

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea Magistrale

Analisi e prospettive di crescita del mercato delle batterie agli ioni di litio
nel settore dell'Automotive in Europa

Relatore:

Prof. Carlo Cambini

Candidato:

Giorgia Olivieri

Marzo 2019

Sommario

Abstract	iv
Indice delle Tabelle	vi
Indice delle Figure	vii
1 Le batterie agli ioni di litio	1
1.1 Tecnologie di accumulo dell'energia	2
1.1.1 Tecnologia Di Accumulo Meccanico	3
1.1.2 Tecnologia Di Accumulo Termica	4
1.1.3 Tecnologia Di Accumulo Elettrochimica	4
1.1.4 Applicazioni	5
1.1.5 Impatti ambientali delle diverse tecnologie di stoccaggio	6
1.2 Tecnologie di accumulo elettrochimico: Le batterie Li-ion	8
1.3 Stato dell'arte	10
1.4 Sviluppi Futuri	14
1.4.1 Le future batterie	14
1.4.2 Evoluzione Tecnologica	15
1.5 La Batteria Li-ion nel mercato Automotive	17
1.5.1 Value Chain	17
1.5.2 Supply Chain	18
2 Analisi della domanda di mercato	22
2.1 Il mercato attuale dei veicoli elettrici	24
2.1.1 La presenza a livello globale	26
2.1.2 La presenza europea	28
2.2 Elementi che influenzano la domanda di EVs	30
2.2.1 L'inquinamento	30
2.2.2 Le policy dei Governi	32
2.2.3 Il Total Cost of Ownership	36
2.2.4 Il comportamento del consumatore	41

2.3	Gli OEM e la loro strategia “elettrica”	43
2.3.1	Le barriere per gli OEM	43
2.3.2	La strategia passata e futura	44
2.4	L’evoluzione del mercato	48
2.4.1	Il futuro mercato globale	49
2.4.2	Il futuro mercato europeo	52
3	Analisi dell’offerta di mercato	53
3.1	Il mercato globale ed europeo	54
3.2	Le materie prime	55
3.3	Le celle	59
3.3.1	I produttori di celle	59
3.3.2	L’attuale capacità produttiva	60
3.3.3	I futuri investimenti	65
3.3.4	Il costo attuale e futuro	72
3.4	La Strategia degli OEM	78
3.4.1	Strategie a monte della value chain	78
3.4.2	Strategie a valle della value chain	80
4	I finanziamenti dell’Unione Europea	82
4.1	Il quadro strategico e normativo	82
4.2	Le manovre dell’UE sullo stoccaggio di energia	85
4.2.1	Ricerca & Innovazione	86
4.2.2	Gli strumenti finanziari	89
4.2.3	La rete europea delle batterie	94
4.3	La strategia europea	99
5	Conclusioni	109
6	Bibliografia	111

Abstract

Il presente lavoro di tesi ha lo scopo di analizzare il mercato di un particolare sistema di accumulo dell'energia: le batterie agli ioni di litio (Li-ion). Questo dispositivo elettrochimico riveste un ruolo strategico di elevata importanza a livello mondiale. È il principale elemento critico per lo sviluppo di due mercati, quello dei veicoli elettrici e dei sistemi di accumulo stazionario dell'elettricità.

In particolare, il mercato delle batterie li-ion risulta essere fortemente concentrato, con grandi potenze che operano in tre paesi asiatici, Cina, Corea e Giappone. Le maggiori potenze mondiali non hanno investito in passato in questo settore per via della capacità in eccesso collocata in Asia ed i bassi livelli di redditività che garantiva. Ad oggi, questo li ha resi completamente dipendenti dalla produzione asiatica che negli anni ha sviluppato forti economie di scala e di scopo, diventando un leader indiscusso nel settore.

L'Europa in questi anni ha dimostrato di voler investire ingenti capitali per lo sviluppo di forme di trasporto meno inquinanti e i principali governi hanno annunciato di voler raggiungere una completa elettrificazione delle flotte entro 20/25 anni. Affinché ciò avvenga senza una completa dipendenza dalle importazioni, l'Unione Europa sta creando una competitiva value chain interna delle batterie agli ioni di litio.

In futuro, uno sviluppo efficace non potrà avvenire senza un aiuto da parte dell'UE che in questi anni sta erogando elevati finanziamenti affinché i paesi europei, nonostante siano follower in questo mercato, sviluppino nuove tecnologie chimiche e di processo produttivo e creino così una stabile produzione interna.

L'elaborato pone rilevanza sul settore che ad oggi risulta domandare un maggior quantitativo di batterie, ossia quello dei veicoli elettrici. Viene dunque approfondito tale argomento attraverso uno studio della richiesta attuale e futura di EVs¹, dei diversi elementi che possono influenzare e modificare la domanda e della strategia intrapresa dai produttori automobilistici. Successivamente si esamina l'offerta di mercato, ponendo l'attenzione sul settore delle celle delle batterie li-ion, quale collo di bottiglia nel segmento a monte della

¹ In tutto il seguente elaborato verrà utilizzata l'abbreviazione EV/EVs per indicare il termine Veicolo/i Elettrico/i (Electric Vehicle/s).

value chain. Si è individuata la capacità produttiva attuale e futura installata a livello globale ed in particolare in Europa, evidenziando i tre stati europei che maggiormente attraggono investimenti. L'ultimo capitolo esamina nel dettaglio i finanziamenti passati e futuri stanziati dall'Unione Europea in un'ottica di lungo periodo.

In conclusione, il seguente lavoro ha l'obiettivo di confrontare il mercato delle batterie agli ioni di litio in un contesto globale ed europeo. Rileva le debolezze dell'Europa e si interroga se gli elevati sforzi in ricerca e sviluppo permetteranno al continente di basare la sua futura strategia sul vantaggio della prima mossa, derivante dall'introduzione di un'innovazione sul mercato. Se riuscirà ad appropriarsi del valore generato dall'innovazione potrà così essere competitivo nei confronti dei paesi asiatici, che fino ad oggi non avevano rivali.

Indice delle Tabelle

Tabella 1- Principali celle Li-ion presenti sul mercato e relative applicazioni	12
Tabella 2 - Principali caratteristiche di EV con sistema di propulsione a batteria parziale o totale	26
Tabella 3 - Incentivi europei diretti ed indiretti sugli acquisti di nuovi veicoli elettrici	34
Tabella 4- Relazione del TCO per Paese in base alla distanza percorsa e al costo carburante/elettricità. Fonte: (BCG).....	41
Tabella 5- Produzione e approvvigionamento delle principali materie prime per LIB nel mondo ed in Europa - (European Commission)	57
Tabella 6 - Elementi di forza o debolezza dei tre paesi europei.....	71

Indice delle Figure

Figura 1.1 - Tendenze e valori-obiettivo per le emissioni di gas ad effetto serra nell'UE. ...	2
Figura 1.2 - Schema riassuntivo delle tipologie di accumulo dell'energia	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.3 - Legame tra le tecnologie di stoccaggio e i possibili fini applicativi	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.4 - Impatto ambientale delle principali tecnologie di stoccaggio presenti sul mercato	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.5 - Capacità installata cumulativa a livello globale per le tecnologie di stoccaggio elettrochimico	9
Figura 1.6 - Crescita annuale globale delle batterie li-ion nei principali segmenti di mercato	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.7- Principali componenti e principio operativo di una batteria Li-ion	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.8 - Diverse tipologie di batterie Li-ion attualmente presenti sul mercato	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.9 - Attuali e future generazioni tecnologiche delle batterie Li-ion	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.10 - Value Chain della batteria Li-ion.....	17
Figura 1.11 - Tre principali fasi della Supply Chain di una batteria Li-ion	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1.12 - Principali configurazioni delle celle di una batteria	19
Figura 2.1 - Value Chain batteria li-ion con attenzione sulla domanda di mercato	22

Figura 2.2 - domanda di celle LIB nei settori di applicazione	23
Figura 2.3 - Vendite future di batterie li-ion nei diversi segmenti di mercato	23
Figura 2.4 - Vendite globali di nuove auto elettriche (BEV e PHEV) e market share.....	27
Figura 2.5 - Immatricolazioni mondiali annue EV (BEV e PHEV).....	28
Figura 2.6 - Quota di immatricolazioni di EV in Europa nel 2018	29
Figura 2.7 - Andamento del numero di modelli di BEV e PHEV disponibili sul mercato .	30
Figura 2.8 - Tendenze di emissioni di gas ad effetto serra in UE per settore.....	31
Figura 2.9 - Evoluzione emissioni di CO ₂ per BEV ed ICE a seconda del mix di fonti energetiche utilizzato	32
Figura 2.10 - Due diverse strategie di costo che gli OEM europei possono intraprendere .	36
Figura 2.11 - Confronto tra il costo di produzione di un veicolo ICE ed un EV nel 2019..	37
Figura 2.12 – Confronto tra il costo stimato di un EV ed un veicolo ICE nel 2025	38
Figura 2.13 - Relazione tra tre sistemi di propulsione con TCO e distanza annua percorsa (a-b) e sulla base del costo di benzina ed elettricità (c-d).....	39
Figura 2.14 - Principali barriere considerate al momento dell'acquisto di un EV.....	42
Figura 2.15 - quote di registrazione dei modelli BEV introdotti in Europa – Fonte: (Tsiropoulos)	46
Figura 2.16 - Proiezione di crescita della flotta EV	49
Figura 2.17 – Proiezione delle vendite globali di EV - BCG	50
Figura 2.18 - Proiezione delle vendite in Europa di EV - BCG	52
Figura 3.1 - Value Chain batteria li-ion con interesse sull’offerta di mercato	53
Figura 3.2 - Importazioni ed esportazioni di celle LIB nel mondo nel 2014	55
Figura 3.3 - Domanda passata e futura delle principali materie prime delle celle LIB.....	56

Figura 3.4 - Quote di mercato dei produttori mondiali di celle LIB	60
Figura 3.5 - Capacità installata e domanda mondiale passata e futura di celle LIB [GWh]	61
Figura 3.6 - Differenza tra investimenti annuali in capacità produttiva di celle LIB annunciati e realmente realizzati	61
Figura 3.7 - Maggiori produttori mondiali di LIB per capacità installata	62
Figura 3.8 - Produzione globale di unità di celle LIB per Paese	69
Figura 3.9 - Capacità produttiva installata nel mondo entro il 2023	72
Figura 3.10 - Breakdown del costo del pacco di una batteria per EV	73
Figura 3.11 - Andamento del costo dei pacchi batteria per EV in passato	74
Figura 3.12 - Relazione del costo del pacco batteria e della produzione annua	75
Figura 3.13 - Previsione futura della diminuzione del costo del pacco batteria per EVs....	77
Figura 3.14 - Strategia degli OEM nel breve e nel lungo periodo.....	79
Figura 4.1 - Evoluzione della struttura strategica e finanziaria dell'UE	83
Figura 4.2 - Storico delle misure adottate dall'UE per lo stoccaggio di elettricità	83
Figura 4.3 - Obiettivi dell'Energy Union e loro attuazione attraverso il SET Plan	87

Figura 4.4- Ripartizione dei fondi di Horizon2020 sui sistemi di stoccaggio di energia	88
Figura 4.5 - Confronto tra il Programma Quadro di R&I attuale e futuro	89
Figura 4.6 - Livelli di TRL adottati dalla Commissione Europea	90
Figura 4.7 - Strumenti di finanziamento utilizzati dall'UE in merito ai sistemi di stoccaggio	91
Figura 4.8 - "Valle della morte" che deve superare un progetto prima di essere commercializzato.....	92
Figura 4.9 – Fondi che finanziano progetti di accumulo dell'energia e relativi livelli di TRL	93
Figura 4.10 - Funzionamento del fondo InvestEU	94
Figura 4.11 - IPCEI Dicembre 2019.....	96
Figura 4.12 - Rete europea delle batterie.....	98
Figura 4.13 - Variabili che intervengono nella creazione del Valore Economico	100
Figura 4.14 - Strategie di posizionamento secondo Porter.....	101
Figura 4.15 - Logica economica derivante dalla strategia " Leadership di costo"	102
Figura 4.16 - Processo dell'introduzione di un'innovazione sul mercato	104
Figura 4.17 - Modello del diamante nazionale di Porter (1990)	106

Capitolo 1

1 Le batterie agli ioni di litio

L'Europa sta vivendo in questi anni un forte cambiamento in materia di energia. Si può definire una vera e propria trasformazione energetica, ossia la domanda di energia di sta trasformando, migliorando l'efficienza, diminuendo la dipendenza dai combustibili fossili e aumentando l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di elettricità, calore e nel settore dei trasporti.

Questo sta conducendo l'Europa a creare un sistema energetico più sicuro e resistente grazie ad un'ambiziosa politica climatica che sta generando importanti impatti economici. Questi impatti non dovrebbero ostacolare la crescita dell'economia europea, ma al contrario creare numerose opportunità, come nuovi posti di lavoro ad alto valore ed un aumento della produzione economica.

L'Unione Europea ha adottato propri obiettivi chiamati "EU Climate Action" indipendenti dalle manovre assunte a livello internazionale. Ha definito delle strategie e dei target sul medio lungo periodo attraverso l'attuazione di tre diversi pacchetti (Pacchetto Clima ed Energia 2020, Pacchetto Clima ed Energia 2030, Low-carbon economy 2050) che prevedono:

- Riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (rispetto ai livelli del 1990)
- Aumento della percentuale di approvvigionamento energetico proveniente da fonti rinnovabili
- Miglioramento dell'efficienza energetica

Queste politiche hanno un forte potere regolatore nei confronti degli stati membri, ai quali, attraverso direttive comunitarie, vengono imposti obblighi e target da raggiungere.

In merito all'emissione di CO₂ l'obiettivo è quello di ridurre del 40% l'emissione rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030. In un'ottica più di lungo termine, nel 2018 la Commissione Europea ha presentato la sua visione strategica ed in merito alle emissioni prevede una riduzione del 85/90% entro il 2050 (Figura 1.1).

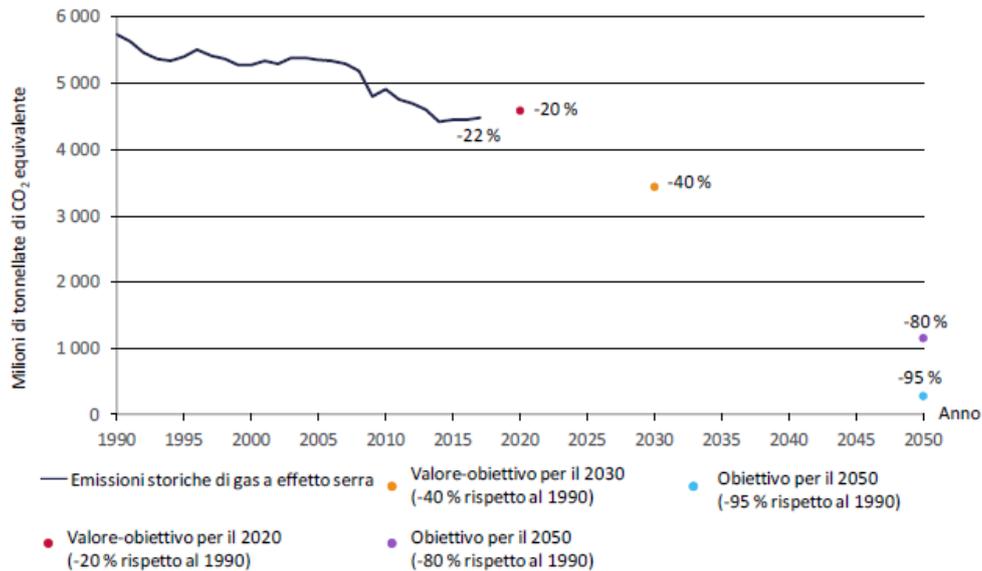


Figura 1.1 - Tendenze e valori-obiettivo per le emissioni di gas ad effetto serra nell'UE.

Fonte: (European Environment Agency), 2018

Per far fronte alla minaccia costituita dai cambiamenti climatici dovuti all'innalzamento dei livelli di gas a effetto serra, è necessario un radicale cambiamento verso un sistema energetico basato principalmente su fonti rinnovabili.

L'International Energy Agency (IEA) ha dichiarato che per limitare il riscaldamento globale a meno di 2°C l'utilizzo di queste fonti di energia rinnovabile deve persistere e con tale obiettivo si è previsto che entro il 2050, l'energia eolica e il solare fotovoltaico genereranno rispettivamente il 18% ed il 16% di energia globale.

1.1 Tecnologie di accumulo dell'energia

L'energia proveniente da fonti rinnovabili è variabile e decentralizzata. Questo crea degli squilibri all'interno della rete elettrica che vengono gestiti e regolati da tutte le nuove forme di tecnologia di stoccaggio dell'energia.

Attualmente sul mercato è presente un elevato numero di tecnologie per l'accumulo di energia, che presentano diverse caratteristiche tecniche e sono classificate come in Figura 1.2:

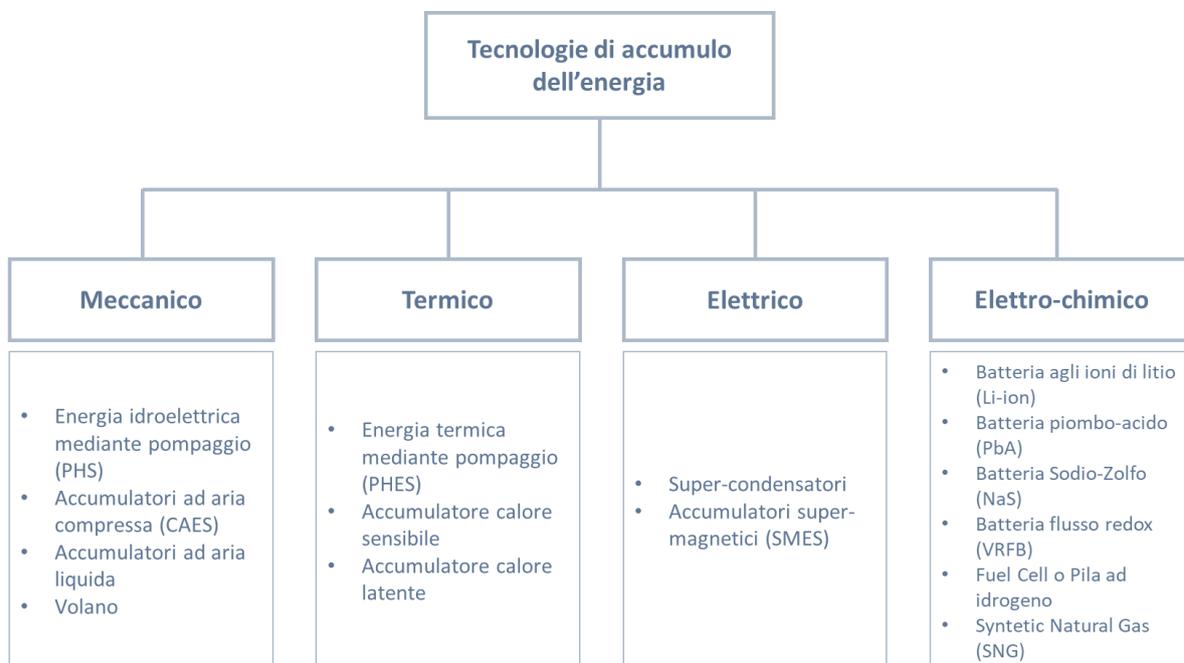


Figura 1.2 - Schema riassuntivo delle tipologie di accumulo dell'energia

Per ognuna delle quattro classi tecnologiche prevalgono determinate forme di accumulo date le loro maggiori prestazioni ed efficienza tecnologica.

1.1.1 Tecnologia Di Accumulo Meccanico

Energia idroelettrica mediante pompaggio, l'acqua viene pompata in salita durante la carica, rilasciata attraverso la turbina durante la fase di scarica. Permette lo stoccaggio di grandi quantitativi di energia ma presenta come svantaggio la stazionarietà, ossia il legame con il luogo fisico dove viene costruito l'impianto che produrrà l'energia. È una tecnologia matura, oltre 100 GW distribuiti a livello mondiale e rappresenta il 99% della capacità di stoccaggio di massa mondiale. Presenta un'efficienza percentuale, ossia il rapporto tra l'energia in uscita e l'energia in entrata, pari al 70-85%.

Accumulatori ad aria compressa, l'aria viene compressa in una caverna sotterranea durante la fase di carica e rilasciata nelle turbine durante la scarica. Rappresenta una tecnologia stazionaria ed economica di accumulo dell'energia. È meno efficiente rispetto al meccanismo di pompaggio di energia idroelettrica (efficienza percentuale si attesta in un

intervallo pari al 50-75%) e presenta una capacità installata di oltre 400 MW in due impianti operativi.

Volano, un dispositivo meccanico rotante a basso attrito collegato ad un generatore viene accelerato e decelerato rispettivamente nella fase di carica e scarica. È un meccanismo che presenta alti livelli di efficienza percentuale (85-98%) ed un rapido tempo di risposta, ossia la velocità con la quale il sistema riesce a soddisfare la domanda. Come svantaggi si hanno il breve tempo di fornitura di energia (meno di 1 ora) e gli elevati costi di capitale richiesti per la costruzione.

1.1.2 Tecnologia Di Accumulo Termica

Energia termica mediante pompaggio, il calore viene pompato da un serbatoio freddo ad uno caldo durante la fase di carica e viene successivamente invertito nella turbina durante la fase di scarica. Permette uno stoccaggio di massa economico e senza la necessità di stazionarietà: può dunque essere rilocalizzato dopo la prima installazione. Offre un'efficienza percentuale di circa 50-80%.

1.1.3 Tecnologia Di Accumulo Elettrochimica

Fuel Cell, l'acqua viene elettrolizzata per formare idrogeno durante la carica. L'idrogeno può essere riconvertito in elettricità utilizzando una cella a combustibile o utilizzato direttamente nei trasporti o nell'industria. Questa tecnologia è utilizzata per lo stoccaggio di lungo periodo; presenta un'efficienza relativamente bassa ed un elevato costo, che potrebbe diminuire in seguito a dei miglioramenti tecnici e all'aumento di produzione.

Batterie agli ioni di litio (Li-ion), dispositivo elettrochimico in cui gli ioni di litio si spostano tra gli elettrodi nelle celle della batteria durante la carica e la scarica. Rispetto alle batterie in commercio presentano un elevato costo del capitale dato dalla tipologia e rarità delle materie prime impiegate nella cella. Queste batterie presentano numerosi vantaggi quali l'elevata durata del ciclo di vita, una rapida risposta alla domanda di energia ed un elevato range percentuale di efficienza, che si assesta intorno all'80-90%.

Batterie Piombo-Acido, dispositivo elettrochimico in cui elettrodi di piombo e biossido di piombo reagiscono con acido solforico durante la carica ed eseguono la reazione inversa durante la scarica. È una tecnologia matura e solo negli Stati Uniti offrono una capacità

installata pari a 300 GWh. Un grande svantaggio è rappresentato dai problemi di riciclabilità del piombo che risulta essere un materiale tossico. Nel complesso ammette un intervallo di efficienza percentuale pari al 65-85%.

Batterie Flusso Redox, dispositivo elettrochimico in cui l'elettrolita liquido, immagazzinato in due serbatoi, viene pompato attorno a un circuito, subendo reazioni chimiche reversibili durante la carica e la scarica. Sul mercato sono attualmente presenti due diverse tipologie, le batterie a flusso redox al vanadio (VRFB), più mature e le batterie a flusso ibrido al bromuro di zinco (ZFB). Sono caratterizzate da elevati costi di capitale per capacità, rispetto alle tecnologie concorrenti e presentano un intervallo di efficienza percentuale pari al 65-85%.

1.1.4 Applicazioni

Queste tecnologie permettono di accumulare energia temporaneamente e reintrodurla in seguito nella rete elettrica apportando così una serie di vantaggi quali:

- Supporto alla rete (Grid), per mantenere alta la qualità dell'elettricità, garantendo una risposta di frequenza rapida che permette di mantenere l'alimentazione elettrica alla frequenza di corrente alternata richiesta dai fornitori di rete; un efficiente supporto di tensione, per mantenere un livello di tensione costante all'interno della rete; bilanciamento delle intermittenze, dovute all'immissione in rete di energia proveniente da fonti rinnovabili che possono influenzare la frequenza, la tensione e la potenza in uscita, aumentando così la necessità dei servizi di supporto alla rete.
- Stoccaggio quotidiano, che permette "l'inseguimento del carico", ossia soddisfare la domanda e le sue fluttuazioni; rappresenta una capacità di riserva in caso di interruzione imprevista di fornitura.
- Stoccaggio stagionale, che consente di stoccare l'elettricità in stagioni con minor domanda, per poterla fornire in altre stagioni; in questo caso è richiesta una tecnologia che supporta l'immagazzinamento di grandi quantità di elettricità a basso costo.
- Servizi off-grid, che implicano il bilanciamento dell'intermittenza e della domanda giornaliera in una micro-griglia, ossia in un impianto stand alone non allacciato alla rete elettrica. Le tecnologie in grado di soddisfare questa applicazione devono essere economiche in piccole unità, avere un buon

equilibrio tra capacità energetica e potenza erogata ed essere in grado di rispondere rapidamente ai cambiamenti nella domanda o nell'offerta.

- Stoccaggio di elettricità per il settore dei trasporti, che fornisce energia ai veicoli elettrici e mezzi di trasporto attraverso una tecnologia mobile dotata di elevata potenza e capacità energetica.

A seconda del fabbisogno di stoccaggio di energia richiesto, caratterizzato da parametri quali capacità, potenza, velocità di carica e scarica, tempo totale di fornitura, peso, dimensioni, si utilizza la tecnologia che risulta essere più appropriata (Figura 1.3).

