, K., Negri, M., Bieker, G., Benoit, J., Díaz, S., Plummer, A., Wappelhorst, S., Mock, P., Stephan, M., Plötz From Fraunhofer-Isi, P., Lombardo, T., Petropoulos, A., Connelly, E., Sery, J., Huismans, M., & O’riordan, V. (2025). *REGION I EV Transition Check Measuring progress towards zero-emission for passenger cars in the European Union*. [www.theicct.org](http://www.theicct.org)

BloombergNEF. (2024). *Electric Vehicle Outlook 2024*.

Cantamessa, M., & Montagna, F. (2015). Management of innovation and product development: Integrating business and technological perspectives. In *Management of Innovation and Product Development: Integrating Business and Technological Perspectives*. Springer-Verlag London Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6723-5>

Chen, X., Yang, Y., Wang, J., Song, J., & He, G. (2023). *Battery Valuation and Management for Battery Swapping Station*.

Chris Harto, & Consumer Reports. (2023). *Can the Grid Handle EVs? Yes!* . <https://advocacy.consumerreports.org/research/blog-can-the-grid-handle-evs-yes/>

Christensen, C. M. . (2016). *The innovator’s dilemma : when new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business Review Press.

Commercial Lithium-Ion Battery Launch. (1991). *Atomfair*. <https://atomfair.com/battery-primer/article.php?id=G112-2058>

Commission Implementing Regulation (EU) 2024/2754 (2024).

CSIS. (2024a). *Friendshoring the Lithium-Ion Battery Supply Chain: Battery Cell Manufacturing*. <https://www.csis.org/analysis/friendshoring-lithium-ion-battery-supply-chain-battery-cell-manufacturing>

CSIS. (2024b). *Friendshoring the Lithium-Ion Battery Supply Chain: Final Assembly and End Uses*. <https://www.csis.org/analysis/friendshoring-lithium-ion-battery-supply-chain-final-assembly-and-end-uses>

*Dacia Spring*. (n.d.). Retrieved October 20, 2025, from <https://www.dacia.it/gamma-ibrida-ed-elettrica/spring-city-car.html>

- Debnath, R., Bardhan, R., Reiner, D. M., & Miller, J. R. (2021). Political, economic, social, technological, legal and environmental dimensions of electric vehicle adoption in the United States: A social-media interaction analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111707>
- Decreto Attuativo Pubblicato Nella Gazzetta Ufficiale n. 208 (2025).
- Dplay. (2025). Gli italiani e la crisi dell'industria automobilistica: un sondaggio di Ipsos e AgitaLab. *Qdpnews*. <https://www.qdpnews.it/comuni/conegliano/gli-italiani-e-la-crisi-dellindustria-automobilistica-un-sondaggio-di-ipsos-e-agitalab/>
- Dr. Andreas Nienhaus. (2025, July). *Why Electric Vehicles Are Here To Stay*. Oliver Wyman Forum. <https://www.oliverwymanforum.com/mobility/2025/july/why-electric-vehicles-are-here-to-stay.html>
- Electric Choice. (n.d.). *Electricity Rates*.
- Electric Vehicle Market Size, Share, Trends and Forecast by Component, Charging Type, Propulsion Type, Vehicle Type, and Region, 2025-2033*. (2024). <https://www.imarcgroup.com/electric-vehicles-market>
- Emanuela Fagioli. (2020, June 1). I 150 anni di storia dell'auto elettrica . *Haiki Cobat*. <https://www.cobat.it/comunicazione/rivista-ottantadue/articolo/i-150-anni-di-storia-dellauto-elettrica>
- European Alternative Fuels Observatory*. (2024). *EAFO 2023 Consumer Monitor - results reveal generally positive consumer attitudes toward electric cars*. *European Commission*. (n.d.). Retrieved October 8, 2025, from [https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/eafo-2023-consumer-monitor-results-reveal-generally-positive-consumer-attitudes-toward-electric-cars-2024-06-24\\_en](https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/eafo-2023-consumer-monitor-results-reveal-generally-positive-consumer-attitudes-toward-electric-cars-2024-06-24_en)
- European Alternative Fuels Observatory*. (2024). *Global EV Driver Survey: 92% of EV Drivers Say They'll Never Go Back*. (n.d.). Retrieved October 8, 2025, from <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/news/global-ev-driver-survey-92-ev-drivers-say-theyll-never-go-back>
- European Commision. (2016). *REPORT ON THE MEMBER STATES INVESTIGATION FOLLOWING THE EMISSION MANIPULATION CASE*. <https://www.epa.gov/enforcement/volkswagen-clean-air-act-partial-settlement>
- European Parliament. (2023). *Regulation (EU) 2023/2854 of the European Parliament and of the Council of 13 December 2023*.
- Eurostat. (n.d.). *Electricity Price Statistics - Statistics Explained*.
- Eva Fox. (2021, January 16). *Tesla Is Growing its BEV Market Share Annually, Like Clockwork*. *Tesmanian*. <https://www.tesmanian.com/blogs/tesmanian-blog/tesla-annually-increases-its-share-in-the-bev-market>
- EVBox. (2024). *The state of electric vehicles*.
- EV-Database. (n.d.). *Electric Car Range: All Models Compared*.
- Evoke. (n.d.). *Level 2 vs. DC Fast Charging: The Definitive 2025 Guide*. Retrieved October 25, 2025, from <https://evokesystems.com/blog/level-2-vs-dc-fast-charging-the-definitive-2025-guide/>
- EY. (2024). *EY Mobility Consumer Index 2024*. [https://www.ey.com/it\\_it/newsroom/2024/09/indice-ey-il-65-per-cento-degli-italiani-intende-acquistare-un-veicolo-elettrificato](https://www.ey.com/it_it/newsroom/2024/09/indice-ey-il-65-per-cento-degli-italiani-intende-acquistare-un-veicolo-elettrificato)
- FAME II. Retrieved October 24, 2025, from <https://e-amrit.niti.gov.in/electric-vehicle-incentives>