	Grid			Off-Grid	Trasporti	
	Stoccaggio stagionale	Stoccaggio quotidiano	Supporto alla rete	Servizi Off-grid	Strada	Aviazione/Trasporto marittimo
Fabbisogno	Ampia capacità di stoccaggio, scarica lenta	Ore di fornitura	Risposta rapida, da secondi ad ore di fornitura	Bilanciamento intermittenze, scala ridotta, lunga durata	Potenza elevata, peso ridotto, piccole dimensioni	Potenza elevata, energia per volume elevata
 Energia idroelettrica mediante pompaggio (PHS)	✓	✓	✓			
 Accumulatori ad aria compressa (CAES)		✓				
 Volano			✓			
 Energia termica mediante pompaggio (PHE)		✓	✓	✓		
 Fuel Cell	✓	✓		✓	✓	✓
 Batterie Li-ion		✓	✓	✓	✓	
 Batterie Piombo-Acido		✓	✓	✓		
 Batteria Flusso Redox		✓	✓	✓		

Figura 1.3 - Legame tra le tecnologie di stoccaggio e i possibili fini applicativi

1.1.5 Impatti ambientali delle diverse tecnologie di stoccaggio

Il forte sviluppo di questa tecnologia, determinato dalla richiesta del mercato e dagli svariati vantaggi che se ne deducono, fa porre comunque interrogativi circa l'impatto ambientale che questi sistemi di accumulo generano.

Per valutare l'effetto che queste tecnologie provocano sull'ambiente si sono considerati diversi fattori quali:

- “Embedded Energy”, ossia l’energia richiesta per la costruzione del sistema di accumulo energetico
- Componenti tossici utilizzati per la costruzione
- Possibilità e metodologia di riciclo

Una metrica utilizzata per misurare il potenziale impatto ambientale delle diverse tecnologie è L’Energy Stored on Investment (ESOI), dove un numero più elevato indica una migliore capacità di immagazzinare energia, un lungo periodo di vita operativa (ciclo di vita) o una piccola quantità di Embedded Energy.

$$ESOI = \frac{\text{quantità di energia immagazzinata nel corso della vita di un dispositivo}}{\text{Embedded Energy}}$$

Sistemi di accumulo meccanici, come il pompaggio idraulico o accumulatori ad aria compressa, presentano livelli di questo indice più elevati rispetto alle tecnologie elettrochimiche (Figura 1.4).

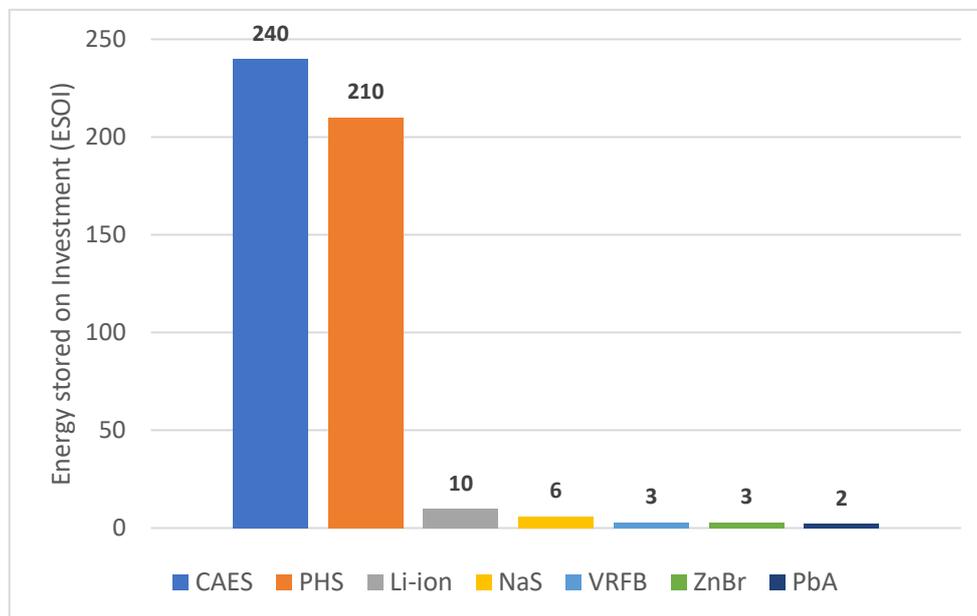


Figura 1.4 - Impatto ambientale delle principali tecnologie di stoccaggio presenti sul mercato

Fonte: (Europea)

Questa differenza è il risultato della minore Embedded Energy richiesta dalle tecnologie meccaniche per unità di capacità e della maggiore durata del ciclo.

Tra le batterie, la durata del ciclo varia notevolmente e questo ha un effetto significativo sul loro ESOI. Da questo ne consegue che migliorare la durata del ciclo delle batterie, favorendo così l'innovazione, potrebbe rappresentare una buona strada per ridurre l'impatto ambientale. Inoltre, l'ESOI di una tecnologia può essere migliorato estendendo la sua vita utile, ad esempio assegnando alle batterie per veicoli elettrici esaurite una "seconda vita" in applicazioni fisse come la rete o lo stoccaggio domestico.

Nonostante l'elevato costo, le tecnologie elettrochimiche rappresentano le proposte più allettanti, tra quelle attualmente presenti sul mercato, per realizzare un sistema elettrico a basse emissioni di carbonio. Si cercherà in futuro di ridurre al minimo il loro impatto ambientale e sociale, garantendo una maggiore riciclabilità, un approvvigionamento adeguato delle materie prime ed una maggiore durata della tecnologia.

1.2 Tecnologie di accumulo elettrochimico: Le batterie Li-ion

Lo stoccaggio energetico è destinato a svilupparsi ed aumentare significativamente e si prevede che rappresenterà, entro il 2050, la modalità più utilizzata per integrare nel sistema elettrico l'energia proveniente da fonti rinnovabili, con un forte calo della generazione termica.

Attualmente la tecnologia di stoccaggio stazionaria maggiormente utilizzata appartiene alla tipologia meccanica quale pompaggio idraulico, rappresentante l'88% della capacità di stoccaggio installata in UE, ma si prevede un forte e decisivo superamento da parte della tecnologia elettrochimica delle batterie. A medio termine infatti, le batterie stazionarie dovrebbero interessare circa il 10% del mercato delle batterie.

In particolare, le batterie agli ioni di litio rappresentano la tipologia di batteria maggiormente utilizzata, pari a circa 1,3 GW (0,85 miliardi di €) o in termini di capacità di potenza, l'81% di tutto il sistema di stoccaggio elettrochimico nel 2017 (Figura 1.5).

Presentano una forte tendenza di crescita ed una quota di mercato più elevata rispetto ad altre opzioni di stoccaggio di energia elettrochimica.

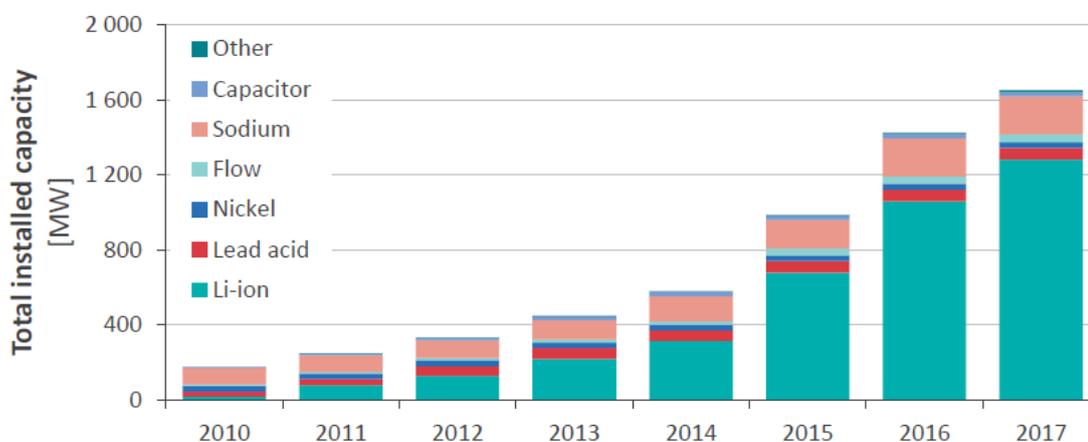


Figura 1.5 - Capacità installata cumulativa a livello globale per le tecnologie di stoccaggio elettrochimico

Fonte: (Tsiropoulos)

La batteria agli ioni di litio o li-ion presenta applicazioni in diversi segmenti di mercato quali:

- Dispositivi elettronici
- Automotive: veicoli e bus elettrici ed ibridi;
- Settore industriale ed Energy Storage System (ESS): include i sistemi di accumulo stazionario quali i sistemi Telecom e i gruppi statici di continuità (UPS);
- Altri settori che comprendono dispositivi medici, utensili, bici elettriche e altro;

Entro il 2010 il loro volume di mercato totale è aumentato di un ordine di grandezza, passando da 2 a 20 GWh e raggiungendo un valore di mercato annuo globale di circa 6,5 miliardi di euro, principalmente grazie all'elettronica di consumo.

Dopo il 2010 il settore dell'elettronica ha gradualmente rallentato, come mostrato in figura 1.6, con una crescita annua osservata del 6% tra il 2010 ed il 2017, ma nonostante ciò, la loro produzione è aumentata del 26% all'anno, coprendo nel 2017 un mercato delle batterie agli ioni di litio di circa 120 GWh ed un valore pari a circa 24 miliardi di euro.

La forte domanda e sviluppo del settore è da attribuirsi maggiormente al mercato dei veicoli elettrici ed ibridi, che ha assistito ad una crescita media su base annua del 67%, e alla maggior penetrazione delle energie rinnovabili nel mercato dell'energia, che ha permesso lo

sviluppo delle forme di stoccaggio stazionarie, con una capacità totale installata nel 2017 di circa 2 GWh.

Complessivamente, la quota di mercato delle batterie agli ioni di litio per veicoli elettrici e stoccaggio stazionario è aumentata da circa il 5% all'inizio di questo decennio a oltre il 60% nel 2017.

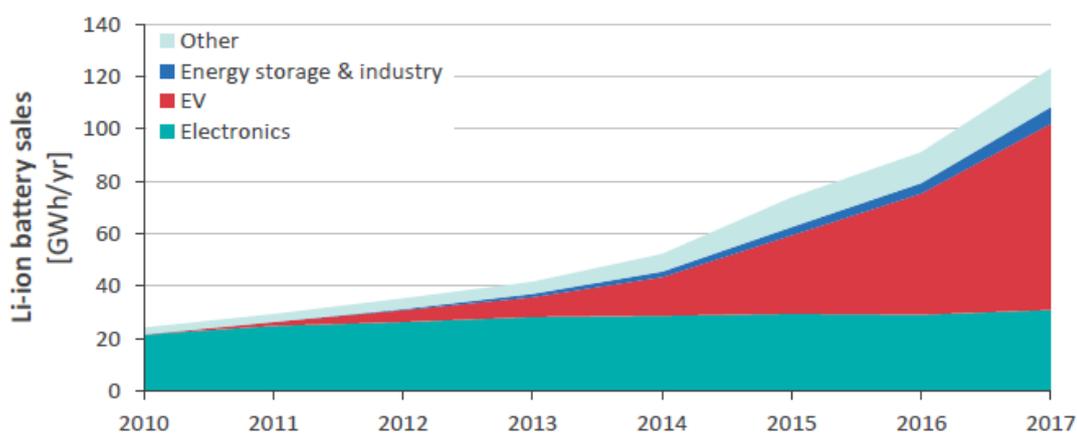


Figura 1.6 - Crescita annuale globale delle batterie li-ion nei principali segmenti di mercato

Fonte: (Europea)

Come si evince dal grafico, il segmento di mercato che interessa maggiormente le vendite di batterie agli ioni di litio è il settore dell'**Automotive**, includendo al suo interno i veicoli ed i bus elettrici ed ibridi.

1.3 Stato dell'arte

Introdotte sul mercato per la prima volta agli inizi del 1990 dalla Sony Corporation, grazie alla loro tecnologia e all'evoluzione della ricerca e dell'innovazione nel campo, questa tipologia di batterie è diventata leader nel mercato dell'Automotive. I motivi principali sono da attribuirsi alla sua energia specifica (Wh / kg), alla durata del ciclo e alta efficienza.

La maggior parte delle batterie agli ioni di litio attualmente in commercio utilizza un elettrodo negativo a base di carbonio (ad es. Grafite) oppure titanato di litio (Li₄Ti₅O₁₂). L'elettrolita utilizzato varia in base alla scelta dei materiali degli elettrodi, ma è tipicamente composto da una miscela di sali di litio (ad esempio LiPF₆) e un solvente organico (ad esempio dietil carbonato) per consentire il trasferimento degli ioni. Viene utilizzata una

membrana di separazione per consentire agli ioni di litio di passare tra gli elettrodi evitando un corto circuito interno.

Un esempio di cella Li-ion e i suoi principi operativi sono mostrati in figura 1.7. Quando la batteria funge da dispositivo galvanico, gli elettroni viaggiano dall'elettrodo negativo a un collettore di corrente fino al carico, quindi attraverso un secondo collettore di corrente verso l'elettrodo positivo. Allo stesso tempo, gli ioni Li^+ viaggiano dall'elettrodo negativo attraverso l'elettrolita, all'elettrodo positivo per mantenere l'elettroneutralità. Quando il sistema funziona in modalità di carica (cioè come un dispositivo elettrolitico), la corrente elettronica e il flusso di ioni Li^+ sono invertiti.

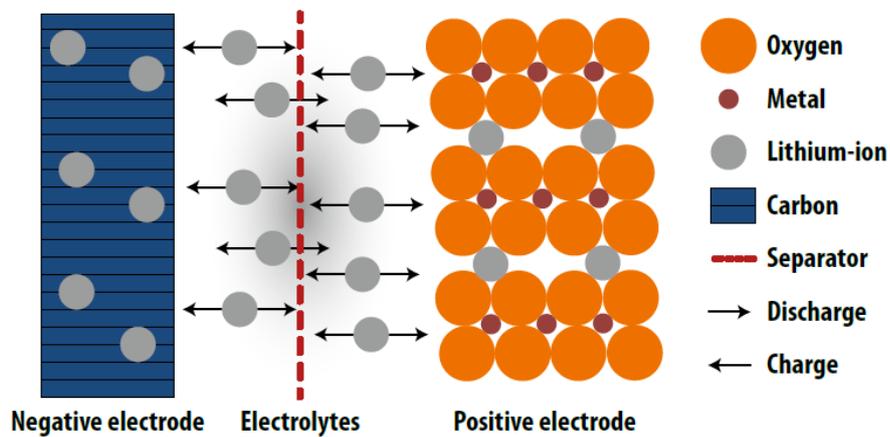


Figura 1.7- Principali componenti e principio operativo di una batteria Li-ion

Fonte: (DR SHERIDAN FEW)

A seconda delle configurazioni di anodo e catodo impiegate, si distinguono le principali batterie Li-ion presenti sul mercato (Tabella 1).

Acronimo	Catodo	Anodo	Vantaggi	Svantaggi	Maggiori applicazioni
LCO	Lithium Nickel Oxide	Grafite	Alta densità energetica	Cobalto raro Non stabile agli sbalzi termici	Elettronica portatile
LMO	Lithium Manganese Oxide	Grafite	<ul style="list-style-type: none"> Basso costo dovuta all'abbondanza in natura del Manganese Alta stabilità termica Buona capacità di alimentazione 	<ul style="list-style-type: none"> Bassa prestazione energetica (performance) Ciclo di vita moderato e non adatto per alcune applicazioni 	Utensili elettrici Dispositivi medici
LFP	Lithium Iron Phosphate	Grafite	<ul style="list-style-type: none"> Alta stabilità termica Alto ciclo di vita Alti livelli di potenza specifica Basso costo 	Bassa densità energetica dovuta alla bassa tensione della cella	EVs Bus elettrici Storage
NMC	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide	Grafite	<ul style="list-style-type: none"> Ottima combinazione di diverse proprietà Alta stabilità termica Può funzionare ad alte tensioni 	Presenta problemi di brevetto in alcuni paesi	EVs Storage E-bikes Dispositivi medici ed industriali
NCA	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide	Grafite	<ul style="list-style-type: none"> Alti livelli di potenza specifica Alta densità energetica Buon ciclo di vita nei nuovi sistemi 	<ul style="list-style-type: none"> stabilità termica allo stato di carica moderata che può ridurre la sicurezza 	EVs Storage Dispositivi medici ed industriali
LTO	Variabile	Lithium Titanate	<ul style="list-style-type: none"> Alta stabilità termica Alto ciclo di vita Non ci sono problemi di interfase elettrolitica solida 	<ul style="list-style-type: none"> Elevato costo del titanio Bassa tensione della cella Bassa densità energetica 	UPS Storage EVs

Tabella 1- Principali celle Li-ion presenti sul mercato e relative applicazioni

Ognuna delle celle sopra elencate presenta delle proprietà diverse e vengono scelte ed utilizzate a seconda dell'applicazione finale e sulla base del peso assegnato a ciascuna caratteristica tecnica o ad una combinazione di queste.

Le principali caratteristiche tecniche che permettono di svolgere un confronto tra celle sono:

- Energia specifica o densità di energia: rappresenta la quantità di energia che può essere immagazzinata in una batteria per unità di peso e dipende dalla chimica della cella;
- Potenza specifica o densità di potenza: rappresenta la potenza accumulata per unità di peso, ossia la capacità di erogare elevata corrente su richiesta;
- Sicurezza: viene garantita da un Battery Management System (BMS), ossia un sistema di gestione della batteria che include e controlla tutti gli aspetti di una

batteria, tra cui carica, scarica, equalizzazione e monitoraggio delle celle, nonché controllo della temperatura generale del sistema

- **Prestazione:** caratterizzata principalmente dalla Temperatura di una batteria. Il surriscaldamento delle batterie può portare a una fuga termica in cui le temperature possono raggiungere i 500 ° C. La fuga termica anche di una singola cella può portare ad una reazione a catena causando incendi. Ci sono stati diversi casi di incendi della batteria che sono costati alle aziende milioni di dollari per rettificare.
- **Life Span, o ciclo di vita:** può essere misurato in due diversi modi; attraverso la stabilità del ciclo, ossia il numero di volte che una batteria può essere interamente caricata e scaricata prima che la sua capacità originale a piena carica venga degradata dell'80%, oppure attraverso la longevità, ossia il numero di anni di vita di una batteria;
- **Costo:** rappresenta la fattibilità della tecnologia includendo i sistemi ausiliari necessari a garantire la sicurezza, il sistema di gestione e monitoraggio dello stato di carica;

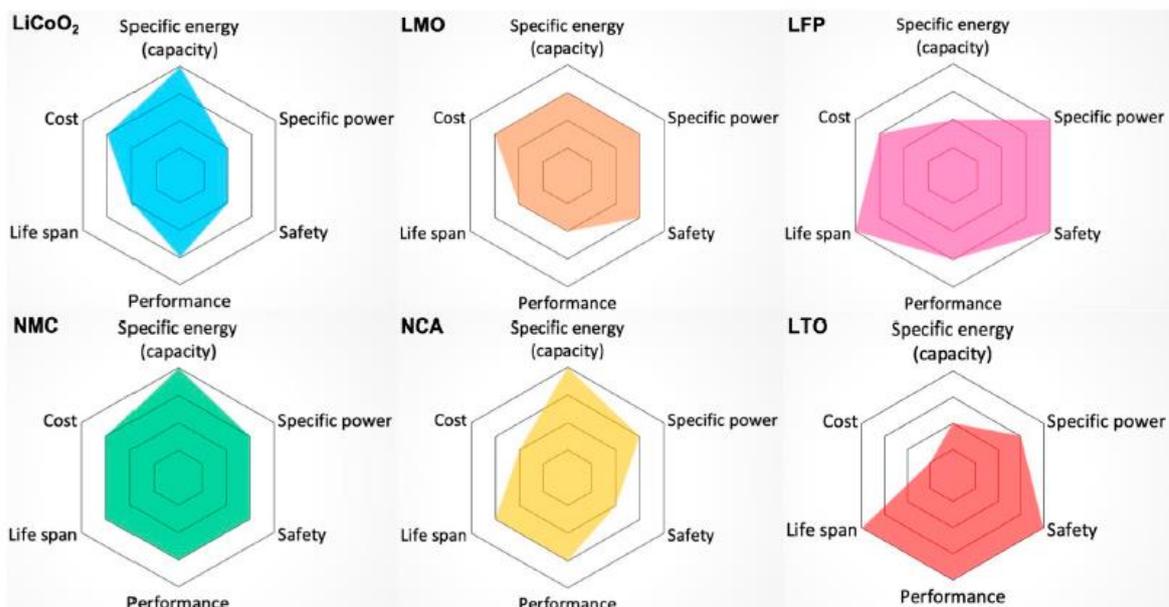


Figura 1.8 - Diverse tipologie di batterie Li-ion attualmente presenti sul mercato

Fonte: (Yu Miao)

La figura 1.8 confronta graficamente i diversi tipi di batterie agli ioni di litio, considerando diverse caratteristiche. Con la più ampia area colorata viene indicata una tipologia maggiormente desiderabile.

1.4 Sviluppi Futuri

Lo sviluppo dei futuri modelli di batterie dipende dalle numerose ricerche che si concentrano su nuovi materiali, design innovativi, aumento delle prestazioni con maggiore energia e potenza specifica.

1.4.1 Le future batterie

Le tecnologie chimiche individuate, in grado di far progredire la tecnologia delle batterie li-ion oltre lo stato attuale sono:

Batterie Allo Stato Solido

Le Batterie agli ioni di litio allo stato solido sono state proposte per la prima volta negli anni '80. Queste celle utilizzano elettroliti solidi, inorganici o polimerici, anziché quelli liquidi. L'approccio solido promette una densità energetica molto più elevata rispetto ad altre tecnologie agli ioni di litio.

Gli elettroliti solidi consentono il trasferimento solo di ioni di litio e fungono da separatori funzionali. Inoltre, gli ioni e gli anioni di litio sono mobili negli elettroliti liquidi, causando forti gradienti di concentrazione dei sali conduttori durante il flusso di corrente e limitando la corrente cellulare, mentre negli elettroliti solidi questa polarizzazione di massa non può verificarsi perché sono mobili solo gli ioni di litio. Questo fa sì che si abbiano tempi di ricarica più rapidi e densità di corrente più elevate nelle batterie allo stato solido. Alcuni elettroliti solidi inorganici sono stabili a temperature elevate, migliorando la sicurezza della batteria.

Nonostante l'interesse crescente per questo tipo di celle, rimangono molte sfide sia nella produzione che nella comprensione fondamentale della tecnologia. Ad esempio, molti elettroliti solidi inorganici presentano una bassa stabilità termodinamica, mentre gli elettroliti polimerici hanno una conduttività agli ioni di litio troppo bassa per il

funzionamento della batteria a temperatura ambiente e il funzionamento in veicoli elettrici richiede temperature superiori a 80 ° C.

Batterie Litio-Zolfo

Le batterie Li-S sono caratterizzate da catodi ad alta capacità contenenti elevati quantitativi di zolfo e anodi di litio. Sono considerate tra i candidati più promettenti per realizzare un sistema a basso costo e ad alta densità di energia. Le sfide fondamentali che devono affrontare le batterie Li-S provengono dalle proprietà isolanti dello zolfo elementare e dai solfuri di litio, dalla dissoluzione dei polisolfuri di litio nell'elettrolita e dalla variazione di volume del catodo durante il ciclo. Inoltre, è ormai ampiamente compreso che gli elettrodi ad alto carico di zolfo sono essenziali per la tecnologia Li-S sul mercato.

Litio-Aria

La batteria Li-air, che utilizza ossigeno dall'aria, ha la più alta densità teorica di energia specifica di qualsiasi tecnologia della batteria, 3.500 Wh / kg. Le stime di accumulo pratico di energia sono incerte, poiché molti fattori sono sconosciuti, ma sono stati proposti valori sufficienti a coprire oltre un raggio di guida di 500 km se dispiegati in una batteria per veicoli elettrici. Nonostante ricerche significative negli ultimi dieci anni, manca una vera comprensione della chimica alla base e dei processi elettrochimici nelle batterie Litio-aria. Ad oggi persistono problemi pratici quale bassa capacità di stoccaggio e alta vulnerabilità alle influenze ambientali, in particolare all'umidità. Questi motivi ne impediscono la commercializzazione su larga scala nei prossimi anni.

1.4.2 Evoluzione Tecnologica

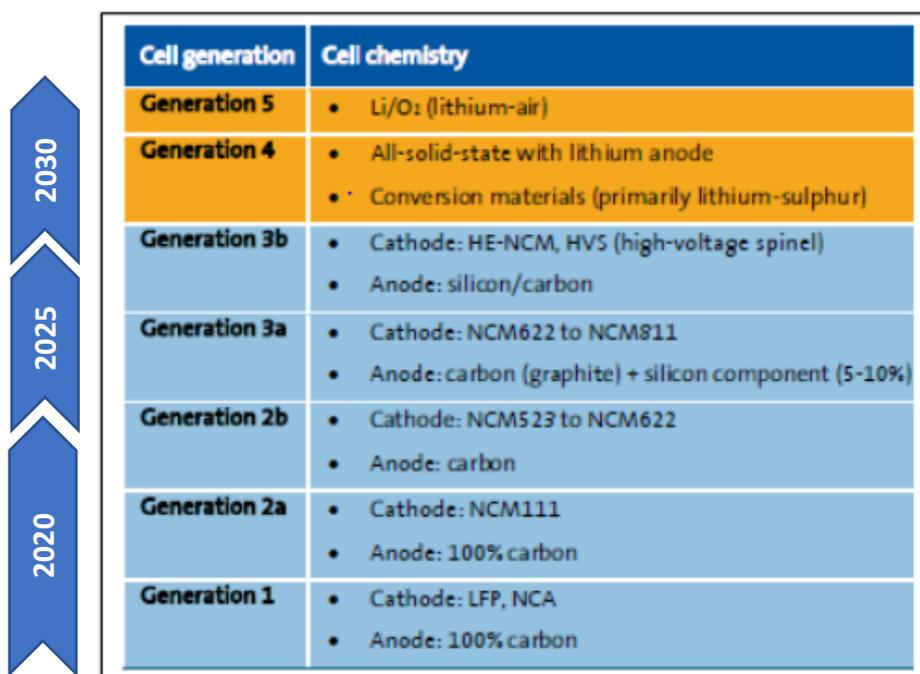
Date le numerose sfide fondamentali che dovranno affrontare in merito alla ricerca e sviluppo delle batterie sopra elencati e tenendo conto del fatto che il time-to-market per i nuovi materiali e tecnologie di batterie è stato storicamente dimostrato tra 10 e 20 anni, le proiezioni relative alla tempistica della commercializzazione delle tecnologie future devono essere fatte con cautela.

La prima e la seconda generazione, come mostrato in figura 1.9, basate su catodi LFP, LMO, NCA e NMC e anodi di carbonio, saranno gradualmente sostituite dalla tecnologia di generazione 2b con catodi ricchi di nichel e a maggiore densità energetica.

Un ulteriore progresso è prevedibile con l'introduzione della terza generazione, caratterizzata dall'uso di anodi carbonio-silicio, che permetteranno di aumentare la densità energetica, ma possono generare un forte stress meccanico. Per tale motivo sono ancora un forte argomento di ricerca.

A medio-lungo termine, sembra possibile un dimezzamento dei costi, specialmente con le celle della batteria di quarta generazione. Se le sfide legate alla tecnologia allo stato solido e al litio-zolfo saranno risolte, potrebbero diventare importanti tecnologie parallele coesistenti con gli ioni di litio sul mercato. Ad oggi non è ancora dimostrato se il vantaggio derivante dalla maggiore densità energetica a livello di cella possa essere implementato in modo efficiente a livello batteria. Pertanto, non è possibile rispondere con certezza alla domanda se e quando avverrà il passaggio alla tecnologia "post" agli ioni di litio (celle della batteria di trazione con materiali di conversione (generazione 4) e litio-aria (generazione 5)). Dagli studi sembra emergere con maggior probabilità il passaggio dalla generazione attuale in commercio, ai sistemi allo stato solido (Generazione 4), nel prossimo futuro.

A livello globale nessuna significativa base produttiva è stata ancora sviluppata riguardo alle nuove generazioni tecnologiche. Questo crea nuove opportunità per l'Europa, che potrebbe aprirsi a nuovi potenziali business che presentano barriere all'ingresso quasi inesistenti.



Cell generation	Cell chemistry
Generation 5	<ul style="list-style-type: none"> • Li/O₂ (lithium-air)
Generation 4	<ul style="list-style-type: none"> • All-solid-state with lithium anode • Conversion materials (primarily lithium-sulphur)
Generation 3b	<ul style="list-style-type: none"> • Cathode: HE-NCM, HVS (high-voltage spinel) • Anode: silicon/carbon
Generation 3a	<ul style="list-style-type: none"> • Cathode: NCM622 to NCM811 • Anode: carbon (graphite) + silicon component (5-10%)
Generation 2b	<ul style="list-style-type: none"> • Cathode: NCM523 to NCM622 • Anode: carbon
Generation 2a	<ul style="list-style-type: none"> • Cathode: NCM111 • Anode: 100% carbon
Generation 1	<ul style="list-style-type: none"> • Cathode: LFP, NCA • Anode: 100% carbon

Figura 1.9 - Attuali e future generazioni tecnologiche delle batterie Li-ion

1.5 La Batteria Li-ion nel mercato Automotive

Nel mercato Automotive la batteria a trazione li-ion che viene adoperata per alimentare i veicoli elettrici presenta un'estesa catena del valore, ossia una gamma di attività che aggiungono valore ad ogni singolo passaggio che si estende dalla progettazione, produzione e consegna di un prodotto di qualità al cliente.

L'analisi della catena del valore delle batterie li-ion, che verrà trattata in maniera più approfondita nei successivi capitoli dell'elaborato, permette di verificare lo stato attuale e futuro del vantaggio competitivo delle aziende presenti in Europa rispetto ai concorrenti operanti nel resto del mondo e come queste aziende riescano a soddisfare le esigenze dei principali clienti, quali i produttori automobilistici.

1.5.1 Value Chain



Figura 1.10 - Value Chain della batteria Li-ion

La value chain in esame (Figura 1.10) copre un ampio spettro di attività, dall'estrazione delle materie prime, al riciclaggio delle batterie esauste. Le industrie minerarie e chimiche forniscono i materiali grezzi e trasformati, utilizzati nella produzione dei vari componenti cellulari tra cui l'anodo, il catodo, l'elettrolita ed il separatore. Alcuni materiali sono prodotti e utilizzati esclusivamente nella produzione di celle agli ioni di litio, mentre altri possono essere utilizzati per altri scopi. I componenti prodotti vengono poi assemblati in singole celle, a loro volta assemblate in moduli e successivamente in pacchi, che rappresentano l'elemento finale della catena produttiva di una batteria. Quando le batterie raggiungono il termine del ciclo di vita nella loro prima applicazione, possono essere riciclate o utilizzate in alternativa in una seconda applicazione, ad esempio per l'accumulo di energia stazionaria. Questa seconda vita che può essere assegnata alla batteria delle auto elettriche ha permesso la nascita di business complementari per molte note case automobilistiche, come si vedrà in seguito.

Diversi elementi della catena del valore possono essere coperti da medesime aziende, che decidono di ampliare le loro attività di ricerca o produzione su diversi segmenti di mercato. Ad esempio, alcuni produttori di celle producono anche componenti cellulari in particolare

per il catodo, mentre altri attori attivi nel settore del riciclaggio sono attivi anche nel settore della lavorazione dei materiali. Un esempio significativo è rappresentato dal produttore americano di veicoli elettrici Tesla, che tra i primi ha adottato una strategia di integrazione verticale, producendo internamente celle, moduli e pacchi batteria.

1.5.2 Supply Chain

Considerando invece la struttura operativa che permette di integrare la gestione del flusso dei materiali, dall'approvvigionamento delle materie prime alla consegna del prodotto finito e la logistica del prodotto, si analizza la Supply Chain, o Catena di Approvvigionamento.

La Supply Chain della batteria agli ioni di litio per applicativi automobilistici è rappresentata da uno spettro che si estende dalle materie prime all'assemblaggio finale del pacco batteria. Le fasi di maggiore interesse sono tre: la produzione di celle, la produzione di moduli e l'assemblaggio di pacchi (Figura 1.11).

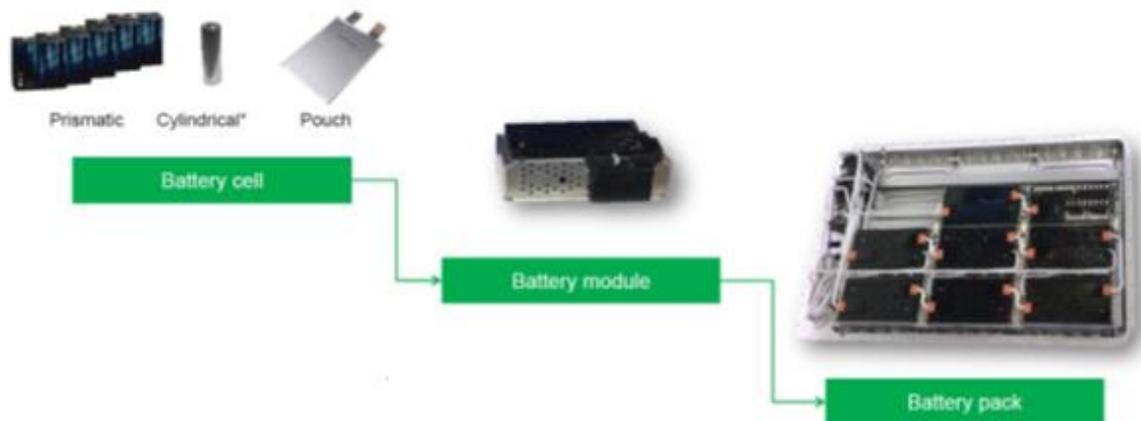


Figura 1.11 - Tre principali fasi della Supply Chain di una batteria Li-ion

Fonte: web

Mentre la produzione di celle e moduli della batteria, rappresenta la fase principale e la sua localizzazione dipende da numerosi fattori, l'assemblaggio dei pacchi viene svolto principalmente in zone limitrofe all'assemblaggio del veicolo a causa dell'elevato costo di trasporto dei pacchi batteria, che hanno dimensioni maggiori rispetto alle semplici celle o moduli.

Le Celle

Le celle sono un bene intermedio, assemblate come parte del più ampio processo di assemblaggio della batteria.

Diversi produttori di celle elencano specifiche e componenti leggermente diversi nei loro gruppi di celle. La tipologia di celle maggiormente utilizzata nei veicoli elettrici oggi in commercio è la tipologia NMC, impiegata in modelli quali Nissan Leaf, BMW i3, GM Chevrolet Bolt. Sulla base della media ponderata della flotta globale di autovetture elettriche in circolazione su strada dal 2011 al 2017, le batterie NCM rappresentano il 53%, le batterie NCA il 46% e il restante 13% sono LFP o altri prodotti chimici. Per le applicazioni stazionarie, dal 2017, trovano largo impiego le batterie NMC e LFP. Panasonic, a differenza dei suoi principali competitors, produce batterie per Tesla della tipologia NCA. Queste richiedono un quantitativo di cobalto minor del 65% rispetto ad NCM, fattore che spiega il perché del ridotto costo delle batterie impiegate da Tesla.

Configurazioni delle celle

Le celle si possono costruire in una vasta gamma di forme e dimensioni, in modo da utilizzare efficientemente gli spazi disponibili nei dispositivi che le utilizzano (Figura 1.11). Si presentano principalmente in tre distinte configurazioni: Cilindriche (Cylindrical cell), Prismatiche (Prismatic cell) ed A busta (Pouch cell).

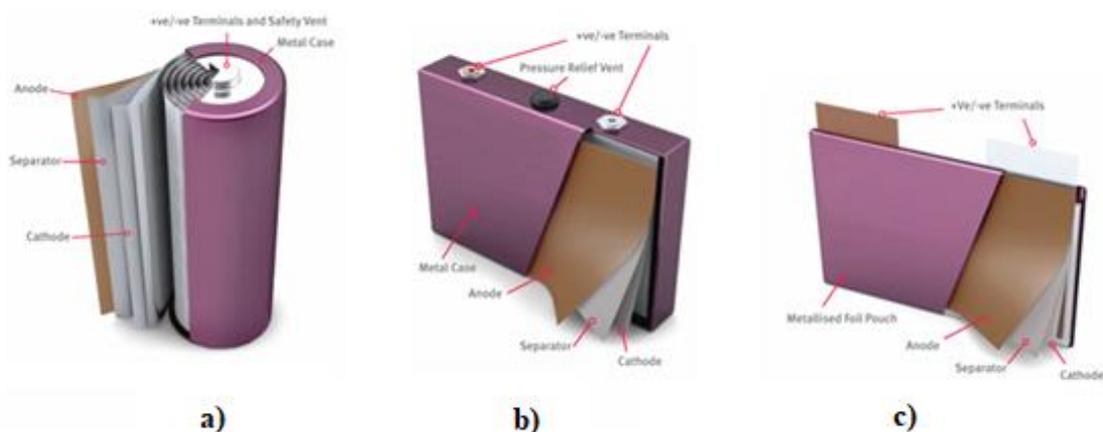


Figura 1.12 - Principali configurazioni delle celle di una batteria

Le *celle cilindriche* sono le più diffuse in commercio perché economiche, facili da realizzare e da assemblare. Presentano un'elevata sicurezza durante il funzionamento ed una densità di energia molto elevata rispetto alle altre celle, ma come notevole svantaggio risulta la ridotta capacità nominale, ossia la quantità di energia che una cella può erogare quando è sottoposta a scarica.

Le *celle prismatiche* offrono energia specifica e dimensioni più elevate e sono utilizzate in ambito automotive per alimentare i sistemi di propulsione nei veicoli elettrici ed ibridi. Tra gli svantaggi, oltre al peso, la cella prismatiche è costosa da fabbricare, ha un ciclo di vita più corto rispetto alle altre celle e risulta più difficile da raffreddare.

Infine, le *celle a busta*, che presentano un notevole vantaggio di peso, poiché non dispongono di un contenitore rigido, una elevata capacità ed una energia specifica più contenuta. Forniscono una bassa resistenza meccanica dovuta al tipo di impacchettamento che necessita di molto spazio tra una cella e la successiva.

I grandi produttori di veicoli elettrici, ad esempio, utilizzano approcci e strategie diverse. Tesla utilizza batterie cilindriche Panasonic di piccolo formato per ridurre i costi, mentre altri produttori di veicoli hanno collaborato con i fornitori per creare celle di batterie prismatiche da utilizzare esclusivamente in ambito Automotive per ridurre la complessità e aumentare l'affidabilità.

I Moduli

Più celle con terminali collegati formano un modulo. Il numero di celle per modulo varia in base al produttore e al tipo di cella.

I moduli possono essere utilizzati in pacchi batteria per veicoli diversi. Tuttavia, poiché la maggior parte dei moduli sono realizzati nella stessa struttura del pacco batteria, vi è un minore scambio di questo componente della catena di fornitura. I moduli sono assemblati usando celle che sono state importate o prodotte in loco.

I Pacchi

I pacchi batteria EV sono la fase finale della produzione di batterie EV. I pacchi batteria sono costituiti da moduli batteria, collegamenti elettrici ed apparecchiature di raffreddamento. I produttori possono assemblarli a mano o utilizzando apparecchiature automatizzate. I produttori di batterie progettano pacchi batteria EV per specifici modelli di veicoli e tendono a montarli vicino all'impianto di assemblaggio del veicolo.

Capitolo 2

2 Analisi della domanda di mercato

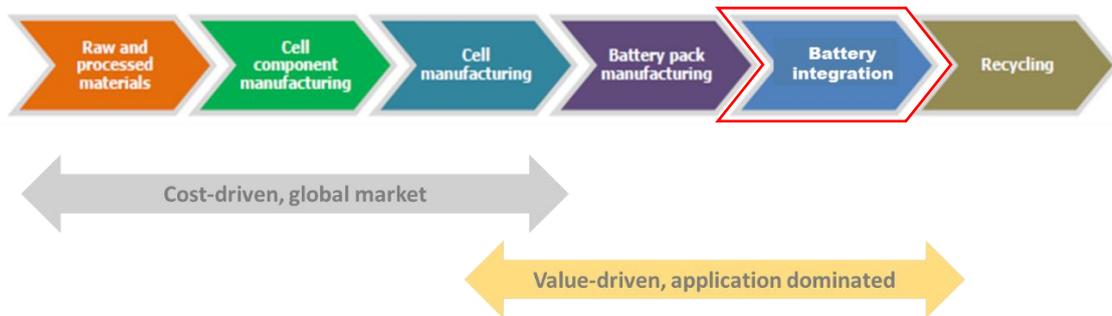


Figura 2.1 - Value Chain batteria li-ion con attenzione sulla domanda di mercato

In Figura 2.1 è presente la catena del valore delle batterie agli ioni di litio e i fattori a monte (upstream) e a valle (downstream) che influenzano la competitività del mercato globale. In particolare, il primo segmento della catena del valore che copre la lavorazione dei materiali, la fabbricazione dei componenti delle celle e delle celle stesse, sarà guidato dal costo e quindi soggetto alla concorrenza mondiale. Nel secondo segmento della catena invece, dominata dal valore, la competitività risiede nel soggetto che è maggiormente in grado di soddisfare i requisiti specifici del cliente, che sia questo un produttore automobilistico, oppure un operatore per lo stoccaggio stazionario.

Le batterie agli ioni di litio presentano una domanda eterogenea poiché utilizzate in diverse applicazioni, incluse sotto la voce “*Battery Integration*”, ma il principale settore che stimola la domanda risulta essere quello dei **veicoli elettrici**.

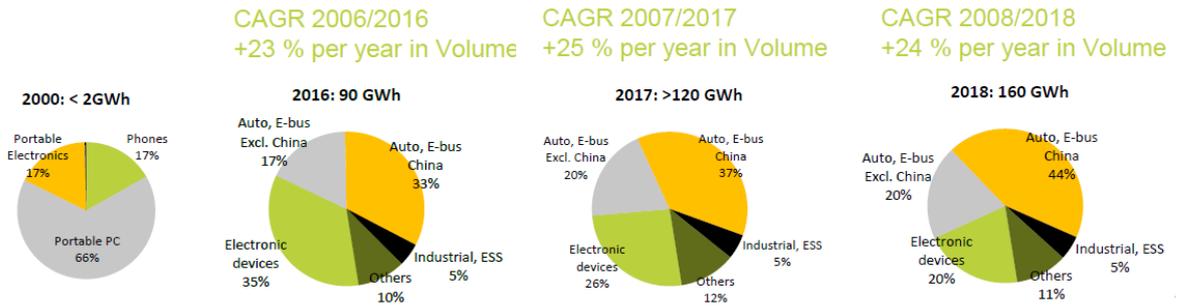


Figura 2.2 - domanda di celle LIB nei settori di applicazione

L'andamento della domanda delle celle LIB [GWh] è raffigurato nei seguenti grafici a torta, suddivisa nei diversi settori di impiego (Figura 2.2). Si nota come nell'anno 2000 il mercato che richiedeva un quantitativo maggiore di celle fosse quello dell'elettronica, in particolar modo i PC; questo andamento è stato completamente ribaltato dallo sviluppo degli EV nel mercato. Si osserva infatti come la percentuale di celle LIB dedicate al settore "Auto, E-bus" inclusa ed esclusa la Cina, sia cresciuta dal 2016 al 2018 rispettivamente dal 50% al 64%.

Si prevede che anche in futuro i veicoli elettrici copriranno la maggior domanda di batterie li-ion, richiedendo il 65-80%, l'80-95% e il 90-95% della produzione totale entro il 2020, 2025 e 2030, rispettivamente, in confronto a circa il 55% richiesto oggi.

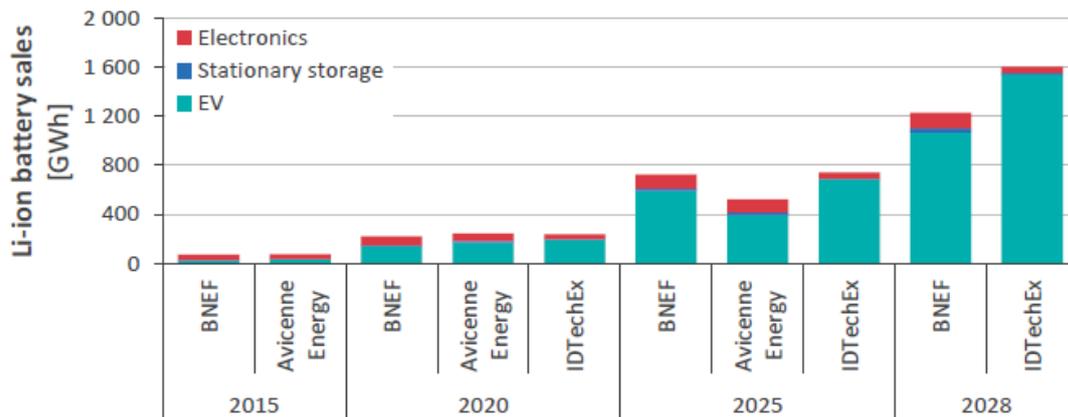


Figura 2.3 - Vendite future di batterie li-ion nei diversi segmenti di mercato

Fonte: (Tsiropoulos)

In Figura 2.3 è mostrata una previsione delle future vendite globali di batterie li-ion a seconda dei diversi segmenti di mercato, considerando diverse fonti (BNEF), (Avicenne

Energy)). Si specifica che nella voce Electronics si include l'elettronica di consumo per tutti gli studi, ma solo per Avicenne Energy include utensili elettrici e medici.

È stato calcolato nei tre anni di interesse il CAGR² in termini di volume di celle vendute. Questo indica buone prospettive di crescita. A livello globale e nel lungo periodo, le vendite annuali di celle a batteria agli ioni di litio dovrebbero crescere esponenzialmente, raggiungendo valori di mercato di circa 65 miliardi di euro nel 2025, e 200 miliardi di euro entro il 2040, contro i 24 miliardi di euro attestati nel 2017.

2.1 Il mercato attuale dei veicoli elettrici

Il tradizionale motore a combustione interna, alimentato a benzina, diesel, biocarburanti o gas naturali si indica con ICE (Internal Combustion Engine) e costituisce la maggior parte dei veicoli su strada. I veicoli che presentano questo sistema di propulsione, per colpa dei combustibili fossili bruciati per l'alimentazione, rappresentano la maggior forma di inquinamento ambientale dovuta al trasporto.

Per veicoli elettrici (Electric Vehicles EVs) invece si intendono tutti quei veicoli che si muovono con un motore elettrico e che presentano al loro interno una batteria che viene ricaricata collegandosi alla rete elettrica o per frenata rigenerativa. Questa categoria incorpora anche i veicoli che presentano un doppio sistema di propulsione: il motore elettrico ed il motore tradizionale a combustione. Quest'ultimo offre diverse funzioni, quale l'alimentazione della carica della batteria oppure incrementare la distanza di guida percorribile.

Nel panorama dei veicoli elettrici sono presenti diversi modelli e tipologie.

I veicoli elettrici ibridi leggeri (MHEV) sono definiti "ibridi parziali" poiché il motore elettrico non è dotato da solo di potenza sufficiente a muovere il veicolo ma svolge una funzione di supporto al motore tradizionale. Questo tipo di auto non possono viaggiare in modalità soltanto elettrica. Mostrano una batteria con una capacità di circa 1 kWh e

² Il CAGR (Compound Annual Growth Rate) è un tasso di crescita composto che non rappresenta il tasso effettivo di crescita reale ma indica la velocità con cui un investimento può crescere se ciò dovesse avvenire ad un tasso costante.

presentano, tra le diverse tipologie di ibrido, il rapporto costi-benefici più elevato. In effetti, la riduzione stimata di CO₂ è compresa tra il 7 e il 12 per cento con un costo di installazione notevolmente basso e senza necessità di forti modifiche per l'integrazione.

I veicoli elettrici ibridi (genericamente HEV) sono denominati veicoli elettrici “completamente ibridi”. La capacità della batteria è di circa 1-2 kWh e presentano un'autonomia di circa 5 -10 km. Un elemento importante considerato per queste batterie è lo stato di carica minimo (SOC), ossia il minimo livello di scarica che può essere raggiunto senza incorrere in danni permanenti della batteria. Normalmente questo valore per le batterie utilizzate in HEV è di circa 30-50 per cento. L'HEV può essere classificato in base al layout tra ibrido parallelo, ibrido serie e ibrido serie parallelo.

Gli *ibridi paralleli* rappresentano la tipologia di ibrido comune, meglio nota come *HEV*. Possono essere schematizzati da due rami, uno comprendente il motore a combustione interna e l'altro contenente la batteria, il convertitore di potenza ed il motore elettrico. Nei modelli *hybrid* la batteria viene ricaricata attraverso la frenata rigenerativa, un processo in cui il motore elettrico aiuta a rallentare il veicolo e utilizza parte dell'energia normalmente convertita in calore dai freni. Gli HEV iniziano a funzionare con il motore elettrico, quindi il motore a benzina interviene man mano che il carico o la velocità aumentano.

Il layout *ibrido in serie* prende il nome di *Range Extender Electric Vehicle (REEV)*. Questa tipologia di ibrido mostra una connessione in serie tra il motore, la batteria e il motore elettrico. La dimensione del motore a combustione interna può essere molto ridotta, poiché l'energia generata dal motore a combustione interna viene immagazzinata solo all'interno della batteria attraverso un generatore, che viene utilizzato per trasformare l'energia cinetica dell'albero motore in energia elettrica. Il motore elettrico è l'unico componente che fornisce l'energia per il movimento, attingendola dalla batteria. Il motore a combustione interna è quindi utilizzato unicamente per ricaricare la batteria. Presenta diversi svantaggi quali una bassa efficienza energetica a causa delle conversioni energetiche che deve effettuare, l'elevato peso ed alti costi. La presenza del motore endotermico permette quindi di estendere la copertura in caso di scarica della batteria. Presentano un'autonomia di 150 km in elettrico e raddoppiabili con il Range-Extender inserito.

Gli *ibridi in serie parallela* sono soluzioni più complesse che hanno sia il percorso energetico in serie che ibrido, consentendo così di ottenere un sistema estremamente efficiente.

I *veicoli elettrici ibridi plug-in (PHEV)* necessitano di batterie molto più grandi rispetto a quelle installate sugli HEV, con un valore tra 10 - 15 kWh, che consente una modalità di guida elettrica completa di circa 50 km. La riduzione di CO₂ raggiungibile è superiore al 20 per cento. L'architettura di PHEV è molto simile a HEV, ma la loro batteria può essere ricaricata sia con la frenata rigenerativa, sia con la ricarica diretta ad una fonte di alimentazione esterna, attraverso una presa per ricaricare la batteria.

I *veicoli elettrici a batteria (BEV)* sono un tipo di veicolo elettrico che utilizza motori elettrici come unica fonte di energia. Il sistema di accumulo si basa sull'energia chimica immagazzinata in pacchi batteria ricaricabili. Presentano un'autonomia base di 150 - 200 km; i modelli presenti nelle alte fasce di mercato permettono di raggiungere un'autonomia di 500 km.

Infine, i *veicoli elettrici a celle a combustibile (FCEV)* sono veicoli elettrici nei quali la sorgente di energia proviene da una Fuel Cell, ossia una cella a combustibile alimentata ad idrogeno, e non una batteria. L'autonomia del veicolo dipende esclusivamente dalla riserva di idrogeno stoccato a bordo in bombole ad alta pressione o in sistemi fisico-chimici.