- Fedotov, P. (2022). Critical Analysis of the Electric Vehicle Industry. *Exchanges: The Interdisciplinary Research Journal*, 10(1), 43–56. <https://doi.org/10.31273/eirj.v10i1.362>
- Figenbaum, E., & Nordbakke, S. (n.d.). *Battery electric vehicle user experiences in Norway's maturing market*. Fit for 55 (2023).
- France halts subsidised EV lease programme after strong demand. (2024). *Reuters*. France halts subsidised EV lease programme after strong demand
- FRED - Federal Reserve Economic Data. (n.d.-a). *Average Price: Electricity per Kilowatt-Hour in U.S. City Average*.
- FRED - Federal Reserve Economic Data. (n.d.-b). *Electricity in U.S. City Average*.
- Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. In *Source: Administrative Science Quarterly* (Vol. 35, Issue 1).
- International Energy Agency (IEA). (2025). *Global EV Outlook*.
- Ivanova, G., & Moreira, A. C. (2023). Antecedents of Electric Vehicle Purchase Intention from the Consumer's Perspective: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 15(4), 2878. <https://doi.org/10.3390/su15042878>
- Jaan Juurikas. (2025). EV Sales in Europe Up in the First Half of 2025: Full Overview. *Eleport*. <https://eleport.com/ev-sales-in-europe-2025-the-first-half/>
- Josh Howarth. (2024, June 11). *50+ Amazing Electric Vehicle Stats (2024)*. Exploding Topics. <https://explodingtopics.com/blog/ev-stats#ev-market-stats>
- Justin Fischer. (2025). *Electric Vehicle Sales and Market Share (US – Q3 2025 Updates)*. <https://caredge.com/guides/electric-vehicle-market-share-and-sales>
- Lei Kang. (2025). *Global EV battery market share in 2024*. <https://cnevpost.com/2025/02/11/global-ev-battery-market-share-2024/>
- Liang, Y., & Zhang, X. (2018). Battery swap pricing and charging strategy for electric taxis in China. *Energy*, 147, 561–577. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.082>
- List of battery electric vehicles*. (n.d.). Wikipedia. Retrieved October 31, 2025, from [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_battery\\_electric\\_vehicles](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_battery_electric_vehicles)
- Liz Najman. (n.d.). EV range anxiety afflicts this group of people the most. *Recurrent*.
- Louis Boroditsky. (2024). Europe's EV adoption: some countries speed ahead, others stuck in the slow lane. *HERE360*. <https://www.here.com/learn/blog/ev-index-2024-sbd-automotive-europe>
- MARCO GIAN SOLDATI, ADRIANA MONTE, MARIANGELA SCORRANO, & ANDREA PARMA. (2020). *Indagine sulle barriere all'acquisto delle auto elettriche. Evidenze su un campione di rispondenti italiani*.
- MarketScreener. (n.d.). *Conto economico previsionale: NIO Inc*. Retrieved October 27, 2025, from <https://it.marketscreener.com/quotazioni/azione/NIO-INC-45899628/finanza/>