Tabella 2 - Principali caratteristiche di EV con sistema di propulsione a batteria parziale o totale

	MHEV	HEV	REEV	PHEV	BEV
Capacità batteria [KWh]	≈1	1 - 2	1 - 2	10 – 15	>15
Riduzione CO2	7 – 12 %	15 – 20 %	15 – 20 %	>20 %	100 %
Autonomia Batteria [Km]	-	5 - 10	5 -150	≈50	>150

2.1.1 La presenza a livello globale

La distribuzione di auto elettriche è cresciuta rapidamente negli ultimi dieci anni, con lo stock globale di autovetture elettriche che ha superato i 5,1 milioni nel 2018 ed un aumento di 2 milioni (63%) rispetto all'anno precedente.

La Cina è rimasta il più grande mercato di EVs al mondo con quasi 1,1 milioni di auto elettriche vendute nel 2018, e con 2,3 milioni di unità in circolazione nello stesso anno, che rappresentano quasi la metà dello stock mondiale (Figura 2.4). In confronto, l'Europa rappresenta il 24% della flotta globale (1,2 milioni) e gli Stati Uniti il 22% (1,1 milioni).

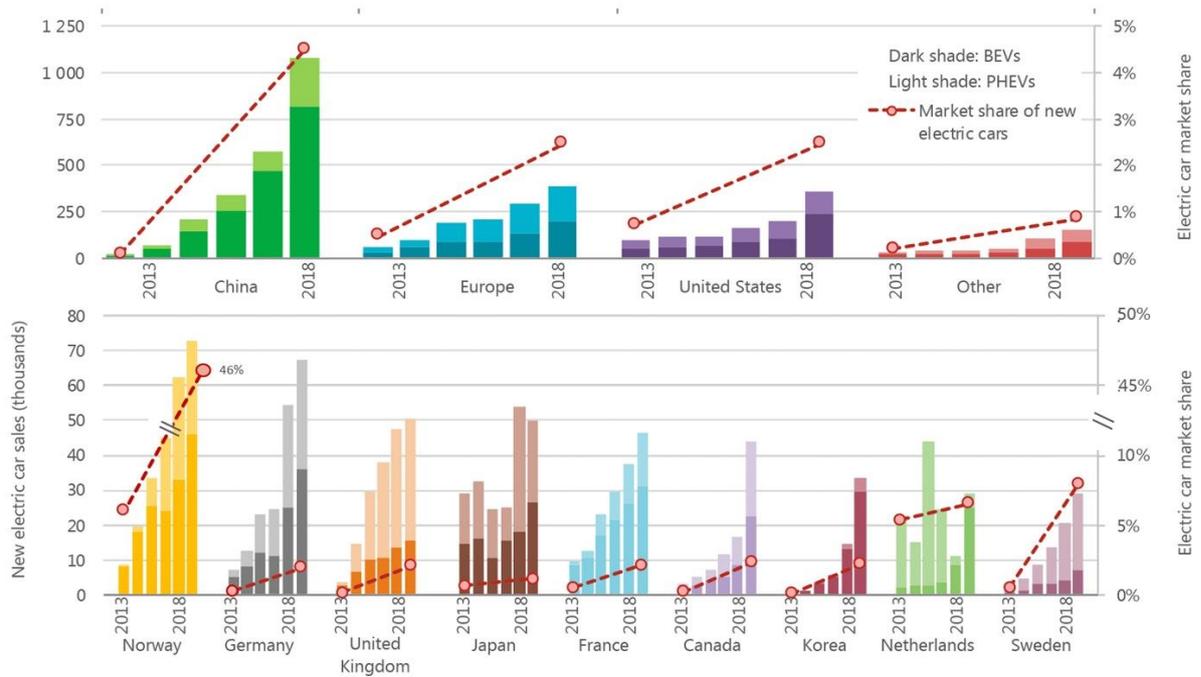


Figura 2.4 - Vendite globali di nuove auto elettriche (BEV e PHEV) e market share

Fonte: (IEA)

Per quanto concerne la tipologia di veicoli elettrici venduti (Figura 2.5), la percentuale di veicoli BEV e PHEV varia a seconda dello Stato considerato e delle politiche incentivanti in essere. I veicoli elettrici a batteria (BEV) rappresentano i due terzi delle vendite totali di veicoli elettrici a livello globale. In Cina infatti, il rapporto di vendita è fortemente orientato verso i BEV, mentre Europa ed USA presentano valori paritari.

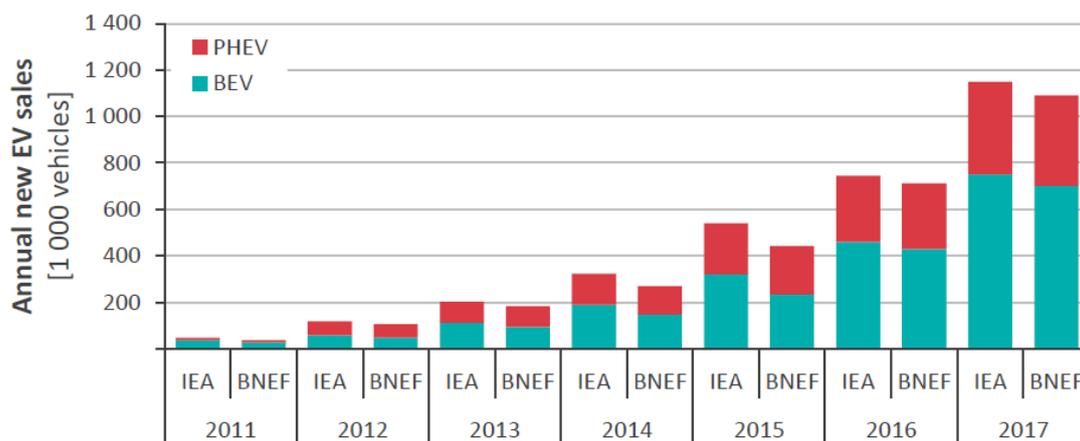


Figura 2.5 - Immatricolazioni mondiali annue EV (BEV e PHEV)

Fonte: (Tsiropoulos)

In mercati specifici, tuttavia, come in Giappone, i PHEV detengono la maggior percentuale (due terzi delle nuove vendite). Questo è cresciuto notevolmente dal 2016 al 2017, registrando un incremento di +155%, confermandosi quarto mercato mondiale e quello maggiormente dinamico.

2.1.2 La presenza europea

In Europa le vendite di veicoli elettrici sono aumentate del 40% nella prima metà del 2018, raggiungendo un numero di EV venduti pari a 195.000. L'incremento della domanda in alcuni paesi europei è da attribuirsi maggiormente ai sistemi di incentivazione adottati nel paese ed alla loro continuità nel tempo. Questi svolgono un ruolo catalizzatore nella distribuzione di EVs.

La Norvegia guida l'elettrificazione in Europa ed è leader mondiale in termini di quota di mercato delle auto elettriche. Attesta infatti una percentuale di vendite di nuove auto elettriche nel 2018 pari al 46%, seguita dall'Islanda con un valore nettamente inferiore pari al 17% ed infine la Svezia con l'8%.

Il secondo mercato europeo è la Germania con un raddoppiamento delle immatricolazioni dal 2016 al 2017 del +117%, sorpassando Gran Bretagna e Francia.

Norvegia, Germania, Gran Bretagna e Francia rappresentano da sole il 70% del totale in Europa (Figura 2.6).



Figura 2.6 - Quota di immatricolazioni di EV in Europa nel 2018

(Politecnico di Milano)

In Europa, i modelli BEV hanno dominato il mercato dei veicoli elettrici fino al 2014. Il numero di modelli disponibili è aumentato costantemente, raggiungendo nel 2014 quasi il doppio del numero di modelli disponibili sul mercato rispetto al 2010.

I modelli PHEV, d'altro canto, hanno visto una presenza iniziale minima con un successivo forte incremento, arrivando nel 2015 a superare i BEV in termini di nuove immatricolazioni e disponibilità dei modelli. Dal 2015 si attesta una quantità venduta di BEV e PHEV approssimativamente uguale (Figura 2.7).

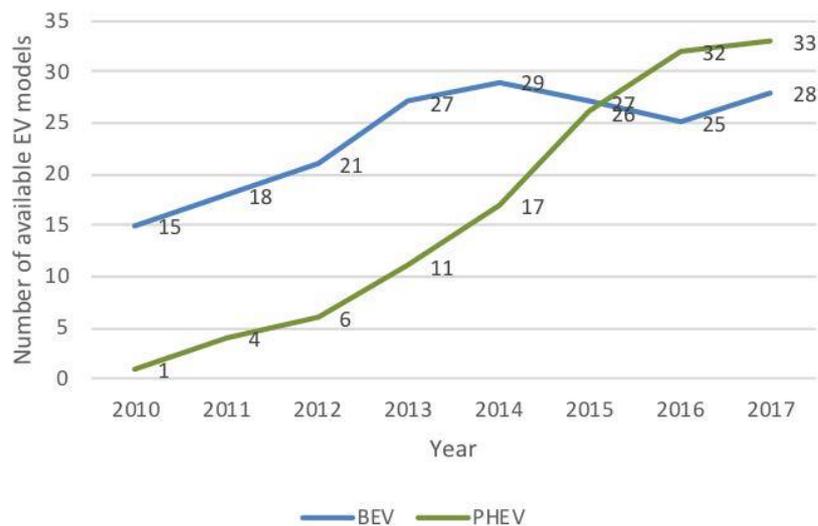


Figura 2.7 - Andamento del numero di modelli di BEV e PHEV disponibili sul mercato

Fonte: (Tsiropoulos)

2.2 Elementi che influenzano la domanda di EVs

Ad oggi, la domanda dei veicoli elettrici dipende da un insieme di variabili in rapido mutamento, che stanno avvicinando il consumatore all'acquisto di un EV, incentivandolo ad una mobilità più sostenibile. In particolare, la riduzione dei livelli di gas ad effetto serra che questa forma di trasporto offre, rappresenta un forte impulso sullo sviluppo a livello globale, accompagnato da politiche, sussidi ed incentivi da parte dei principali governi. Fattori importanti che attraggono il consumatore sono quello economico, quale il Total Cost of Ownership, ossia il costo totale di possesso di un'auto, ed il fattore tecnologico, che include la durata della batteria, la capillarità e l'efficienza dell'infrastruttura di ricarica e la performance del veicolo.

2.2.1 L'inquinamento

Uno dei principali driver che sta spingendo le principali potenze mondiali ad incentivare lo sviluppo dell'elettrico è sicuramente il vantaggio derivante dalla riduzione dei livelli di CO₂ che questa forma di trasporto permette di ottenere.

In particolare, l'Unione Europea è intervenuta per regolare il settore dei trasporti che risulta essere, tra i diversi settori di mercato, uno dei principali responsabili di alte emissioni di CO₂, con livelli in costante crescita (Figura 2.8).

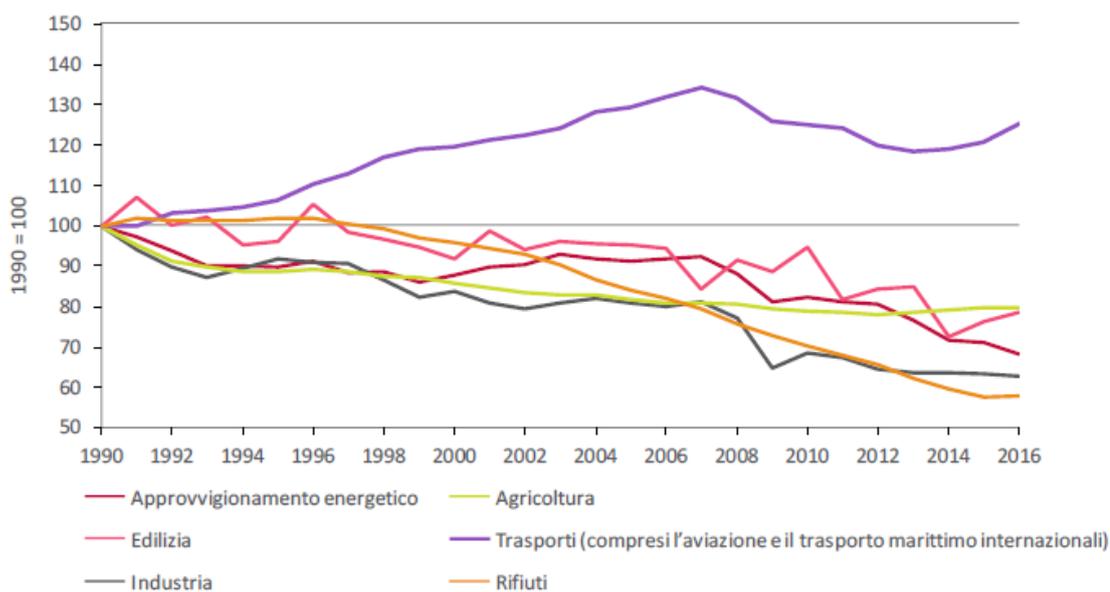


Figura 2.8 - Tendenze di emissioni di gas ad effetto serra in UE per settore

Fonte: (Europa)

L'obiettivo ultimo perseguito dell'UE è la completa decarbonizzazione entro il 2050. Questo può essere ottenuto attraverso lo sviluppo e la diffusione di un forte mercato dei veicoli elettrici a basse emissioni ed al potenziale di elettrificazione offerto ai veicoli leggeri e commerciali, ma anche a mezzi di trasporto più pesanti come aereo o navale. Il reale beneficio sul miglioramento della qualità dell'aria si avrà solo se l'elettricità utilizzata proviene da fonti a basse emissioni di carbonio, ossia da fonti rinnovabili come energia solare, eolica, idroelettrica oppure geotermica. I veicoli elettrici da questo punto di vista offrono un uso efficiente di energia rigenerativa ma presentano livelli di emissioni di CO₂ fortemente vincolati al mix di energia elettrica utilizzato per caricare la batteria. Questo legame è evidenziato in Figura 2.9, dove si osservano i livelli minimi e massimi di emissione di CO₂ consentiti all'omologazione per i modelli BEV ed ICE, rispettivamente nel 2016 e nel 2030. Se l'elettricità necessaria alla ricarica della batteria provenisse esclusivamente da fonti rinnovabili, tali valori sarebbe uguali a zero, invece si prevede che entro il 2030 i modelli BEV annunceranno un livello di emissioni diverso da zero, dovuto proprio alla combinazione di fonti (EU – 28Mix).

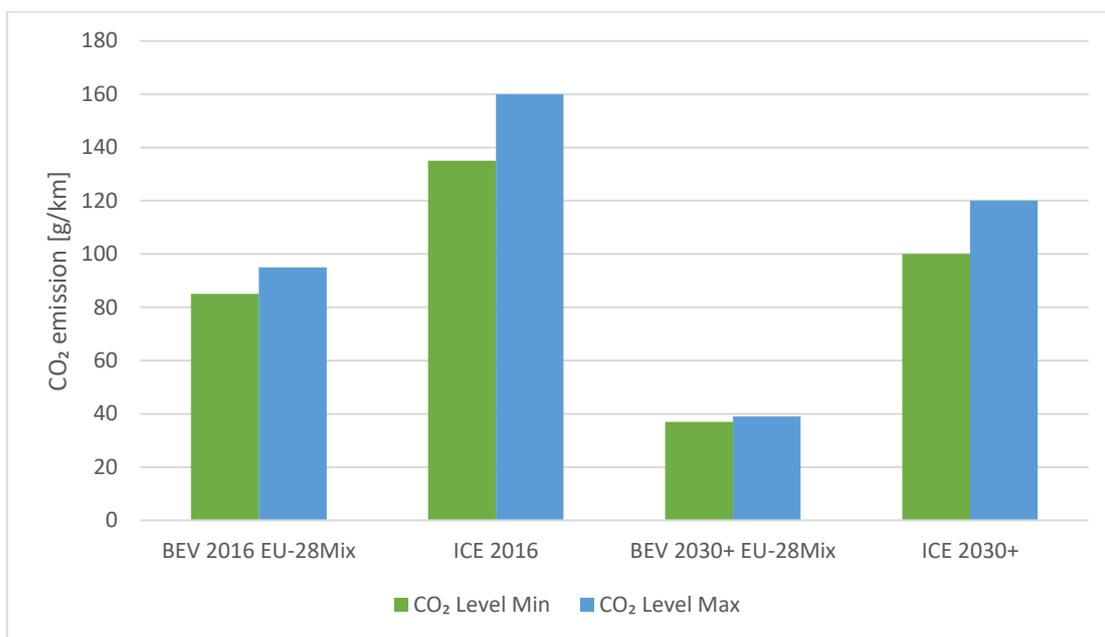


Figura 2.9 - Evoluzione emissioni di CO₂ per BEV ed ICE a seconda del mix di fonti energetiche utilizzato

Fonte: (ERTRAC)

Da più di due decenni l'UE ha stabilito, attraverso due direttive, dei valori-obiettivo per quanto riguarda la quota di energia proveniente da fonti rinnovabili in relazione al consumo finale di energia. Con la direttiva del 2008 stabilisce il target del 20% di rinnovabili entro il 2020 e con la successiva direttiva, del 2018, fissa tale valore al 32% entro il 2030. Queste percentuali comprendono l'energia proveniente da fonti rinnovabili usata per la produzione di elettricità, per il riscaldamento, il raffrescamento e il settore dei trasporti. In particolare, in quest'ultimo settore le percentuali obiettivo sono rispettivamente del 10% entro il 2020 e del 14% entro il 2030.

2.2.2 Le policy dei Governi

Le politiche di sostegno e i sistemi di incentivazione degli Stati e dei Governi sono fondamentali in molti Paesi per sostenere la transizione verso la mobilità a basse emissioni. Le diverse politiche adottate permettono di stimolare la domanda attraverso degli incentivi economici, cercando di ridurre il divario di costo esistente tra i veicoli elettrici e i veicoli ICE meno costosi ed attraverso misure politiche, come tasse di parcheggio, minori pedaggi, restrizioni alla circolazione. Le misure che forniscono incentivi cruciali per lo sviluppo dell'elettrico comprendono gli standard sul risparmio di carburante, le ordinanze per Veicoli

a Zero Emissioni e l'aumento di programmi di appalti pubblici. Ulteriore fattore considerato nell'ambito delle politiche di supporto per aumentare la disponibilità di veicoli elettrici sul mercato riguarda lo sviluppo e la diffusione dell'infrastruttura di ricarica.

Gli sviluppi politici chiave nel 2018/19 a livello mondiale includono:

- Nell'*Unione Europea* sono stati approvati importanti strumenti politici che includono standard di risparmio di carburante per auto e camion, la Direttiva sui Veicoli Puliti che prevede l'aumento di appalti pubblici per autobus elettrici e la Direttiva sugli Edifici a Prestazione Energetica, che stabilisce requisiti minimi per le nuove infrastrutture di ricarica negli edifici di nuova costruzione. Gli incentivi a sostegno del lancio di veicoli elettrici e caricabatterie sono comuni in molti paesi europei.
- In *Cina*, gli sviluppi politici includono le limitazioni degli investimenti in nuovi impianti di produzione di veicoli ICE e proposte per inasprimento del costo medio del carburante per la flotta di veicoli commerciali leggeri. Si avvale inoltre di incentivi differenziati per i veicoli in base alle loro caratteristiche della batteria.
- La strategia automobilistica *giapponese*, attraverso un approccio cooperativo tra le parti interessate dell'industria, mira a ridurre l'80% delle emissioni di gas serra dei veicoli prodotti da case automobilistiche nazionali - compresi i veicoli esportati - da raggiungere entro il 2050, con una combinazione di veicoli elettrici ibridi (HEV, BEV, PHEV e FCEV).
- *L'India* ha annunciato la seconda fase del programma "Faster Adoption and Manufacturing of Electric Vehicles in India" (FAME India). Ha ridotto il prezzo di acquisto di veicoli ibridi ed elettrici, con particolare attenzione ai veicoli utilizzati per il trasporto pubblico o condiviso (autobus e taxi).
- La *Corea* ha incentivato con sussidi nazionali l'acquisto di veicoli a basse emissioni di carbonio. Ciò ha portato un aumento delle vendite di EVs da 32000 veicoli nel 2018 a 57000 nel 2019. Ha utilizzato inoltre strumenti politici tra cui appalti pubblici, sussidi, pedaggi autostradali ridotti e parcheggio pubblico gratuito. Nel 2018 ha annunciato la volontà di aumentare le vendite all'estero ed aumentare la capacità di produzione a oltre il 10% di tutti i veicoli entro il 2022, con un forte sostegno finanziario.

In particolare, in Europa, le registrazioni totali di veicoli elettrici e le quote di mercato osservate nei paesi europei si allineano bene ai livelli di benefici finanziari che

accompagnano il mercato degli EVs, dimostrando che la forma degli incentivi e la sua continuità possono svolgere un ruolo catalizzatore.

In Tabella 4 sono schematizzati i vari tipi di misure di supporto EV identificati in tutti i paesi europei. Oltre alle misure indicate, un impatto positivo o negativo sull'attrattività del mercato elettrico nei diversi Paesi è rivestito dalla differenza tra i prezzi al dettaglio dell'elettricità ed i prezzi di benzina/diesel.

Tabella 3 - Incentivi europei diretti ed indiretti sugli acquisti di nuovi veicoli elettrici

	Impatto	Tipologia di incentivi
INCENTIVI DIRETTI	Acquisto	Riduzione / esenzione fiscale, premio di acquisto, penalità per auto inquinanti
	Tassa/costo annuale	Riduzione / esenzione fiscale
INCENTIVI INDIRETTI	Accesso privilegiato	Accesso gratuito alle corsie per autobus / taxi, divieto di accesso per veicoli inquinanti, riduzione o esenzione dai pedaggi stradali, tasse di parcheggio
	Ricarica	Fornitura di punti di ricarica pubblici (lenti / veloci), ricarica gratuita, condizioni per l'utilizzo di elettricità a basse emissioni di carbonio

Una nuova tecnologia difficilmente è competitiva con quelle esistenti nella fase iniziale e pertanto gli incentivi, se ben dimensionati, possono fungere da strumento di accompagnamento verso la competizione di mercato.

In Europa, i paesi che presentano i più alti numeri di immatricolazioni di EVs applicano degli schemi di incentivi sia diretti che indiretti.

La *Germania*, che è partita leggermente in ritardo rispetto agli altri paesi europei, è adesso seconda per nuove immatricolazioni di veicoli elettrici, grazie a sussidi diretti all'acquisto di BEV o PHEV stanziati dal governo tedesco, oltre all'esenzione della tassa di circolazione per 10 anni dal momento dell'acquisto.

La *Francia* utilizza maggiormente la forma di aiuti diretti all'acquisto, erogando ulteriori finanziamenti se l'acquisto di un EVs è in sostituzione di un veicolo diesel con più di 11 anni di vita.

La *Norvegia* è il paese europeo maggiormente attivo con politiche su forme di trasporto a basse emissioni, con sussidi diretti (riduzione dell'IVA al momento dell'acquisto) ed indiretti (accesso gratuito o a prezzo agevolato a parcheggi, traghetti...). È tra i primi paesi a disincentivare l'acquisto di veicoli tradizionali attraverso il principio "polluter pays", ossia "chi inquina, paga". Questo si traduce in maggior imposte annuali di circolazione per veicoli più inquinanti: con questo sistema, chi possiede vetture maggiormente inquinanti, paga una tariffa maggiore, coprendo così la quota di chi possiede veicoli zero-emissioni, riducendo il costo per lo Stato e favorendo al tempo stesso l'acquisto di veicoli elettrici. Il governo norvegese sta inoltre adottando una politica lungimirante per quanto riguarda le infrastrutture di ricarica, elemento necessario per uno sviluppo senza precedenti di questa nuova tecnologia.

Dal punto di vista dei produttori di autoveicoli, per non incorrere nel pagamento di una penale, devono rispettare gli obblighi normativi in merito ai livelli di emissione. Questi possono dunque prendere una decisione di compromesso: accettare una sanzione o assorbire il costo per abbassare il livello di emissione della flotta. A seconda delle penalità imposte nel 2020 in UE, Stati Uniti e Cina, si evidenzia che con alta probabilità le case automobilistiche si troveranno in una posizione migliore se adottano un approccio per "rispettare" i livelli obbligatori ed evitare così penalità (Figura 2.10). In termini pratici, ciò si tradurrebbe in investimenti in tecnologia di abbattimento del biossido di carbonio (ad es. tecnologia di miglioramento dell'efficienza ICE, ibridazione ed elettrificazione) ed infrastruttura di supporto EV.

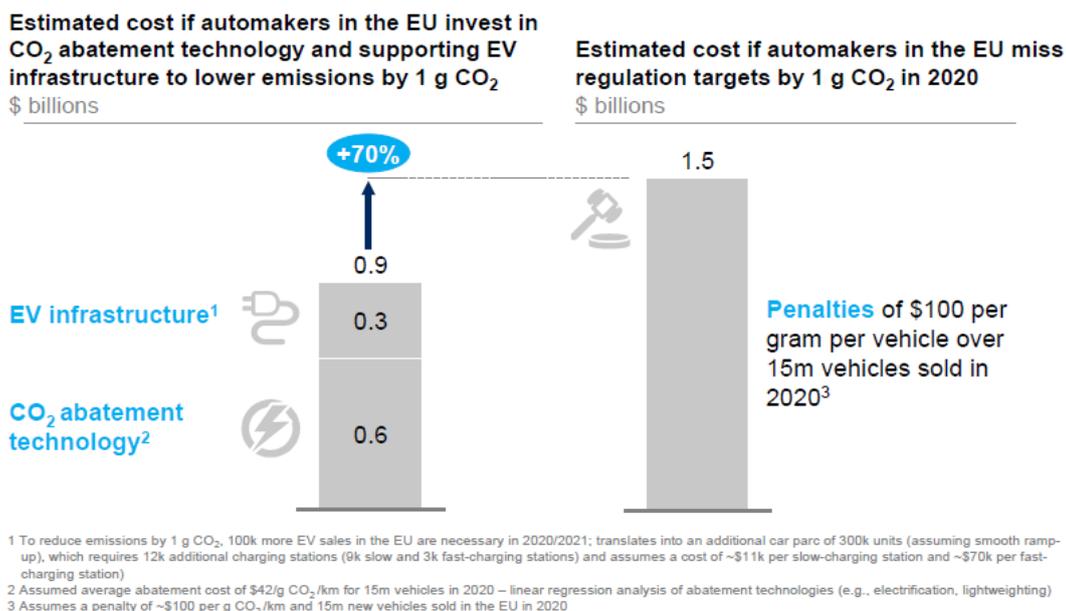


Figura 2.10 - Due diverse strategie di costo che gli OEM europei possono intraprendere

Fonte: (Stefan M. Knupfer)

Nonostante a livello globale vi sia il desiderio politico di orientare il mercato verso l'elettrico, i programmi di incentivazione devono essere applicati con prudenza e cautela. Il rischio è che predeterminino le modalità di comparsa dei veicoli elettrici, che assegnino maggior importanza ai BEV piuttosto che ai PHEV o viceversa, o che creino squilibri competitivi tra le case produttrici.

In una fase iniziale della tecnologia, i sussidi all'acquisto permettono di spingere la domanda, ma devono essere elargiti solo nel momento in cui la tecnologia raggiunge elevata maturità per poter dunque essere assorbita dal mercato. Nel caso in cui questi venissero erogati troppo presto, in assenza di un'adeguata rete infrastrutturale, si potrebbero nascondere futuri costi elevati ed effetti negativi della tecnologia.

2.2.3 Il Total Cost of Ownership

Il Total Cost of Ownership (TCO) calcola il costo di un veicolo, lungo tutta la sua vita utile. Comprende il prezzo di acquisto di un'auto, i costi di manutenzione, il carburante, i costi dell'infrastruttura e possono anche essere inclusi i costi assicurativi e finanziari.

Attualmente, le stime della differenza del TCO di EV rispetto a quello dei veicoli ICE si differenziano a seconda di variabili quali: tipologia del sistema di propulsione, modello

dell'auto, in base ai chilometri annui percorsi, in base al prezzo del carburante e dell'elettricità ed infine da una relazione di queste ultime due variabili.

L'elemento che maggiormente influenza il TCO è il *costo d'acquisto* di un EV, dove la percentuale più rilevante di costo è attribuita alla batteria. Il costo della batteria è l'elemento che attualmente rappresenta il maggior differenziale di prezzo con un veicolo ICE e, come verrà analizzato nei prossimi capitoli, è destinata a diminuire nel tempo.

Analizzando maggiormente nel dettaglio i costi relativi alla produzione di un EV nel segmento piccole – medie dimensioni e ponendoli in relazione con quelli previsti per un ICE si evidenzia un incremento di costo di produzione di 12.000\$, ed il maggior peso, circa l'80%, è attribuito alla batteria (Figura 2.11).

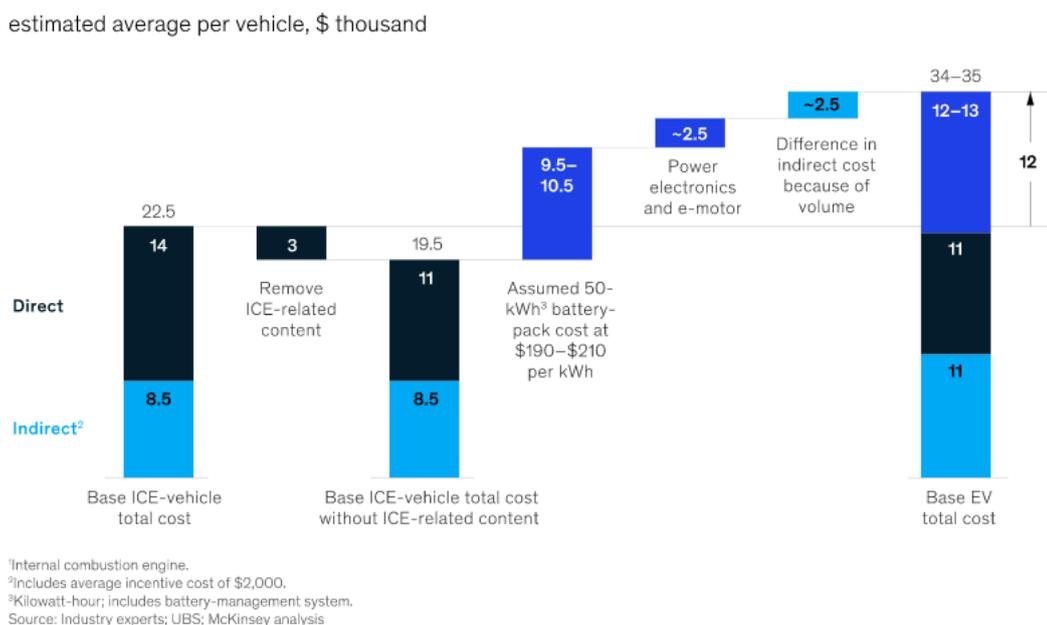


Figura 2.11 - Confronto tra il costo di produzione di un veicolo ICE ed un EV nel 2019

Fonte (McKinsey & Company)

Le case automobilistiche fanno fatica a recuperare questi costi solo attraverso un margine sul prezzo finale, con il risultato che, a parte alcuni modelli premium, gli OEM³ rischiano di perdere denaro nell'immediato presente, su quasi tutti i veicoli elettrici venduti. Quest'ultimi

³ OEM: Original Equipment Manufacturer, all'interno del value system del settore Automotive, a differenza della traduzione letterale dell'acronimo, indica la società che fornisce il prodotto finito, in questo caso i produttori di autoveicoli.

non possono però invertire tale tendenza poiché dovranno rispettare politiche sulle emissioni sempre più stringenti.

Gli OEM sperano che il punto di inversione della tecnologia si possa verificare entro il 2025 e che il settore diventi profittevole assorbendo le perdite. Questa previsione è analizzata in figura 2.12, dove sono elencati i diversi fattori che interverranno. In particolare, il peso maggiore è da attribuirsi alla riduzione del prezzo del pacco batteria spinto da un progresso tecnologico nella chimica delle batterie, nelle tecnologie produttive e da una forte economia di scala. Ulteriori elementi di riduzione del prezzo sono una maggiore efficienza delle batterie, economia di scala ed integrazione verticale per il motore elettrico e l'elettronica di potenza, aumento dei volumi di produzione e della produttività con conseguente riduzione dei costi indiretti.

Questi elementi potrebbero ridurre i costi di un veicolo per un valore da 5.100\$ a 5.700\$. Un OEM potrebbe dunque arrivare ad un pareggio di costi tra EV ed ICE entro il 2025 con un margine di profitto variabile dal 2 al 3 per cento per veicolo. Questo scenario è stato formulato non considerando possibili premi pagati dai consumatori oppure sussidi elargiti dai Governi.

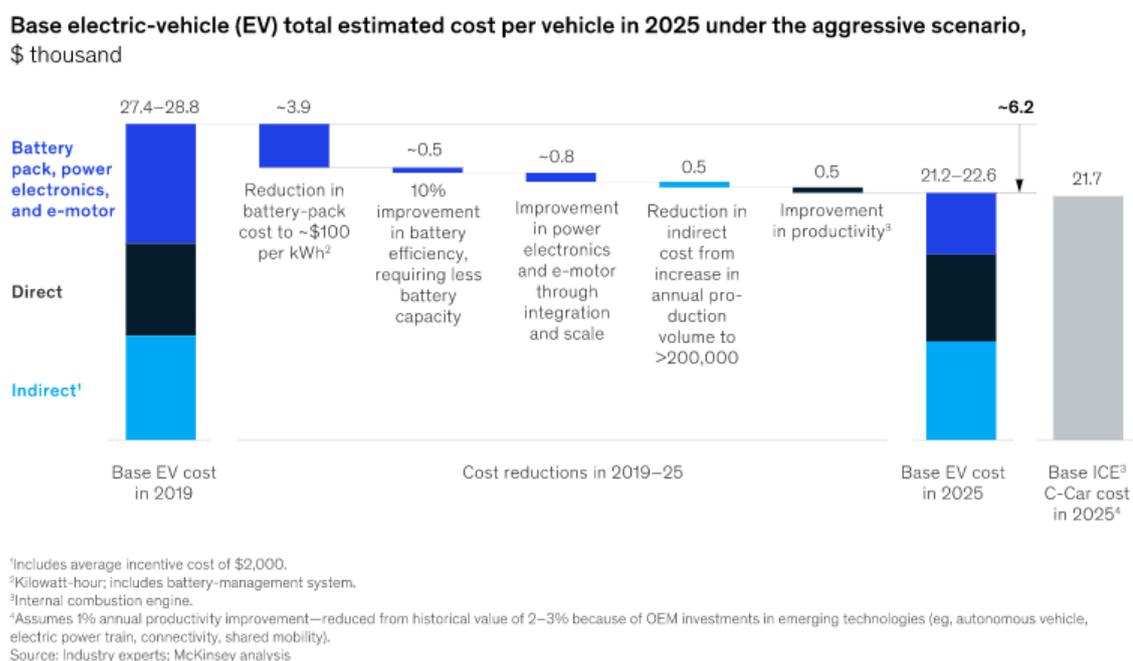


Figura 2.12 – Confronto tra il costo stimato di un EV ed un veicolo ICE nel 2025

Fonte: (McKinsey & Company)

Un fattore che incide fortemente sul TCO di un veicolo elettrico è la *distanza percorsa dagli individui ogni anno*, poiché, posto in relazione con il minor costo dell'elettricità rispetto alle normali forme di combustibile utilizzate, assegna un vantaggio economico alla mobilità elettrica rispetto alla forma tradizionale.

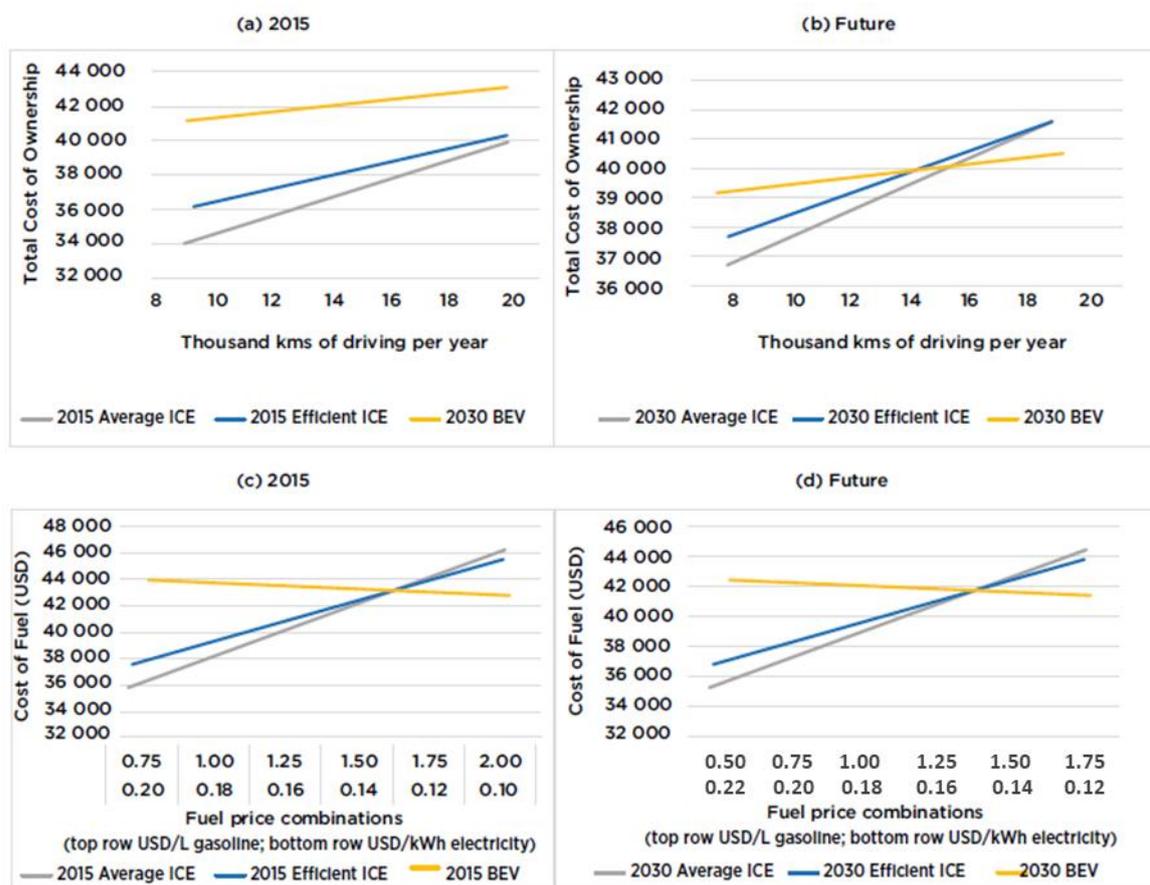


Figura 2.13 - Relazione tra tre sistemi di propulsione con TCO e distanza annua percorsa (a-b) e sulla base del costo di benzina ed elettricità (c-d)

Fonte: (IRENA)

Attraverso un confronto annuo svolto dal report (IRENA), che pone a confronto tre diverse tipologie di veicoli, un ICE convenzionale, un ICE efficiente sotto forma di non-plug-in hybrid e BEV in due diversi periodi, attuale e prossimo futuro (2020 – 2025).

Nella prima analisi (Figura 2.13/a) si può notare come i veicoli elettrici mostrino un TCO nettamente superiore rispetto ai veicoli ICE tradizionali ed ibridi. Il costo netto aumenta per tutte e tre le tipologie di veicolo con l'aumento dei chilometri percorsi e non si raggiungerà mai la parità di costo (break even point), anche per gli utenti viaggiatori che superano i 20.000 Km/anno.

Nel successivo grafico (Figura 2.13/b) si ha la medesima situazione in data futura (2020 – 2025), entro la quale si prevede una diminuzione del costo dei veicoli elettrici ed il punto di breakeven sul TCO totale si raggiunge con un range di guida di 15.000 km.

La Figura 2.13/c e la Figura 2.13/d mostrano questi punti di pareggio in una diversa ottica, sulla base del costo relativo di benzina (o diesel) ed elettricità.

In questa analisi si assume il caso di un guidatore che percorre 16.000 km all'anno e sono confrontate le tre opzioni per il 2015 (Figura 2.13/c) e il 2030 (Figura 2.13/d) attraverso una serie di diverse combinazioni di prezzo del carburante. Nel 2015, con le ipotesi relative alle tecnologie e ai costi dei veicoli, si verifica un punto di pareggio in una combinazione di circa 1,50 USD⁴ / litro per la benzina con 0,14 USD / kWh per l'elettricità. Nel 2030, con le variazioni dei costi degli EV, il punto di pareggio è molto più interessante per i veicoli elettrici: 1,25 USD / litro abbinato a 0,16 USD / kWh.

Queste cifre sono semplicemente esempi di possibili punti di pareggio e mostrano l'ampia gamma di relativi economici a seconda di una serie di fattori. Suggestiscono anche che i punti di pareggio potrebbero diventare molto più favorevoli per i veicoli elettrici in futuro.

In Tabella 3 è mostrata una classifica del minor TCO nei principali Paesi, calcolato sulla base delle due variabili precedentemente analizzate. Questa analisi conferma il predominio della Cina nel mercato dei veicoli elettrici rispetto al tradizionale, grazie al suo minor costo dell'elettricità, maggior costo del carburante e maggior numero di chilometri percorsi annualmente dai guidatori.

In Europa, l'alto costo dell'elettricità e il minor uso dei veicoli rispetto a Cina e Stati Uniti comporta un rallentamento nell'adozione di EV, con una previsione di maggior sviluppo entro il 2025.

⁴ Con la sigla USD si indica il dollaro americano

Tabella 4- Relazione del TCO per Paese in base alla distanza percorsa e al costo carburante/elettricità. Fonte: (BCG)

	CHINA	US	EU	JAPAN
Gas-to-electricity ratio	47.5	20.8	15.8	16.0
\$/gallon ¹	3.80	2.50	5.70	4.16
\$/kWh	0.08	0.12	0.36	0.26
Number of miles driven	12,460	13,671	9,012	5,594
Lowest TCO for xEVs	1st	2nd	3rd	4th

China provides the most favorable combination of energy prices and mileage for xEV penetration

Sources: US Energy Information Administration; energy.gov; BCG analysis.
¹Assumes a price of \$60 per barrel.

2.2.4 Il comportamento del consumatore

Un ultimo elemento che influenza la domanda dei veicoli elettrici è il comportamento del consumatore e la sua propensione all'acquisto. A seguito di un'indagine condotta da UK Research and Innovation (Figura 2.14), si sono evidenziate le variabili che i consumatori considerano al momento dell'acquisto di un EV e che possono rappresentare delle barriere nella crescita della domanda. Le principali sono:

- Il costo d'acquisto
- La durata della batteria (Vehicle Range)
- La disponibilità e lo sviluppo dell'infrastruttura di ricarica
- I costi di manutenzione
- La performance del veicolo e la driving experience

Alcune di queste barriere derivano da delle credenze sbagliate da parte del consumatore.

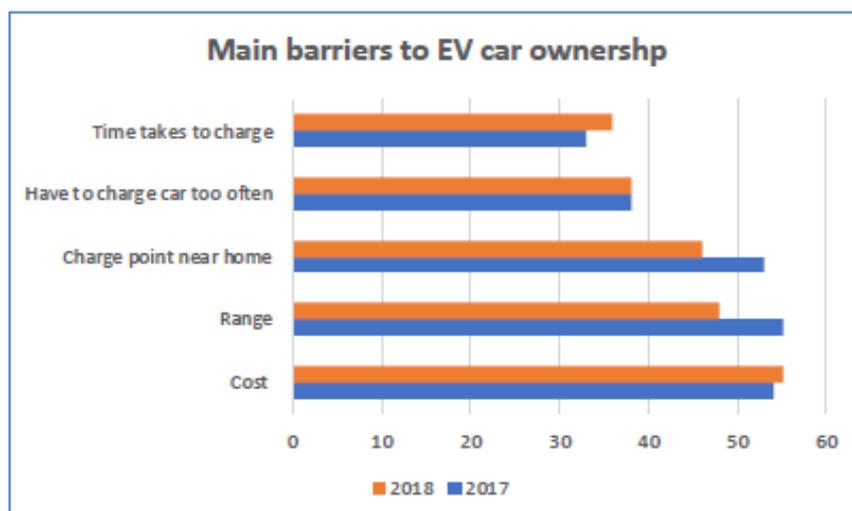


Figura 2.14 - Principali barriere considerate al momento dell'acquisto di un EV

Fonte: (UK Innovation Strategy)

Come visto in precedenza, l'elevato *costo d'acquisto* dei veicoli elettrici, dovuto al maggior costo delle batterie, rappresenta la principale barriera allo sviluppo di questa tecnologia. Come si vede dall'analisi condotta su due anni, 2017 e 2018, la percentuale di individui che continua a ritenere il costo dei veicoli elettrici troppo elevato aumenta, attestandosi intorno al 55% del campione.

Il *Vehicle Range* cresce parallelamente all'evoluzione del pacco batterie dell'EV e della produzione di massa; inoltre i produttori di veicoli elettrici stanno offrendo garanzie per elevati chilometraggi ed elevati anni di utilizzo.

L'*infrastruttura di ricarica* è cresciuta sia da un punto di vista tecnologico, aumentando la velocità di una singola carica, che da un punto di vista di diffusione, come numero di nuovi punti di ricarica installati. A livello globale, il numero di punti di ricarica aggiornato alla fine del 2018 risulta essere approssimativamente 5,2 milioni, ed è cresciuto del 44% rispetto all'inizio dell'anno. La maggior parte di questi investimenti riguardano i punti di ricarica privati, rappresentando oltre il 90% degli 1,6 milioni di installazioni dell'anno scorso. Entro il 2030, negli Stati Uniti, in Cina ed in Europa, si prevede un incremento delle installazioni, raggiungendo una quota pari a 42 milioni. Si stima che il settore possa raggiungere un valore pari a 50 miliardi di dollari.

Il maggior Vehicle Range ed uno sviluppo dell'infrastruttura di ricarica permettono di superare una rilevante barriera dell'adozione da parte del consumatore: la *range anxiety*, ossia l'ansia del guidatore "terrorizzato" dalla limitata autonomia della batteria e la scarsità di punti di ricarica nelle sue vicinanze.

Per quanto riguarda i *costi di manutenzione*, questi potrebbero essere inferiori rispetto ai costi sostenuti per veicoli che presentano un motore a combustione, poichè gli EVs presentano un numero di parti mobili minore.

Un'ulteriore credenza sbagliata riguarda la *performance del veicolo* e l'*esperienza di guida*. I veicoli elettrici infatti offrono elevate prestazioni ed elevati livelli di accelerazione grazie all'aumento delle prestazioni del motore.

Da queste credenze sbagliate sulla mobilità elettrica si capisce l'importanza di svolgere campagne informative in modo da avvicinare il potenziale acquirente ad una reale valutazione delle caratteristiche della guida elettrica, senza stereotipi o falsi miti.

2.3 Gli OEM e la loro strategia "elettrica"

I diversi OEM a livello mondiale hanno affrontato le barriere tecnologiche e finanziarie presenti in questo nuovo segmento di mercato e sviluppato strategie alternative. Questo ha permesso loro di soddisfare una domanda crescente dei consumatori e dimostrare impegno nella decarbonizzazione del trasporto su strada, sviluppando nuovi modelli di veicoli elettrici e celle a combustibile, competitivi e ad alte prestazioni.

2.3.1 Le barriere per gli OEM

L'introduzione di un nuovo veicolo sul mercato è un'impresa di ricerca e sviluppo di massa che richiede molto tempo con un time to market che va dai 4 ai 7 anni. In un mercato globale in rapida evoluzione dei veicoli elettrici, i produttori automobilistici che non sono pronti a reagire alle tendenze del mercato e alle richieste dei clienti possono perdere il proprio vantaggio competitivo. D'altra parte, esistono grandi opportunità per coloro che sono disposti a rispondere rapidamente ai cambiamenti. In generale, le maggiori sfide che gli OEM devono affrontare per essere competitivi in questo mercato emergente e dinamico sono:

- La *barriera della batteria*, che come precedentemente delineato, rappresenta l'ostacolo maggiore soprattutto in termini di redditività. È stato eseguito un approfondimento in merito nel successivo capitolo dell'elaborato.
- La *trappola del compromesso*: gli Automakers⁵ dovranno decidere se investire nella nuova tecnologia dell'elettrico, oppure continuare a puntare su tecnologie di combustione. Se decideranno di tardare l'investimento nell'elettrificazione, si otterrà una maggiore efficienza dei veicoli ICE ma rendimenti decrescenti.
- *Crunch del capitale*: i costruttori di automobili dovranno selezionare in maniera ottimale come allocare i diversi capitali a seconda dei megatrend che si stanno sviluppando sul mercato, quali veicoli ICE maggiormente performanti, veicoli elettrici, mobilità autonoma, condivisa e connessa. Questo genererà ritardi negli investimenti necessari per nuovi impianti, R&D e strategie di mercato per l'elettrico. Inoltre, un elevato ROI⁶ dei veicoli ICE rende poco attraente la proposta elettrica nel breve termine.

Data la crescente domanda di innovazione su più fronti, le case automobilistiche dovranno analizzare in modo approfondito come sfruttare al meglio le risorse umane e di capitale limitate.

- *Mancata corrispondenza domanda/offerta*: la mancanza di investimenti nelle piattaforme EV in una vasta gamma di modelli di veicoli sta perpetuando una mancata corrispondenza tra domanda e offerta, un ciclo difficile da interrompere. Gli attuali modelli EV più venduti si sono concentrati sul mercato dei consumatori premium meno sensibile ai prezzi; tuttavia oggi esistono poche alternative EV per i consumatori più interessati ai SUV e ai crossover basati su auto di piccole dimensioni.

2.3.2 La strategia passata e futura

Gli OEM hanno dovuto e stanno affrontando diverse sfide per determinare la giusta strategia verso il nuovo mercato dell'elettrico. Dovranno instaurare nuovi rapporti con fornitori, o

⁵ Il termine Automakers viene utilizzato come sinonimo di casa automobilistica, produttore o costruttore di autoveicoli oppure OEM.

⁶ ROI (Return on Investment) è l'indice di redditività del capitale investito. Esprime la capacità dell'azienda di generare reddito da un capitale investito, segnalando una gestione efficiente.

modificare quelli già in essere per la progettazione e la produzione di ibridi e BEV in parallelo con i veicoli a combustione già esistenti.

Per molti produttori di auto questo è un nuovo mercato nel quale entrare, mentre altri hanno già dimostrato di potersi innovare. In Figura 2.15 è indicata una panoramica delle quote di registrazione dei primi modelli BEV introdotti in Europa tra il 2010 ed il 2017 dai principali OEM.



Figura 2.15 - quote di registrazione dei modelli BEV introdotti in Europa – Fonte: (Tsiropoulos)

Nei primi anni, dall'introduzione dell'elettrico, spiccano sul mercato modelli BEV quali Tesla Roadster e Volvo C30EV, non venduti dopo il 2012, e Mercedes Classe A E-cell, venduta l'ultima volta nel 2013. Questo fornisce un'indicazione del *model cycle effect* osservato nel tempo, ossia il verificarsi di picchi di registrazioni entro il secondo o terzo anno dal lancio sul mercato di modelli specifici, con un successivo rapido decremento di registrazioni. Questo fenomeno può essere osservato in casi quali Ion, C-Zero o I-Miev. Si possono anche osservare eccezioni come il caso di Nissan Leaf e Renault Zoe che presentano ancora registrazioni in aumento. Per Zoe questo aumento è dovuto all'introduzione di una batteria aggiuntiva con capacità molto più elevata rispetto alla prima batteria.