McKinsey & Company. (2024). *How European consumers perceive electric vehicles*. McKinsey Center for Future Mobility. (n.d.). Retrieved October 8, 2025, from <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-european-consumers-perceive-electric-vehicles#/>

Nordiskbil. (n.d.). *Average EV Range: Timeline and Future Trends*.

OC&C Strategy Consultants. (2024). *Cala l'interesse degli italiani per le auto elettriche: solo il 55% vorrebbe una*. Forbes Italia. (n.d.). Retrieved October 8, 2025, from <https://forbes.it/2024/11/27/cala-interesse-italiani-auto-elettriche-solo-55-vorrebbe-una>

Outlook, G. E. (2025). *Global EV Outlook 2025 Expanding sales in diverse markets*. [www.iea.org](http://www.iea.org)

Pamidimukkala, A., Kermanshachi, S., Rosenberger, J. M., & Hladik, G. (2024). Barriers and motivators to the adoption of electric vehicles: A global review. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 3(2), 100153. <https://doi.org/10.1016/j.geits.2024.100153>

Patent Inspiration. (n.d.).

Pulse Energy. (2024, May 21). *Understanding the Concept of Range Anxiety in Electric Vehicles*. <https://pulseenergy.io/blog/the-term-range-anxiety-is-primarily-used-in-reference-to>

Quante elettriche vende Stellantis in Italia. (2024, November 6). *Vaielettrico*. <https://www.vaielettrico.it/quante-elettriche-vende-stellantis-in-italia/>

Quattroruote. (2024). *Il sondaggio di 4R - Gli italiani odiano davvero le elettriche? Editoriale Domus*. (n.d.). Retrieved October 8, 2025, from [https://www.quattroruote.it/news/eventi/2024/10/28/quattroruote\\_sondaggio\\_auto\\_elettriche\\_risultati\\_.html](https://www.quattroruote.it/news/eventi/2024/10/28/quattroruote_sondaggio_auto_elettriche_risultati_.html)

Quintegia. (2022). *La parola ai consumatori: quanti sono pronti all'acquisto di un'auto elettrica?* <https://www.quintegia.it/la-parola-ai-consumatori-quanti-sono-pronti-allacquisto-di-unauto-elettrica/>

Raw Materials Information System. (n.d.). *Analysis of Supply Chain Challenges*. Retrieved October 24, 2025, from <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/analysis-of-supply-chain-challenges-49b749>

Real Driving Emissions (RDE) (2016).

Redazione Vaielettrico. (2024, November 13). *Rivoluzione MAXI, flotte di taxi elettrici "chiavi in mano."* *Vaielettrico*. <https://www.vaielettrico.it/rivoluzione-maxi-flotte-di-taxi-elettrici-chiavi-in-mano/>

Reginald Davey. (2025, March 10). *Challenges of Electric Vehicle Charging Stations*. *AZO Cleantech*.

Reid, C. (n.d.). *Low Temperature Life-Cycle Testing of a Lithium-Ion Battery for Low-Earth-Orbiting Spacecraft*.

Renault Group. (2025, September 26). *The circular economy of electric vehicle batteries*. <https://www.renaultgroup.com/en/magazine/sustainable-development/the-circular-economy-of-electric-vehicle-batteries/>

Reuters. (n.d.). *Germany to end e-vehicle subsidy programme*. Retrieved October 16, 2025, from <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/germany-end-e-vehicle-subsidy-programme-2023-12-16/>

Rogers. (1962). *Diffusion of Innovations*.