Per quanto concerne l'opzione PHEV, come già visto precedentemente, presenta negli ultimi anni una quota di vendita in Europa molto più elevata rispetto l'elettrico a batteria puro. È però interessante notare come il turnover di modelli EV, ovvero il numero di modelli che sono apparsi e scomparsi nell'intervallo 2010-2017 risulta essere molto più elevato per i BEV rispetto che PHEV. Una motivazione può risiedere in una scelta strategica degli OEM, che hanno deciso di lanciare modelli BEV solo per acquisire esperienza.

In futuro, gli elementi strategici importanti analizzati saranno *l'innovazione* e la *differenziazione*. Rappresenteranno una sfida crescente nel settore, soprattutto per i BEV che presentano un pacco batteria difficile da innovare e nei quali potenza ed autonomia del veicolo sono in funzione della dimensione e quindi di difficile diversificazione. Saranno dunque richiesti ingenti sforzi in R&D per poter guadagnare visibilità.

La differenziazione risulterà dunque fondamentale: ai consumatori piace avere una vasta scelta nella tipologia di veicolo e nelle sue caratteristiche, inclusi design e prestazioni. Tesla ha dimostrato che i BEV possono essere molto distintivi, specialmente nel segmento premium. GM, Nissan, Toyota e Honda hanno lanciato sul mercato BEV e ibridi differenziati. La progettazione e produzione di veicoli differenziati e di alta qualità su vasta scala è qualcosa in cui i principali OEM sono bravi e questo continuerà a essere una capacità essenziale per i produttori di automobili. Tuttavia, i BEV riducono le barriere all'ingresso per la produzione di veicoli in quanto utilizzano componenti più apertamente disponibili rispetto ai veicoli ICE.

Le aziende devono determinare la loro strategia di produzione, ossia individuare quali componenti aggiungono valore e decidere dunque se fabbricarli internamente o

esternalizzarli. La Toyota, ad esempio, sta costruendo i propri motori di trazione. Per impostare questa strategia sarà necessario considerare i requisiti normativi, il calo dei costi di elettrificazione e l'aumento della domanda dei consumatori, in modo da poter aumentare nel giusto momento la produzione di EVs

Un'ulteriore strategia che gli OEM dovranno determinare sarà quella di vendita, che risulterà particolarmente complessa soprattutto negli anni di transizione tra il 2020 ed il 2025. Dovranno impostare una giusta fascia di prezzo in modo da convincere i clienti all'acquisto di un numero sufficiente di EV che permetta di soddisfare le normative, attraverso incentivi, aumentando il costo dei veicoli ICE o una combinazione delle due.

2.4 L'evoluzione del mercato

Dopo aver esaminato i diversi elementi che intervengono sulla domanda finale di auto elettriche e le azioni che i produttori automobilistici attueranno per seguire questo nuovo trend, si effettua una previsione sul futuro andamento nel mercato a livello mondiale ed in particolare in Europa.

L'UE, come verrà definito in seguito, è tra i leader mondiali nella produzione automobilistica ma sta attraversando un periodo di forte instabilità a causa dell'elemento necessario allo sviluppo dell'elettrico: la batteria. L'Unione Europea ha infatti una base di produzione in tutti i segmenti della catena del valore della batteria, ma è lungi dall'essere autosufficiente. Nei materiali grezzi e trasformati, nei segmenti della catena del valore della produzione di componenti cellulari e celle l'Europa detiene una quota minore del mercato, mentre nei segmenti di produzione e riciclaggio di imballaggi e veicoli l'Europa è tra i leader del mercato.

2.4.1 Il futuro mercato globale

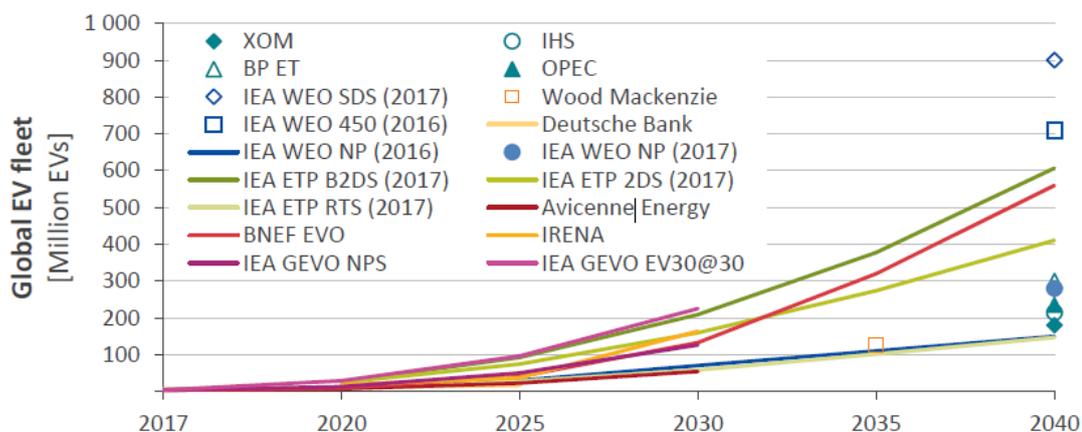


Figura 2.16 - Proiezione di crescita della flotta EV

Fonte: (Tsiropoulos)

In Figura 2.16 sono indicate previsioni di crescita della flotta elettrica globale, confrontando proiezioni di diverse ricerche e studi.

Si vede come entro il 2030, il valore più basso è di circa 50 milioni di veicoli e la stima più alta è 4 volte superiore (225 milioni di veicoli elettrici). La proiezione più bassa riflette le ipotesi di sviluppo della tecnologia di riferimento, catturata dallo scenario RTS dell'International Energy Agency (IEA) sulle tecnologie energetiche. La massima proiezione invece, riflette l'ambizione che i veicoli elettrici cattureranno il 30% della quota di mercato globale di tutti i veicoli.

Entro il 2040, per la maggior parte degli studi, il volume aumenta attestandosi a circa 150 milioni di veicoli elettrici. In scenari più ambiziosi che comprendono la decarbonizzazione, il miglioramento dell'accesso all'energia e della qualità dell'aria raggiunge i 900 milioni di veicoli elettrici (scenario IEA di World Energy Outlook SDS).

Gli studi si differenziano l'uno con l'altro sulla base del tipo di variabili considerate nella previsione. Tuttavia, anche nell'ottica più pessimista la flotta si moltiplicherà per un fattore pari a 50 entro il 2040, rispetto ad oggi.

L'analisi svolta da Boston Consulting Group⁷ (Figura 2.17) mostra l'evoluzione del mercato entro il 2030, motivando i driver della crescita della domanda di EVs e ponendoli a confronto con la diminuzione del motore a combustione interna a benzina e diesel.

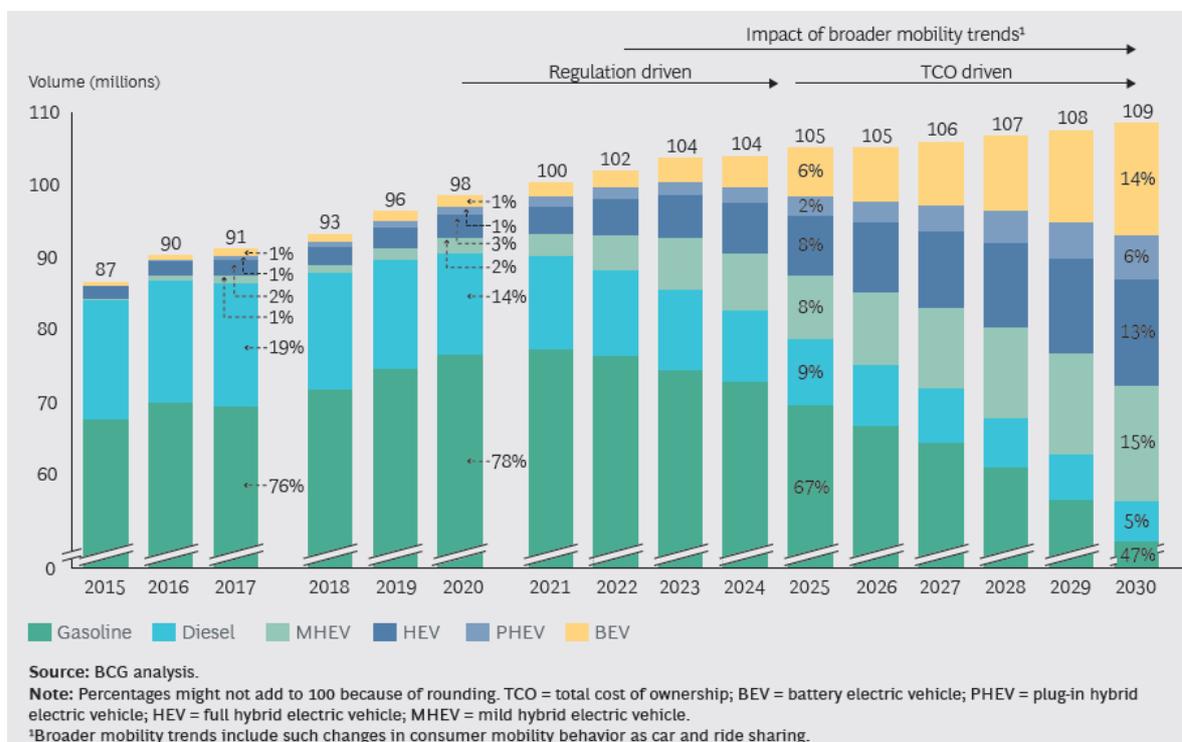


Figura 2.17 – Proiezione delle vendite globali di EV - BCG

In particolare, la velocità del cambiamento in aree quali tecnologia, regolazione e Total Cost of Ownership dei consumatori, si prevede avverrà in tre fasi e in circa 12 anni. L'ICE continuerà ad essere il propulsore dominante nella prima fase della transizione, almeno fino al 2020, durante la quale si avrà l'adozione limitata di veicoli elettrificati o completamente elettrici.

In questo periodo i prezzi dei veicoli elettrificati rimarranno elevati, nonostante gli incentivi e risulterà poco attraente per i consumatori. Inoltre, i produttori riusciranno a soddisfare le normative sulle emissioni del 2020 con progressi nella tecnologia ICE. I veicoli elettrificati disponibili in questa fase saranno principalmente ibridi (MHEV, PHEV ed HEV), permettendo quindi di prolungare la vita del motore a combustione.

⁷ Fonte: (BCG)

La seconda fase, 2021 – 2025, sarà *regulation driven*, ossia spinta dalla regolazione. Gli OEM non saranno più in grado di soddisfare i mandati normativi senza un significativo aumento nelle vendite di veicoli elettrici, ma i consumatori non saranno ancora pronti al cambio di tecnologia a causa del TCO troppo elevato. È dimostrato che il Governo degli Stati Uniti e dell'UE richiederanno agli OEM di vendere rispettivamente 11,8 milioni e 3,5 milioni in più di elettrici puri ed ibridi, rispetto alla disponibilità di acquisto dei consumatori. Questi cercheranno di soddisfare i requisiti normativi riducendo la quota di mercato complessiva dei veicoli ICE dal 95% nel 2020 al 66% nel 2025. Le aziende commercializzeranno più MHEV e BEV perché questi propulsori inizialmente forniranno il modo più efficace per soddisfare i requisiti più severi. I MHEV hanno costi di produzione relativamente bassi e possono essere adattati alle piattaforme dei veicoli attuali. Si ipotizza che la loro quota di mercato si espanderà a quasi il 20% nel 2023. Successivamente, i BEV diventeranno la soluzione più efficiente; con la diminuzione dei costi della batteria, la loro quota dovrebbe espandersi rapidamente da quasi il 2% nel 2020 all'8% nel 2025.

La terza fase infine, 2025 – 2030, sarà *TCO driven*, ossia guidata dalla diminuzione del costo totale di proprietà dell'auto. Tuttavia, altri vincoli che rallenteranno l'adozione dei veicoli puramente elettrici saranno l'autonomia dei BEV e l'infrastruttura delle stazioni di ricarica. I consumatori prendono decisioni razionali sui grandi acquisti, come quello di una nuova auto, e con il diminuire del costo della batteria, aumenterà la loro recettività verso l'EV poiché l'elettricità costa meno della benzina. Se i costi di produzione continueranno a diminuire si prevede che la quota di EV passerà dal 25% nel 2025 al 50% nel 2030. In particolare, la quota di BEV sarà del 6% nel 2025 e del 14% nel 2030, con la Cina e l'UE in testa ma continueranno a dominare gli ibridi, conquistando circa un terzo del mercato mondiale.

2.4.2 Il futuro mercato europeo

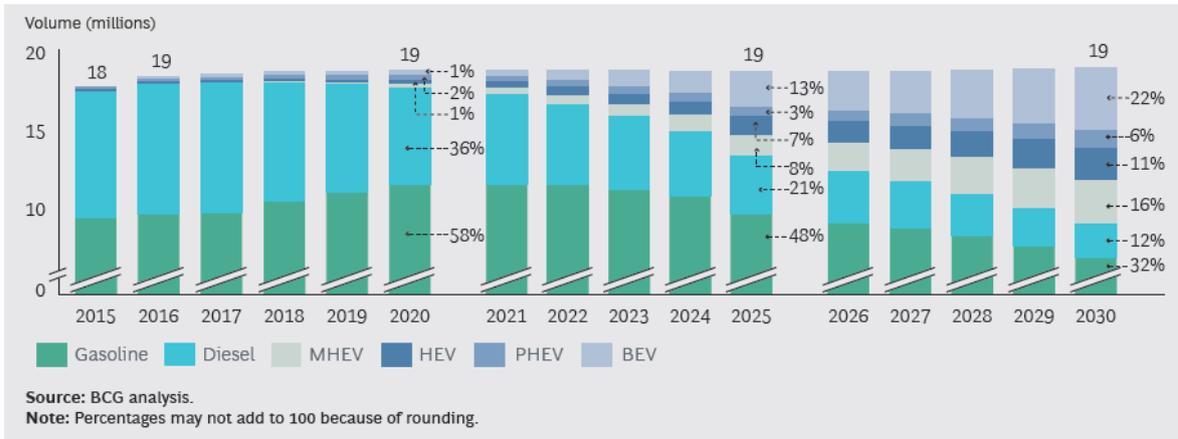


Figura 2.18 - Proiezione delle vendite in Europa di EV - BCG

Un cambiamento importante e tra i maggiori a livello globale avverrà in Europa, dove i motori diesel detenevano il 48% del mercato nel 2016 e hanno iniziato un declino relativamente rapido con una quota prevista del 36% entro il 2020 (Figura 2.18). Questo è dovuto soprattutto alla stringente regolamentazione vigente in UE e dunque ai costi che le case automobilistiche devono sostenere per soddisfare i requisiti di emissioni imposti a livello comunitario.

Le norme europee inoltre, stanno incentivando notevolmente lo sviluppo dell'elettrico, fornendo un effetto moltiplicatore ai BEV, essendo la tecnologia che in maniera più rapida ed efficiente permette di raggiungere i mandati dell'UE attuali e previsti. Mentre i veicoli ICE continueranno a detenere la maggiore quota di mercato, si suppone che la quota di BEV aumenterà dall'1% nel 2020 al 13% nel 2025, mentre la quota di tutti gli altri EVs (ibridi e full electric) sale dal 5% al 18%. I veicoli alimentati a benzina e diesel scenderanno da una quota del 93% al 68% nel corso del periodo, con la quota del diesel che scende più veloce poiché viene superata da BEV e dalle tecnologie ibride.

Capitolo 3

3 Analisi dell'offerta di mercato

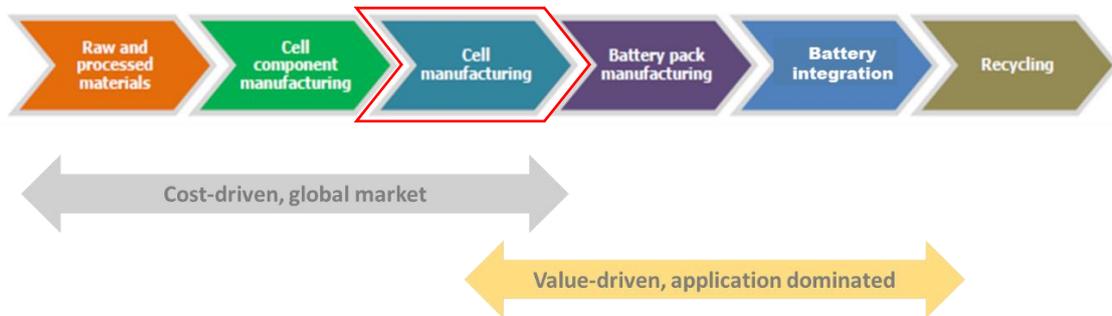


Figura 3.1 - Value Chain batteria li-ion con interesse sull'offerta di mercato

L'offerta di mercato risulta essere eterogenea e soggetta alla concorrenza mondiale. Copre l'estrazione di materie prime e la lavorazione dei materiali, la fabbricazione dei componenti delle celle e delle celle stesse. Come si nota in Figura 3.1, l'analisi e lo studio dell'offerta si concentrerà nella fase a monte della Value Chain, ossia relativa ai costi di produzione. Questi tre settori rappresentano business molto diversi e quello che risulta essere di maggior interesse è il *Cell Manufacturing*.

La cella di una batteria è l'elemento che riveste maggior importanza, sia a livello economico che strategico. Questa infatti assorbe circa l'80% dell'intero costo di una batteria per veicoli elettrici ed è il settore che genera maggiori entrate. Nel 2018 il mercato della produzione delle celle ha conseguito circa 27 miliardi di dollari di fatturato, contro i 7,1 miliardi della produzione di materiali catodici, che risulta essere quello più profittevole tra i componenti della cella.

3.1 Il mercato globale ed europeo

La forza asiatica

Nel 2015 la **capacità produttiva** totale di celle LIB al mondo ammontava a 60 GWh e l'88% di questa era installata principalmente in Cina, Giappone e Corea. I paesi asiatici hanno anche ospitato una quota significativa della capacità produttiva globale di materiali specifici della LIB nel 2015: catodi (85%), anodi (97%), separatori (84%) ed elettroliti (64%). Questa concentrazione della capacità di produzione delle celle e delle catene di approvvigionamento a monte ha contribuito alla creazione di cluster industriali in questi paesi. I paesi asiatici hanno così rafforzato la loro posizione competitiva nei confronti del resto del mondo, attraverso l'integrazione verticale o joint venture e sono gli attuali leader mondiali nel segmento upstream della catena del valore.

D'altra parte, come verrà successivamente approfondito, i maggiori produttori di celle asiatici hanno un vantaggio in termini di costi derivante da una maggiore scala produttiva, ottimizzazione della catena di approvvigionamento, integrazione verticale e partnership che sono state sviluppate negli ultimi decenni nella produzione per applicazioni elettroniche di consumo.

L'Europa

L'Europa non ha una catena del valore LIB completa sebbene sia competitiva in molti dei suoi segmenti. Le aziende con sede nell'UE sono percepite forti solo nelle fasi downstream della value chain, (pacchi batteria, integrazione dei pacchi e riciclo) e complessivamente più deboli nei segmenti upstream (produzione di materiali, celle e moduli).

Va notato che la competitività globale dell'industria dell'UE nel settore LIB dipende in modo critico dalla capacità per l'industria europea di servire anche i mercati extra-UE, soprattutto il crescente mercato della Cina, con celle e pacchi batteria, sia per il mercato automotive, sia per lo stoccaggio stazionario. Pertanto, affinché possa definirsi competitiva dovrebbero in primo luogo coprire questi segmenti e puntare all'innovazione tecnologica nella chimica, nella forma e nelle tecnologie e processi produttivi delle celle. Il dominio globale dei produttori di celle LIB asiatici si riflette anche nel **commercio** di materiali e celle. La Figura 3.2 (a sinistra) mostra la bilancia commerciale positiva dei produttori asiatici e la bilancia

commerciale negativa per le altre regioni del mondo nel 2014 per le celle LIB per tutte le applicazioni. Il lato destro illustra l'entità dei flussi commerciali tra i paesi.

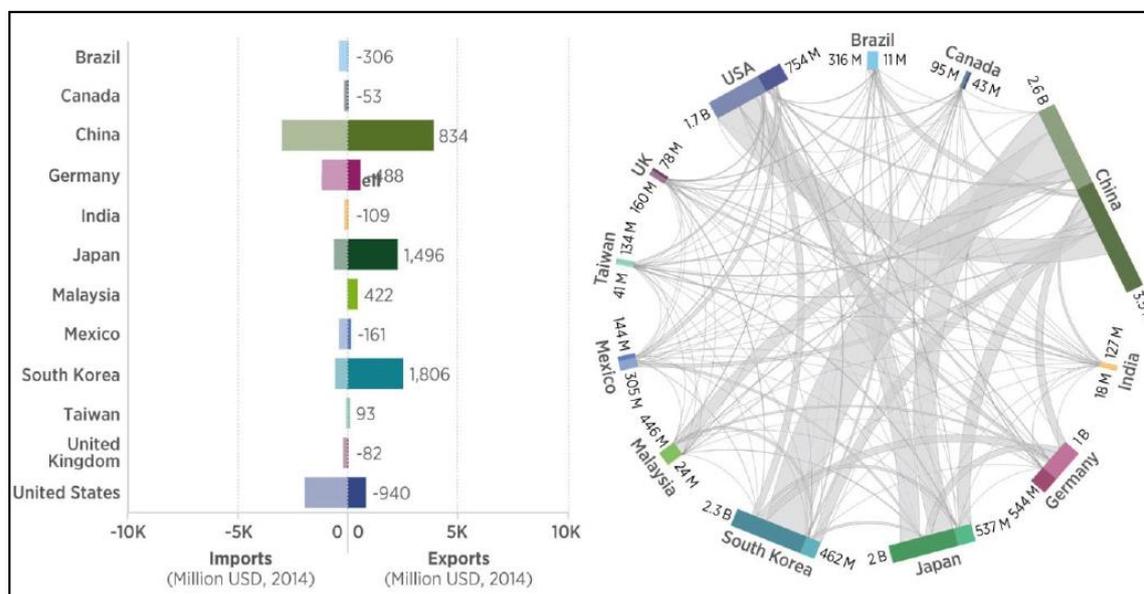


Figura 3.2 - Importazioni ed esportazioni di celle LIB nel mondo nel 2014

Fonte: (Steen)

L'Europa dunque risulta debole nella produzione di celle rispetto al resto delle potenze mondiali ma, come loro, dipende completamente dalle importazioni per le materie prime ed i componenti della cella.

3.2 Le materie prime

Le celle delle batterie agli ioni di litio sono caratterizzate da diverse materie prime che formano catodo ed anodo. Le principali, presenti in maggiori quantità, sono *cobalto*, *litio*, *grafite*, *manganese* e *nicel*. In minori quantità sono presenti alluminio, rame, stagno, silicio, magnesio, germanio, indio, antimonio e terre rare (REE).

In UE, la Commissione Europea ha assegnato a tre di questi elementi, quali cobalto, grafite naturale e silicio, l'etichetta di Materie Prime Essenziali (CRM). Questo permette di rafforzare la strategia industriale europea, focalizzandola solo su determinate materie prime, rafforzando così l'attività di estrazione e riciclaggio. Il litio attualmente non appartiene alla

lista delle CRM, ma il suo uso crescente nelle batterie, ne sta assegnando una rilevanza maggiore.

L'approvvigionamento delle quattro materie prime essenziali della batteria è molto concentrato in pochi paesi: il 64% dell'offerta globale di cobalto è attestata nella Repubblica Democratica del Congo ed il 69% dell'offerta globale di grafite naturale è presente in Cina. La Cina ha acquisito e sta attualmente espandendo la sua posizione dominante nella catena di approvvigionamento delle batterie agli ioni di litio: ospita la maggiore quota al mondo di impianti di raffinazione di litio, domina la produzione globale di grafite naturale e di silicio metallico e sta inoltre aumentando l'estrazione e la raffinazione di cobalto.

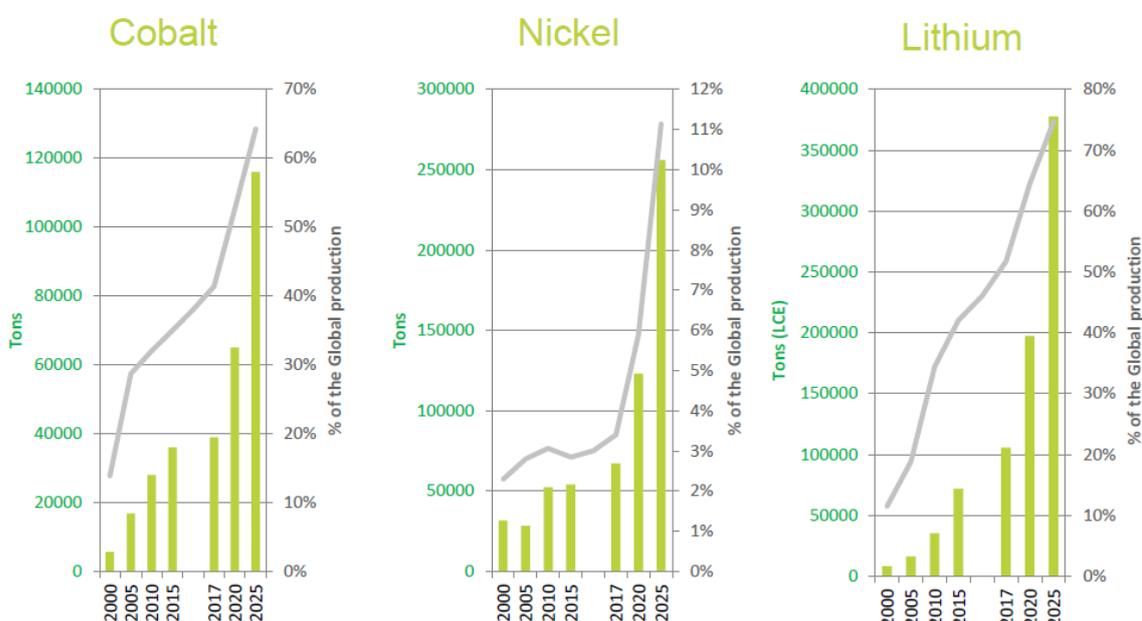


Figura 3.3 - Domanda passata e futura delle principali materie prime delle celle LIB

Fonte: (Alves Dias P.)

Le principali materie prime presentano dunque delle criticità a livello di posizionamento geografico, sfruttamento e costo di estrazione. A seguito di una previsione sul crescente mercato delle batterie si prevede che la domanda di cobalto, entro il 2025, triplicherà rispetto ai livelli registrati nel 2017 e quella del litio crescerà di 3,5 volte, raggiungendo il 75% della produzione globale entro il 2025 (Figura 3.3).

In Europa, la fornitura di materie prime essenziali per la LIB è garantita lavorando lungo tre strade: approvvigionamento da paesi terzi, approvvigionamento domestico e riciclaggio dei materiali delle batterie nonché il riutilizzo delle batterie in altri settori.

La maggior forma di approvvigionamento dell'Europa avviene attraverso l'importazione da paesi terzi. La Cina rimane il principale fornitore di grafite naturale che rappresenta l'elemento critico dell'anodo e il Cile è il principale fornitore di litio (66%). Per quanto riguarda il cobalto, l'UE riesce a rifornirsi in parte internamente: la Finlandia copre il 66% della domanda UE di cobalto minerale e raffinato.

Tabella 5- Produzione e approvvigionamento delle principali materie prime per LIB nel mondo ed in Europa - (European Commission)

Raw materials	Major global producers	Major sources of EU supply	EU production	Import reliance rate	End-of-life recycling input rate
Cobalt	D.R. Congo (64%) China (5%) Canada (5%) 135 500t	Finland (66%) Russia (31%) 1 900t	Finland	32%	35%
Lithium	Chile (44%) Australia (32%) Argentina (11%) 25 500t	Chile (66%) Portugal (11%) United States (9%) 4 200t	Portugal Spain	86%	0%
Nickel	Indonesia (24%) Phillipines (16%) Australia (10%) Canada (10%) New Caledonia (7%) 2 255 500t	Russia (20%) Finland (16%) United Kingdom (13%) Norway (8%) 293 400t	Austria Finland France Greece Poland Spain United Kingdom	59%	34%
Natural graphite	China (69%) India (12%) Brazil (8%) 1 100 000t	China (63%) Brazil (13%) Norway (7%) 95 000t	Austria Germany	99%	3%

In Tabella 5 è presente la situazione mondiale ed europea sui fornitori di materie prime. Come si nota la maggior dipendenza europea dalle importazioni interessa la grafite naturale, con un Import Reliance Rate del 99% ed il litio, con un tasso dell'86%. Entrambe mostrano un End-of-life recycling input rate, ossia il tasso per il riciclo a fine vita molto basso. Questo è dovuto al fatto che il processo di riciclo di queste CRM risulta ad oggi molto costoso e dunque non praticato.

La dipendenza dalle importazioni ha notevoli svantaggi quali una totale dipendenza dai paesi fornitori, forti rischi sulla costanza e continuità degli approvvigionamenti fortemente dipendenti dai governi locali. Ad esempio, le importazioni di **cobalto** sono a rischio a causa dell'instabilità politica nella Repubblica Democratica del Congo, principale fornitore. Altri fattori potrebbero influenzare anche altre fasi della supply chain: per esempio, la raffinazione

di cobalto è in atto prevalentemente in Cina che potrebbe dover far fronte ad un rapido aumento della domanda contro la mancanza di flessibilità dell'offerta.

Le riserve note di **litio**, situate in Cile, Australia, Argentina e Cina, sono sufficienti per far fronte a questo previsto aumento della domanda anche senza riciclaggio delle batterie li-ion. Tuttavia, un elemento debole è la lavorazione dei composti del litio di alta qualità che vengono impiegati nelle batterie: sono pochi i fornitori globali in grado di eseguire questa lavorazione e la Cina sta intensificando la sua posizione in questa fase della Supply Chain per primeggiare a livello mondiale.

Una diversa situazione riguarda la catena di fornitura del **nicel**. Oggi, solo il 2-3% della produzione globale (394.000 tonnellate) trova applicazione nelle batterie ed inoltre, la produzione è dispersa in quasi 40 paesi produttori. In aggiunta, la maggior parte del nichel nella catena di approvvigionamento globale non è adatta alla produzione di batterie, pertanto esiste un problema in termini di capacità. La possibilità di aumentarne la produzione in tempi relativamente brevi potrebbe ridurre questo Collo di Bottiglia⁸.

Infine, la **grafite naturale** che compete con la grafite sintetica per l'uso nelle batterie agli ioni di litio. Attualmente, tutta la produzione di grafite sferica avviene in Cina, in prossimità delle risorse e dei mercati. La maggior parte della produzione di batterie, anodi e materiali anodici si è ormai trasferita in Cina, dove i costi di produzione sono più bassi e vigono meno restrizioni ambientali sull'uso dei reagenti.

La fornitura interna dell'UE di materie prime è molto limitata nonostante un buon potenziale minerale (per materiali come nichel, grafite naturale, manganese e litio). I principali ostacoli all'utilizzo del potenziale dell'UE comprendono:

- la mancanza di dati geologici necessari per scoprire depositi più profondi;
- un difficile accesso ai depositi noti, principalmente a causa della scarsa integrazione della pianificazione dell'uso del suolo e delle attività minerarie;
- le diverse condizioni normative vigenti in tutta l'UE;

⁸ Con il termine Collo di Bottiglia o Bottleneck, si intende, in un qualsiasi processo (produttivo, distributivo...) quella fase che impedisce il normale flusso delle informazioni.

Per ridurre la sua dipendenza dai materiali importati per la produzione, l'UE dovrebbe rafforzare l'attività di estrazione e sfruttamento prolungati di queste risorse e sviluppare una robusta attività di riciclaggio. Potrebbe sfruttare l'alta qualità di R&D che è in grado di offrire, puntando sulla progettazione e lo sviluppo di materiali con migliori prestazioni, tecnologie e processi produttivi più efficienti. Questo permetterebbe di ridurre il costo dei materiali e introdurre materie prime non critiche che possano contribuire all'economia circolare, riducendo la pressione di domanda ed offerta di CRM. Risulta però limitata la sostituzione di materie prime quali nichel e cobalto, mentre fattibile ma ad un elevato prezzo la sostituzione di litio e grafite. Infine, l'UE potrebbe utilizzare strumenti politici appropriati in suo possesso per garantire un accesso sostenibile, promuovendo l'estrazione socialmente responsabile.

3.3 Le celle

3.3.1 I produttori di celle

Nel panorama delle batterie li-ion si hanno diversi attori che intervengono nella catena del valore, la maggior parte dei quali ha stabilimenti produttivi nei paesi asiatici; in particolare non è detto che i produttori di celle, gestiscano anche il business dei moduli o pacchi. Si è visto infatti negli ultimi anni che gli OEM hanno sviluppato competenze in merito, riconvertendo stabilimenti per seguire il trend dell'elettrico e integrando nuove competenze legate alla gestione di moduli e pacchi.

I principali produttori di celle LIB mondiali sono: Samsung SDI (KR), LG Chem (KR), Sanyo-Panasonic (JP), Sony (JP) e BYD (CN). I produttori di celle per applicazioni automobilistiche includono Panasonic (JP), Samsung SDI (KR), LG Chem (KR), CATL (CN), AESC (JP), GS Yuasa (JP), Li Energy Japan (JP), BYD (CN), Wanxiang (CN), Lishen Tianjin (CN) e Toshiba (JP).

The worldwide Li-ion battery market
 Company market share in 2018 in volume
 (small cells only) 8,2 B cells

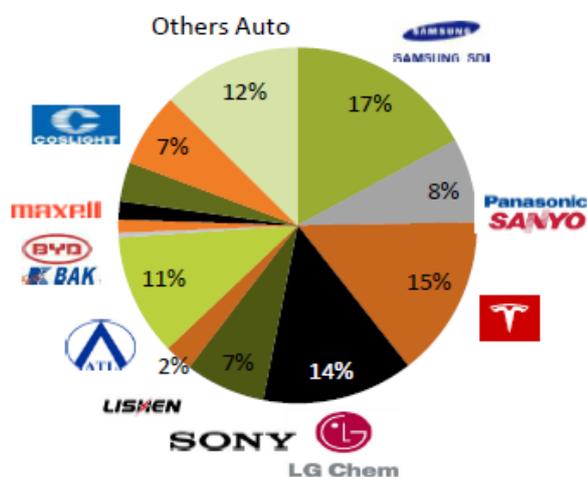


Figura 3.4 - Quote di mercato dei produttori mondiali di celle LIB

Fonte: (Avicenne Energy),2019

3.3.2 L'attuale capacità produttiva

La produzione delle celle LIB è cresciuta nel corso degli anni, passando da una base produttiva di 19 GWh nel 2010 su una capacità installata di 30 GWh, ad una produzione di 200 GWh nel 2019 su una capacità totale di 297 GWh.

Numerosi studi e ricerche ((BNEF), (IEA)) mostrano previsioni di forte crescita del mercato LIB, sia per applicativi automotive che stazionari, ed indicano valori di capacità globale installata pari a 400 GWh entro il 2021 e 600 GWh entro il 2022. Circa il 70 % di quest'ultima previsione di capacità produttiva sarà in Cina.

Questo mercato ha mostrato in passato, e continua a registrare un elevato tasso di sovracapacità degli impianti di produzione delle celle in tutto il mondo (come indicato dall'andamento del Production Ratio in Figura 3.5).

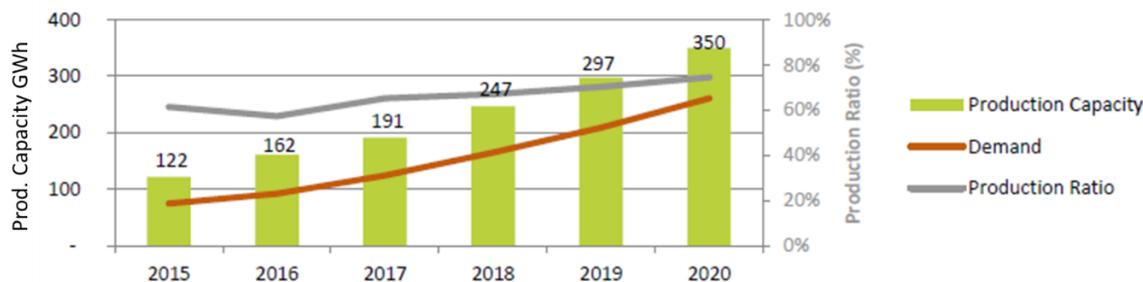


Figura 3.5 - Capacità installata e domanda mondiale passata e futura di celle LIB [GWh]

Fonte: (Avicenne Energy), 2019

Inizialmente, ipotesi eccessivamente ottimistiche relative alla domanda di veicoli elettrici hanno portato molti produttori di celle LIB ad investire in capacità produttiva per il periodo 2012 – 2014 (Figura 3.6). A seguito di questa politica di investimento, le celle li-ion sono diventate delle *commodities*, scoraggiando altri attori del segmento Automotive o produttori stessi ad investire in nuovi impianti. Questo elemento rappresenta una delle cause dell'attuale svantaggio europeo nella produzione delle celle: il rallentamento europeo nell'R&D e negli investimenti ha assegnato ulteriore vantaggio competitivo ai paesi asiatici, già forti grazie ad economie di scala e di scopo, permettendogli di diventare leader nel settore.

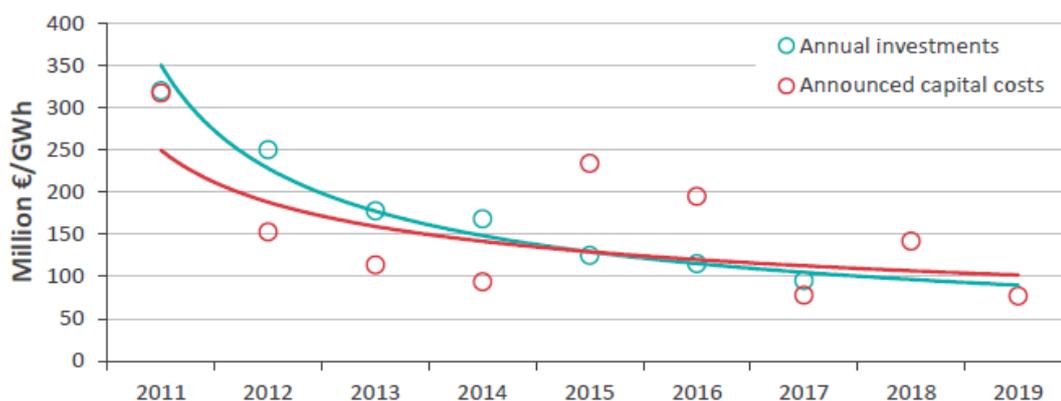


Figura 3.6 - Differenza tra investimenti annuali in capacità produttiva di celle LIB annunciati e realmente realizzati

Fonte: (Tsiropoulos)

Il settore delle batterie li-ion è contrassegnato da un elevato dinamismo, che caratterizza sia gli attori già presenti, che moltiplicano la capacità produttiva, sia nuovi player che stanno investendo ingenti capitali per entrare nel mercato.

Panoramica globale

Nel 2018 i leader mondiali in termini di capacità (GWh) di LIB sono LG Chem, CATL, BYD, Panasonic e Tesla (Figura 3.7).

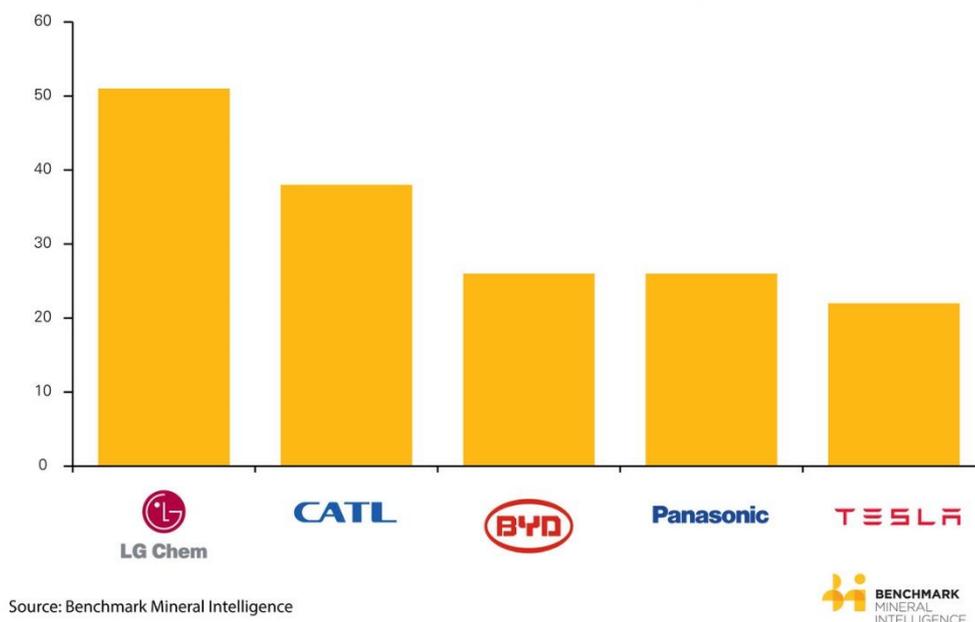


Figura 3.7 - Maggiori produttori mondiali di LIB per capacità installata

Fonte: Benchmark Mineral Intelligence - web

In particolare, tra i diversi Specialized Manufacturer⁹, LG Chem ha intrapreso un'aggressiva strategia di espansione, costruendo cinque megafactory¹⁰ in tre diversi continenti. Nel 2018 ha registrato una capacità installata totale di 51 GWh all'anno derivanti dall'apertura del nuovo impianto in Polonia, ampliando quello esistente a Ninjing in Cina e costruendone un secondo adiacente entro il 2023.

CATL (Contemporary Amperex Technology Co. Limited), importante produttore cinese di celle, sta ampliando la sua base produttiva primaria a Ningde in Cina, espandendo il suo impianto già in funzione a Jiangsu ed ha annunciato la costruzione di due nuovi impianti, rispettivamente in Cina ed in Germania. Attualmente la capacità totale che riesce a fornire è di poco inferiore a 40 GWh all'anno. Una delle maggiori sfide che deve affrontare rispetto

⁹ In ambito Automotive, si indicano con il termine Specialized Manufacturer tutti i produttori di componenti particolari integrati quali le batterie agli ioni di litio.

¹⁰ Per Megafactory o Gigafactory si intende uno stabilimento produttivo di celle agli ioni di litio che produca elevate quantità di celle, rappresentate come unità di misura dal Wh/anno.

ai suoi competitor giapponesi e coreani è la qualità delle batterie che rappresenta una delle preoccupazioni maggiori per i produttori di veicoli elettrici occidentali che cercano una fornitura sicura su base annuale.

Al terzo posto si trova BYD, produttore cinese di autoveicoli che, attraverso una strategia di integrazione verticale, produce internamente le sue batterie. Nel 2018 ha raddoppiato la sua capacità produttiva totale aprendo una nuova megafactory a Qinghai, in Cina. Ha dichiarato di voler espandere tale strategia intervenendo su un livello upstream della catena del valore, ossia quello dei componenti della cella, costruendo un impianto di lavorazione del carbonato di litio. Ha inoltre dichiarato che prevede la costruzione di due megafactory in Cina entro il 2023.

Panasonic e Tesla sono tra i player più noti sul mercato, anche grazie alla loro joint venture che ha portato alla costruzione del più grande impianto al mondo di batterie agli ioni di litio nel 2018: la gigafactory 1 di Tesla in Nevada, che prevede una capacità produttiva di 22 GWh all'anno. L'efficiente andamento di questo impianto, che opera ad un tasso di utilizzo del 92% tra i più alti nel settore, ha dato fiducia a Tesla che ha deciso di investire in altre due nuove gigafactory, la prima dichiarata nel 2019 in Cina ed una in Europa.

Panasonic, oltre all'impianto di Tesla, gestisce quattro impianti di batterie li-ion in Giappone raggiungendo una capacità totale di 20,5 GWh. Gran parte delle celle prodotte in questi impianti sono prodotte nella forma richiesta dai veicoli di Tesla. Un notevole sviluppo per Panasonic è stato annunciato a gennaio 2019, ossia la joint-venture che formerà con Toyota per lo sviluppo e produzione di batterie allo stato solido e di ultima generazione. Le sinergie sono visibili per entrambi i player: Toyota entra a pieno regime nella produzione di EV, abbandonando gradualmente la tecnologia fuel-cell; Panasonic invece riesce in questo modo a ridurre la sua dipendenza da Tesla, legandosi ad uno dei produttori automobilistici più forti al mondo.

In questi ultimi anni i principali produttori asiatici stanno localizzando i loro investimenti in prossimità dei principali centri di domanda, ossia in Asia, Stati Uniti ed Europa. Questo permette loro di poter soddisfare la crescente domanda globale di EV ed ES e li rende maggiormente competitivi verso i clienti esteri, cercando di evitare le problematiche che possono verificarsi dovute alle distanze quali elevati costi di trasporto, ritardi nella consegna della merce, scarso controllo qualità e limitazioni nella progettazione.

L'assenza di produzione interna di celle in UE influisce negativamente sulla competitività dei produttori europei, favorendo i produttori stranieri ad investire in Europa rafforzando così la loro posizione. Questi stanno creando una strategia di integrazione verticale, dalla produzione di componenti della cella, fino ai pacchi batteria. Seppur in maniera ridotta, sta avvenendo il contrario per gli assemblatori europei di pacchi in Asia, che attraverso joint venture locali, stanno crescendo nella fase a monte della value chain.

Panoramica europea

Nel 2018 solo l'1% della domanda globale totale di batterie di veicoli elettrici è stata fornita da società europee. Si prevede che entro il 2023/2024 la domanda di batterie li-ion per veicoli elettrici prodotti in Europa sarà di 147 GWh all'anno ed entro il 2040 raggiungerà un totale di 1200 GWh (Fonte: McKinsey online). Questa previsione sta incoraggiando un aumento di capacità produttiva, con l'aspettativa che questa aumenti dal 3% attuale ad un valore variabile dal 7 al 25% nei prossimi anni.

In passato infatti, non sono stati effettuati investimenti in Europa in questo settore a causa delle particolari caratteristiche del mercato, quali una sovracapacità produttiva di celle localizzata in Asia, una scarsa redditività del settore con bassi margini ed infine un lento sviluppo dell'elettrico che disincentivava nell'immediato l'impegno nella realizzazione di nuovi impianti produttivi. Ad oggi, in un'ottica più lungimirante, i principali attori del mercato stanno investendo in ritardo in capacità produttiva date le ottime previsioni della domanda. La capacità pianificata in Europa sarà sufficiente da sola a coprire la richiesta fino al 2025, ma saranno necessari ulteriori investimenti per soddisfare la domanda prevista futura e permettere che l'UE sia autosufficiente. Per la produzione europea ciò potrebbe comportare una crescita da circa 450 milioni di € / anno accertati nel 2017 a 3 - 14 miliardi di € / anno nel 2025.

I principali impianti produttivi presenti in Europa appartengono alle grandi potenze asiatiche precedentemente citate. In particolare:

- **LG Chem:** ha annunciato nel 2017 la costruzione del suo impianto europeo in Polonia. È stato il primo produttore asiatico a costruire un plant¹¹ di produzione di

¹¹ Con il termine plant si indica un impianto produttivo, in questo contesto, un impianto di produzione di celle LIB oppure batterie li-ion complete, ossia celle, moduli e pacchi.

LIB in Europa su larga scala. Grazie ad una sovvenzione da parte della Commissione Europea all'inizio del 2019 di 36 milioni di euro, LG Chem ha dichiarato un'espansione da 4 GWh attuali a 12 GWh entro aprile 2021.

- **CATL:** ha annunciato il suo investimento nel secondo trimestre del 2018 in Germania, ad Erfurt. Inizialmente, la società aveva pianificando una capacità di 14 GWh entro il 2021, ora, in base all'aumento della domanda, il presupposto è di 100 GWh entro il 2025.
- **Samsung SDI:** ha completato un impianto da 358 milioni di dollari in Ungheria nel secondo trimestre del 2018, con una capacità stimata di 3 GWh ed un aumento atteso fino a 15 GWh all'anno.
- **SK Innovation:** presenta due impianti produttivi a Komarom, in Ungheria. Il primo annunciato a Febbraio 2018 e attualmente in costruzione con una capacità di 7,5 GWh ed una seconda struttura in aggiunta all'attuale, da 7,5 GWh con un investimento previsto di 859 milioni di dollari. La produzione di massa inizierà all'inizio del 2022 una volta completata la certificazione del prodotto.

Il primo player europeo che ha deciso di competere contro i colossi cinesi, giapponesi e coreani è stata **Northvolt**. Con l'aiuto dell'Unione Europea, promotrice di uno sviluppo locale di batterie, la società svedese ha dichiarato nella primavera del 2017 la creazione di una gigafactory di 32 GWh entro il 2023 in Svezia, con una sovvenzione di 250 milioni di euro da parte della BEI (Banca Europea degli Investimenti).

3.3.3 I futuri investimenti

Nel 2019 sono stati annunciati nuovi importanti investimenti in tutta Europa, sia da parte di Specialized Manufacturer che da parte degli OEM. Quest'ultimi infatti hanno deciso di integrarsi, entrando in nuovi business, spesso attraverso alleanze e joint venture.

Farasis Energy: ha in programma di investire 600 milioni di euro per costruire un impianto in Germania in grado di produrre 6 GWh/anno per iniziare, raggiungendo 10 GWh/anno nel tempo. L'impianto produrrà celle, moduli e pacchi dal 2022.

Freyr AS: società norvegese che ha annunciato la costruzione di un impianto in Mo I Rana, Norvegia, con una capacità installata finale di 32 GWh/anno. La Norvegia è in prima linea nella transizione energetica in termini di sviluppo tecnologico, produzione e sostenibilità.

FAAM / Lithops: prima fabbrica di celle in Italia. Entro il 2019 FAAM inizierà la sua produzione di celle LIB in collaborazione con un centro di ricerca torinese, Lithops. Con una base di aiuti pubblici di circa 427 milioni di euro, si prevede un investimento iniziale di 57 milioni di euro ed una capacità iniziale installata dai 3 ai 4 GWh all'anno.

Tesvolt: azienda tedesca che sta completando il rinnovamento dei suoi stabilimenti tedeschi per produrre oltre 1 GWh/anno di accumulatori al litio destinati alle applicazioni industriali e commerciali.

SVOLT Energy Technology: produttore di celle, divisione della casa automobilistica cinese Great Wall. È stata la prima a presentare sul mercato celle di batteria agli ioni di litio senza cobalto e celle batterie agli ioni di litio a quattro elementi (NCMA). Ha annunciato investimenti da 2 miliardi di euro per la costruzione di un impianto europeo da 24 GWh nel 2020, funzionante dal 2023. La posizione esatta non è stata ancora resa nota. L'obiettivo ultimo è la costruzione di una completa catena di fornitura, con la costruzione di una fabbrica di materiali catodici.

La dichiarazione di incentivi e sussidi da parte dall'Unione Europea ha portato alla nascita di consorzi tra OEM, quali Opel/PSA, Volkswagen, BMW, e Specialized Manufacturer rispettivamente Saft, Northvolt e Varta.

Opel/PSA e Saft: è il primo grande consorzio franco-tedesco che si è creato in Europa, nato a seguito dell'operazione Airbus¹² (maggio 2019). Questo prevede la costruzione di diversi impianti produttivi tra Francia e Germania entro il 2023. Il primo impianto pilota è già in fase avanzata a Nersac in Francia, con una capacità produttiva prevista di 32 GWh, ed un secondo, lo stabilimento Opel di Kaiserslautern, in Germania. Insieme puntano a raggiungere una capacità totale di 64 GWh. Di febbraio 2020 la notizia che il consorzio Airbus ha ottenuto l'approvazione definitiva della Commissione Europea, ed è stato trasformato in una joint venture denominata ACC (Automotive Cell Company). La nuova collaborazione tra imprese ha ricevuto fondi europei per la produzione di celle nei due paesi interessati.