- Sasongko, T. W., Ciptomulyono, U., Wirjodirdjo, B., & Prastawa, A. (2024). Identification of electric vehicle adoption and production factors based on an ecosystem perspective in Indonesia. *Cogent Business and Management*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2332497>
- Setiawan, A. D., Zahari, T. N., Anderson, K., Moeis, A. O., & Hidayatno, A. (2023). Examining the effectiveness of policies for developing battery swapping service industry. *Energy Reports*, 9, 4682–4700. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.03.121>
- Shell Recharge Driver Survey: 2025 Disconnected: Differences in driver attitudes to EV adoption show it's too early to pull the plug on support. (n.d.). Retrieved October 8, 2025, from <https://www.shell.com/what-we-do/mobility/mobility-news/shell-recharge-driver-survey-2025.html>
- Sony. (n.d.). *Sony History - Recognized as an International Standard*. Retrieved October 23, 2025, from <https://www.sony.com/en/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-13.html>
- S&P global. (2025, October). *EV adoption rates: How the US and other markets compare*.
- Statista. (n.d.-a). *Electric Vehicles - Worldwide*. Retrieved October 31, 2025, from <https://www.statista.com/outlook/mmo/electric-vehicles/worldwide>
- Statista. (n.d.-b). *Electric vehicles worldwide*.
- Statista. (n.d.-c). Retrieved October 10, 2025, from [www.statista.com](https://www.statista.com)
- Statista. (2023a). *Electric vehicles worldwide*.
- Statista. (2023b). *eMobility: in-depth market analysis Market Insights report INDUSTRIES & MARKETS*.
- Teece, D. J. (1986). *Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy*.
- Terna. (2025). *Prospettive Sviluppo Sistema Energetico 2050 Copertura domanda elettrica*.
- Tesla Official Site. (n.d.). Retrieved October 26, 2025, from <https://www.tesla.com/>
- Trading Economics. (n.d.-a). *Brent Crude Oil - Price - Chart - Historical Data - News*.
- Trading Economics. (n.d.-b). *EU Natural Gas TTF - Price - Chart - Historical Data - News*.
- U.S. Department of Energy, A. F. D. C. (n.d.). *All-Electric Vehicles: Compare Side-by-Side*.
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (n.d.). *Spot Prices for Crude Oil and Petroleum Products*.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2021). *The 2021 EPA Automotive Trends Report*.
- Vallera, A. M., Nunes, P. M., & Brito, M. C. (2021). Why we need battery swapping technology. *Energy Policy*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112481>
- Vanhaverbeke, L., Verbist, D., & Barrera, G. (2024a). *Consumer Monitor 2023 EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY COUNTRY REPORT DENMARK*.
- Vanhaverbeke, L., Verbist, D., & Barrera, G. (2024b). *Consumer Monitor 2023 EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY COUNTRY REPORT FRANCE*.

- Vanhaverbeke, L., Verbist, D., & Barrera, G. (2024c). *Consumer Monitor 2023 EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY COUNTRY REPORT GERMANY*.
- Virta Global. (2025). *The Global Electric Vehicle Market in 2025*. (n.d.). Retrieved October 8, 2025, from <https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market>
- Westerhof, M., Reyes García, J. R., Haveman, S., & Bonnema, G. M. (2023). Transnational survey data on European consumers' attitude and perceived knowledge about electric vehicles. *Data in Brief*, 49, 109378. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109378>
- Wikipedia. (n.d.-a). *BMW i*. Retrieved October 23, 2025, from [https://en.wikipedia.org/wiki/BMW\\_i](https://en.wikipedia.org/wiki/BMW_i)
- Wikipedia. (n.d.-b). *Chevrolet Volt*. Retrieved October 23, 2025, from [https://it.wikipedia.org/wiki/Chevrolet\\_Volt](https://it.wikipedia.org/wiki/Chevrolet_Volt)
- Wikipedia. (n.d.-c). *Lithium-ion battery*. Retrieved October 21, 2025, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery)
- Wikipedia. (n.d.-d). *Nissan Leaf*. Retrieved October 23, 2025, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Nissan\\_Leaf](https://en.wikipedia.org/wiki/Nissan_Leaf)