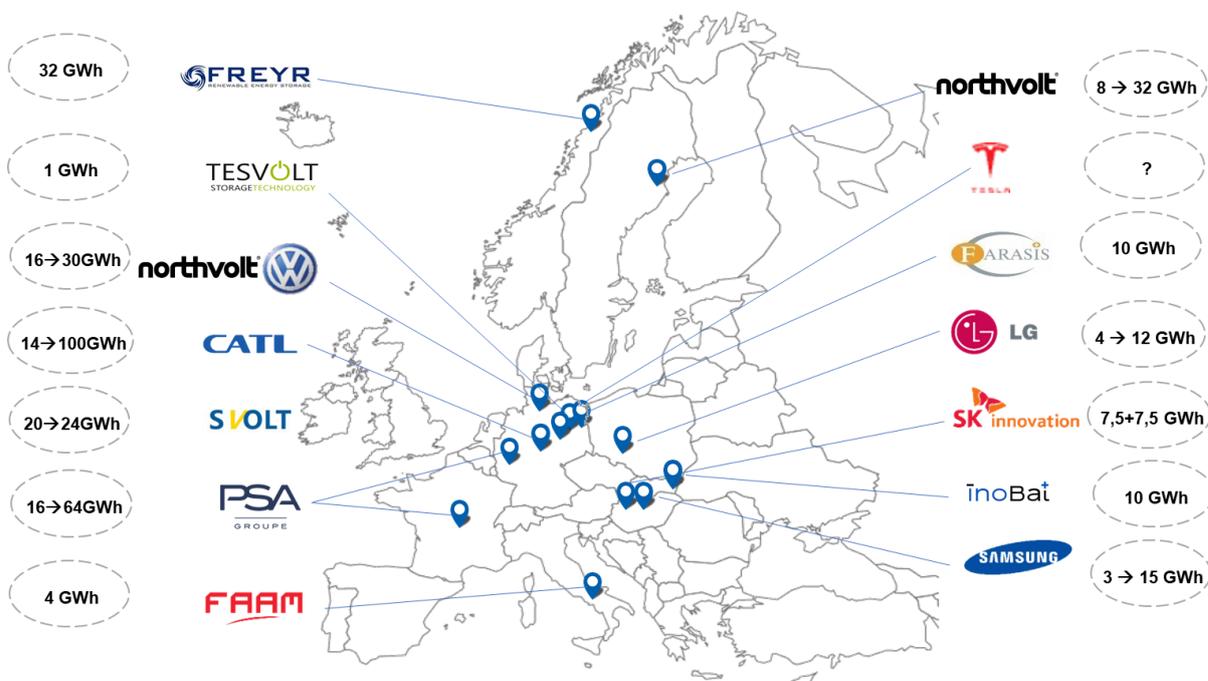
¹² Come afferma il sito www.forbes.it, "L'operazione "Battery Airbus" cerca di replicare il modello della società aeronautica Airbus nata nel 1970 dalla fusione tra aziende francesi, tedesche, britanniche e spagnole per contrastare la potenza di Boeing e diventata successivamente il maggior produttore di aerei al mondo."

Da novembre 2018 il governo tedesco ha investito oltre un miliardo e mezzo di euro per supportare la nascita di nuovi stabilimenti produttivi e consorzi. Oltre a questo franco-tedesco, si sono creati consorzi e partnership tra VW con Northvolt e BMW con Varta, con diversi centri di ricerca.

VW e Northvolt: i due attori hanno stipulato una JV al 50% per la costruzione di una fabbrica per la costruzione di una fabbrica di celle LIB a Salzgitter, in Germania. I lavori inizieranno nel 2020 e l'inizio della produzione nel 2023. La capacità iniziale sarà di 16 GWh con il potenziale di crescere a 30 GWh nel tempo.

BMW e Varta: hanno mostrato entrambe interesse all'ottenimento dei finanziamenti europei per la nascita di consorzi e la creazione di una supply chain integrata

InoBat: società slovacca di ricerca e sviluppo in ambito di batterie. A febbraio 2020 ha ottenuto i finanziamenti dal governo slovacco per la costruzione di uno stabilimento, la cui costruzione dovrebbe iniziare nel secondo trimestre del 2020. Ha l'obiettivo di rifornire stabilimenti automobilistici dell'Europa centro-orientale, tra cui BMW ma anche Samsung ed Apple. La capacità produttiva sarà pari a 150 mila batterie all'anno con una potenza di 10 GWh.



A differenza della Cina, l'Europa non ha una strategia industriale coerente per attirare la produzione di batterie su larga scala ed inoltre è soggetta ai tempi necessari per stabilire una

nuova capacità produttiva. L'esperienza dimostra che ci vogliono dai cinque ai sette anni dall'inizio della pianificazione di un impianto di produzione di batteria e della linea di produzione pilota, al raggiungimento della piena capacità operativa di diversi GWh all'anno. Le tempistiche inoltre risultano essere molto importanti: se la produzione di EVs dovesse aumentare prima che i produttori di celle locali annuncino la produzione, i produttori di veicoli elettrici potrebbero garantirsi la fornitura da terzi. D'altra parte, se la produzione di celle dovesse aumentare prima che si presentasse una significativa domanda di veicoli elettrici, i produttori di celle dovrebbero cercare di dimensionare la loro capacità produttiva. In particolare, dovrebbero scegliere di costruire impianti più piccoli, che sono meno efficienti poiché non beneficiano delle dimensioni di scala ottimali (in genere si attestano da 8 a 15 GWh/anno), oppure far funzionare dall'inizio grandi impianti a basso utilizzo a causa della mancanza di domanda.

Il Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea (JRC)¹³ prevede che dopo il 2021 si costruiranno altri quattro impianti in Europa. In totale, la capacità produttiva può raggiungere i 70 GWh nel 2023, un traguardo ben al di sotto dell'obiettivo prefissato dall'UE di 200 GWh entro il 2025. Questo potrebbe rendere meno competitiva l'industria automobilistica europea, incentivando una delocalizzazione degli OEM che preferiscono spostare la loro produzione di EVs il più vicino possibile ai produttori di batterie, qualora non ci fossero investimenti in Europa, e continuassero ad implementare capacità produttiva in Asia.

La localizzazione degli investimenti

Come mostrato in Figura 3.8, gli investimenti da parte dei produttori di celle cresceranno a livello globale con un CAGR pari al 21%.

¹³ Il JRC, fonte scientifica della Commissione Europea, ha svolto numerosi studi in merito all'argomento, menzionati nella bibliografia del seguente elaborato.

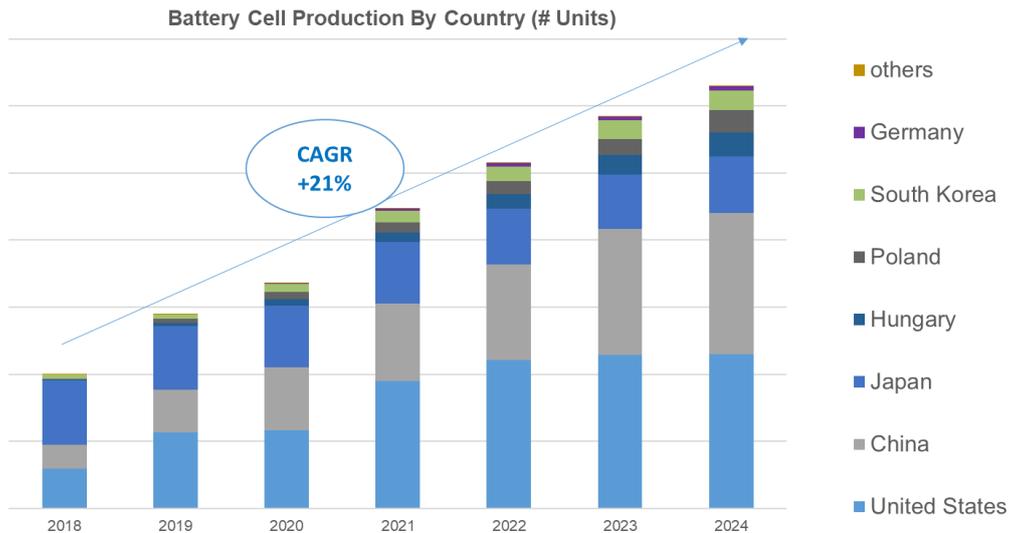


Figura 3.8 - Produzione globale di unità di celle LIB per Paese

Fonte: Analisi Comau - IHS

Esaminando i paesi che emergono dall'analisi, si prevede che nel 2024 gli stati europei che presenteranno una maggior produzione di celle rispetto al resto del mondo saranno Ungheria, Polonia e Germania.

Questo conferma gli annunci degli investimenti effettuati nel 2019, considerando il lasso di tempo che intercorre dal momento dell'annuncio della costruzione di un nuovo impianto produttivo alla reale messa in funzione a regime.

A seguito di questa previsione si sono analizzati i fattori che hanno considerato i produttori di celle mondiali al momento della scelta di localizzare dei loro impianti produttivi.

I quattro principali elementi considerati nello studio sono:

- Localizzazione delle materie prime
- Politiche locali dei governi
- Posizione strategica
- Potenza del paese nel settore dell'Automotive

In particolare, la *Germania* risulta essere il paese con il maggior numero di impianti costruiti o in costruzione nei prossimi anni. È interessante svolgere questa analisi, studiando i motivi che hanno spinto il più importante pioniere statunitense Tesla a scegliere, tra i diversi stati

europei, proprio la Germania per la costruzione della sua quarta gigafactory e definirne le cause della forte attrattività.

A Novembre 2019 è stato reso ufficiale che il paese dove avrà sede il nuovo impianto produttivo su larga scala di batterie li-ion prodotte da Tesla sarà Berlino. Uno dei motivi che ha spinto il produttore di EVs è la potenza tedesca nel settore dell'Automotive e come rivela il CEO Elon Musk "in Germania si costruiscono auto fantastiche".¹⁴ Un fattore fondamentale è la posizione strategica predominante su tutta Europa e la sua vicinanza ai principali impianti produttivi dei più noti OEM. Si crea così una catena di approvvigionamento locale, avvicinando i fornitori di componenti e sistemi. Un ultimo fattore di rilievo sono gli incentivi e i finanziamenti elargiti dal governo tedesco. Questo è stato il primo a livello europeo ad attivarsi sul tema batterie li-ion, ponendosi come obiettivo quello di soddisfare il 30% della domanda globale entro il 2030. In particolare,

In merito alla presenza di materie prime in Germania, si è a conoscenza dei quantitativi di carbonio presenti, anche se come precedentemente dichiarato, la grafite naturale viene importata quasi completamente dalla Cina.

L'*Ungheria* è lo stato che prevede una maggior produzione interna di celle rispetto alla produzione globale nei prossimi anni. Rispetto al resto dell'Europa sta investendo moltissimo per essere il paese più attrattivo per investimenti stranieri ad alto contenuto tecnologico e solo nel 2018 ha firmato 62 accordi per importanti progetti che hanno generato afflussi esteri record, superando i 4,3 miliardi di euro, con 17000 nuovi posti di lavoro. Con il fine di voler diventare il polo europeo per le auto elettriche e le auto a guida autonoma, il governo ungherese ha stanziato nel 2019 sussidi in denaro, per un valore complessivo di tre miliardi di euro, per dieci progetti provenienti da società sudcoreane e quattro da investitori giapponesi tutti legati all'industria dei veicoli elettrici.

Tra gli Specialized Manufacturer che hanno creato sedi produttive in Ungheria si hanno Inzi Controls, Shinheung Sec, SK Innovation, GS Yuasa e Samsung SDI. Dal 2019 lo stato ungherese sta finanziando società che operano lungo tutta la catena produttiva della batteria, come la sudcoreana Bumchun Precision che produrrà connettori per batterie in alluminio per gli OEM e la sudcoreana Doosan, che produrrà fogli di rame per LIB.

¹⁴ www.ansa.it

I fattori che hanno attratto tutti questi investimenti esteri sono essenzialmente la posizione geografica e logistica strategica dell'Ungheria, attraversata da quattro corridoi pan-europei. Spiccano inoltre le rilevanti policy e aiuti statali, un'infrastruttura industriale avanzata ed una forza lavoro ben istruita.

In *Polonia*, il governo sta effettuando una valida campagna di finanziamenti per attrarre investimenti esteri garantendo un alto livello tecnico di produzione ed un'istruzione qualificata con personale altamente qualificato e possibilità di cooperazione con centri di ricerca ed università. A livello di materie prime, sono presenti pochi giacimenti di Nickel, che copre solo lo 0,3% della domanda a livello europeo.

LG Chem è stato il primo produttore asiatico ad investire in Europa, scegliendo la Polonia come base produttiva. A gennaio 2019 ha ampliato i suoi impianti sul territorio, investendo in aree povere della regione, incentivato da aiuti statali promossi dal governo polacco. A novembre dello stesso anno ha ricevuto finanziamento da parte della BERS (Banca Europea Ricostruzione e Sviluppo) per ampliare l'impianto presente al confine tra Polonia e Germania, nelle vicinanze dei plant di VW.

Tabella 6 - Elementi di forza o debolezza dei tre paesi europei

	Germania	Ungheria	Polonia
Investimenti degli Specialized Manufacturer / OEM			
Materie prime	✓	✗	✓
Politiche dei governi	✓	✓	✓
Posizione strategica	✓	✓	✓
Potenza del paese nell'Automotive	✓	✗	✓

✓ Elemento di forza
 ✗ Elemento di debolezza
 ✓ Valore aggiunto non competitivo

Durante i prossimi 10 anni a livello mondiale, si prevede un'industria multi-terawattora (TWh). Si prevede la costruzione di oltre 50 megafactories nei diversi continenti, con una capacità totale di 1,45 TWh entro il 2028. L'impressionante dinamismo di questo mercato è confermato dal fatto che solo nel primo trimestre del 2015 erano previste tre megafactories.

A seguito degli annunci da parte dei produttori di celle mondiali, si può effettuare un'ipotesi dell'evoluzione della capacità produttiva entro il 2023 (Figura 3.9).

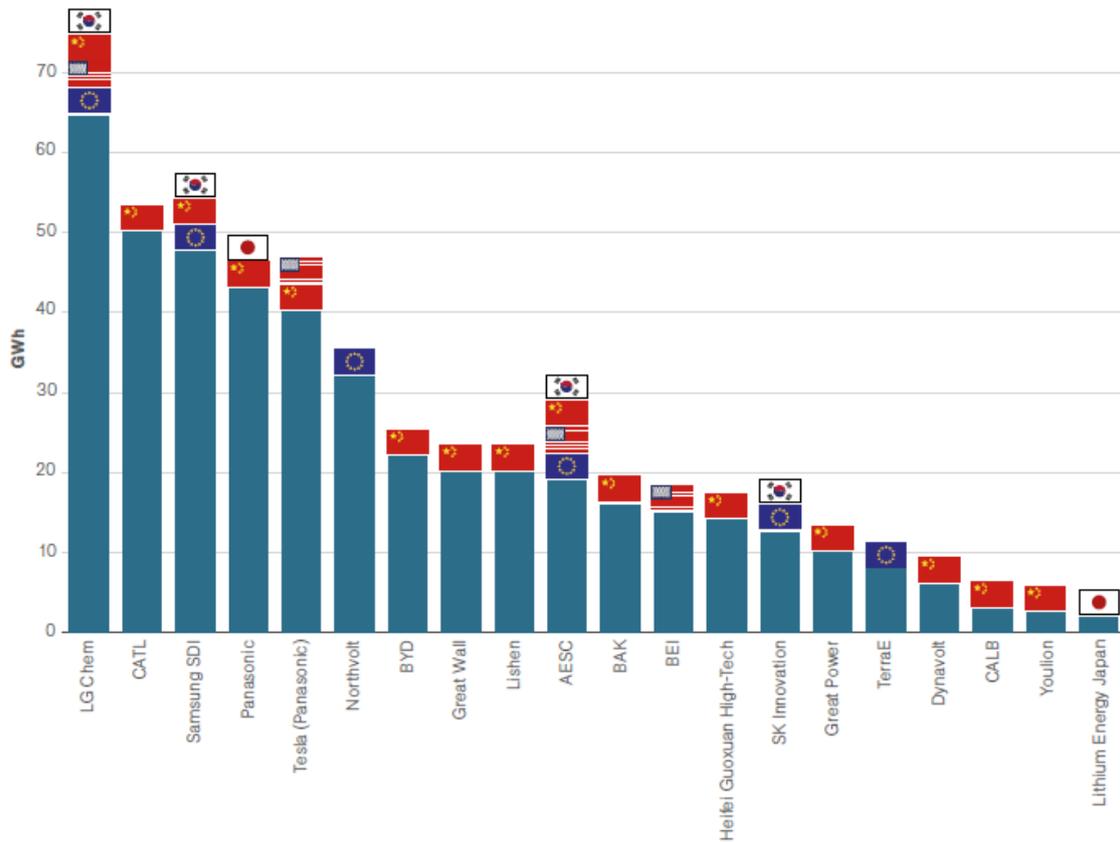


Figura 3.9 - Capacità produttiva installata nel mondo entro il 2023

Fonte: (Australian Trade and Investment Commission)

Rispetto all'attuale classifica dei maggiori produttori, tra i primi posti restano LG Chem e CATL, con un incremento previsto rispettivamente di 15 GWh e 10 GWh. BYD che nel 2018 risultava coprire il terzo posto come capacità installata viene sorpassato da Samsung SDI. Grazie ai suoi consistenti investimenti in tre diversi continenti, si aspetta di incrementare la produzione oltrepassando Panasonic e Tesla.

3.3.4 Il costo attuale e futuro

Come precedentemente dichiarato, il costo della cella e il suo andamento decrescente è il fattore che incentiva lo sviluppo dei veicoli elettrici. In Figura 3.10 è dimostrata un breakdown di costo sulla base dei componenti di una batteria, quali componenti della cella (catodo, anodo, separatore, elettrolita ed altri materiali), produzione della cella, modulo e pacco.

LI-ION BATTERY PACK COST FOR EV

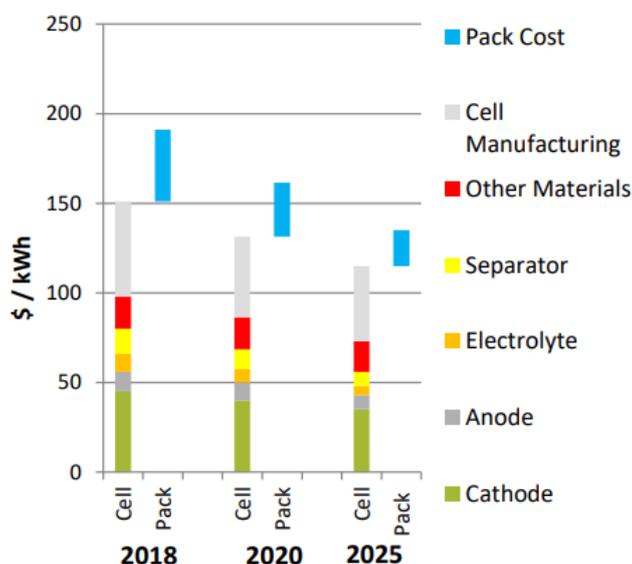


Figura 3.10 - Breakdown del costo del pacco di una batteria per EV

Fonte: (Steen)

Il 60% del costo della cella è da attribuire ai componenti ed il restante 40% alla produzione della stessa. I costi per la produzione di celle sono in genere composti da energia (10%), manodopera (10%), manutenzione (20%) ed ammortamento (60%). Poiché la manodopera costituisce una parte minore dei costi di produzione, la differenza dei salari in Asia, Cina, Stati Uniti e UE non ha un grande impatto.

Come definito il costo della cella è l'elemento preponderante sul costo totale della batteria. In seguito, verrà studiato l'andamento passato e futuro del pacco batteria poiché è l'elemento per il quale si riescono ad ottenere maggiori informazioni. Il mercato dei pacchi batteria infatti interessa attori diversi come OEM, Specialized Manufacturer e Tier One Supplier¹⁵ che possono rivelare informazioni diverse.

¹⁵ La Supply Chain del settore Automotive è tra le catene di approvvigionamento più complesse e strutturate. In particolare, si hanno molti fornitori di sub-componenti e vengono dunque divisi in livelli (Tier One, Tier Two Supplier) a seconda del componente che riforniscono agli OEM. In particolare, si assegna il termine Tier One alle società che riforniscono direttamente gli OEM e con il termine Tier Two i diretti fornitori delle aziende Tier One, quindi di componentistica base

Il costo attuale delle celle



Source: JRC based on Nykvist and Nilsson [60], IEA's World Energy Outlook [62,63], IEA's Global EV Outlook [45], SET Plan [23], Boston Consulting Group [64], IDTechEx [52], Deutsche Bank [65] and Avicenne Energy [66]. Note: Observed average prices are based on BNEF's industry survey and are a volume-weighted average of Li-ion battery pack prices for EVs [26,67]. Reported average is the simple average of the data included in the graph.

Figura 3.11 - Andamento del costo dei pacchi batteria per EV in passato

Fonte: (Tsiropoulos), 2018

Nella Figura 3.11 è mostrato l'andamento decrescente del costo dei pacchi batteria considerando diverse fonti e assumendo come valore di riferimento dell'analisi una loro media. La variabilità di questi valori può essere dovuta al fatto che le metriche rappresentate non sono sempre coerenti tra le diverse fonti, in quanto possono rappresentare costi di produzione o prezzi di mercato dei pacchi batteria.

Lo studio più recente, condotto da Bloomberg New Energy Finance, dimostra che dal 2010 al 2019 i prezzi medi dei pacchi batteria sono diminuiti dell'87% raggiungendo indicativamente ad oggi 156 \$/kWh (140 €/kWh).

L'attuale diminuzione del costo, e dunque del prezzo delle batterie è da attribuirsi a diversi fattori suddivisibili in due tipologie: fattori tecnici e fattori di mercato.

Il principale **fattore tecnico** è l'aumento della scala di produzione: si ha una riduzione dei costi dovuti al maggior volume prodotto, all'aumento delle linee di produzione e alla nascita di forti economie di scala. Come mostrato in Figura 3.12, il costo varia a seconda del sistema di propulsione del veicolo e delle tipologie di celle utilizzate all'interno del pacco batteria.

L'aumento dei volumi di produzione permette inoltre una maggior ottimizzazione dei processi ed un aumento della stabilità, ad esempio attraverso l'automazione. Una variabile importante è la scelta dell'integrazione verticale delle fasi di produzione lungo la catena del valore (es. produzione di celle e pacchi), riducendo così le spese di trasporto ed i tempi di consegna. Una forte riduzione dei costi si potrà ottenere grazie ai continui sforzi per migliorare le prestazioni della batteria (principalmente la densità di energia), attraverso un miglioramento dei materiali, riducendo il costo degli stessi e migliorando il design della cella.

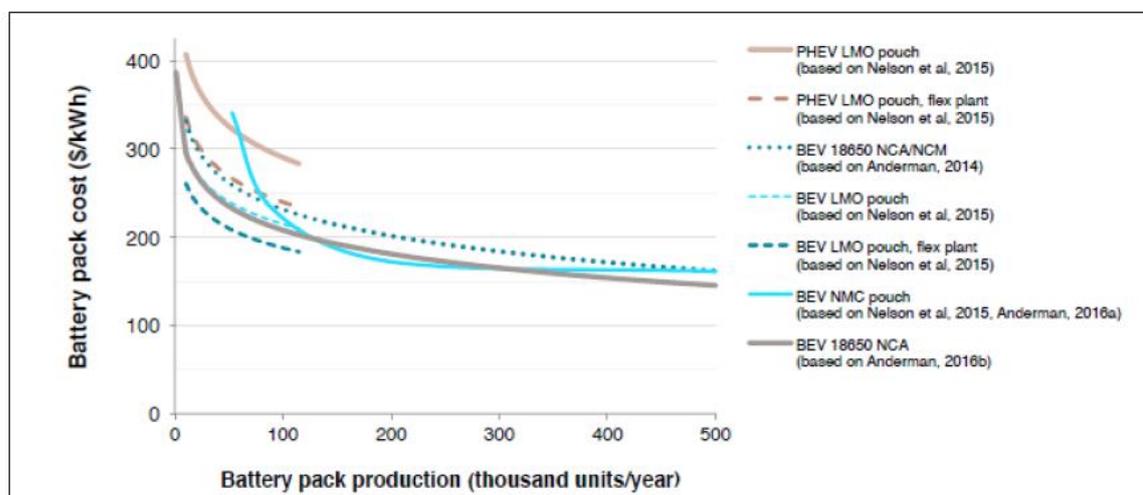


Figura 3.12 - Relazione del costo del pacco batteria e della produzione annua

Fonte: (Steen)

I **fattori di mercato** invece nascono a seguito di strategie aziendali e condizioni di compravendita. Questi sono una sovracapacità produttiva che può portare a squilibri di domanda e offerta, derivante da un aumento della concorrenza tra i produttori di celle, contratti di fornitura competitivi a lungo termine basati sulla riduzione anticipata dei costi ed infine comportamenti strategici dell'azienda. Le sinergie che nascono dai diversi settori di impiego delle batterie li-ion permettono di sfruttare le economie di apprendimento permettendo un ulteriore riduzione dei costi.

I dati pubblicati da Avicenne Energy (Avicenne Energy) mostrano una bassa redditività per i leader di mercato nella produzione di celle come Panasonic, LG Chem e Samsung SDI, con Earnings Before Interest & Tax (EBIT) nel 2016 pari allo 0%, -1% e -13%. Le cause dei bassi margini di profitto di questo mercato sono da attribuirsi a diverse dinamiche. Come

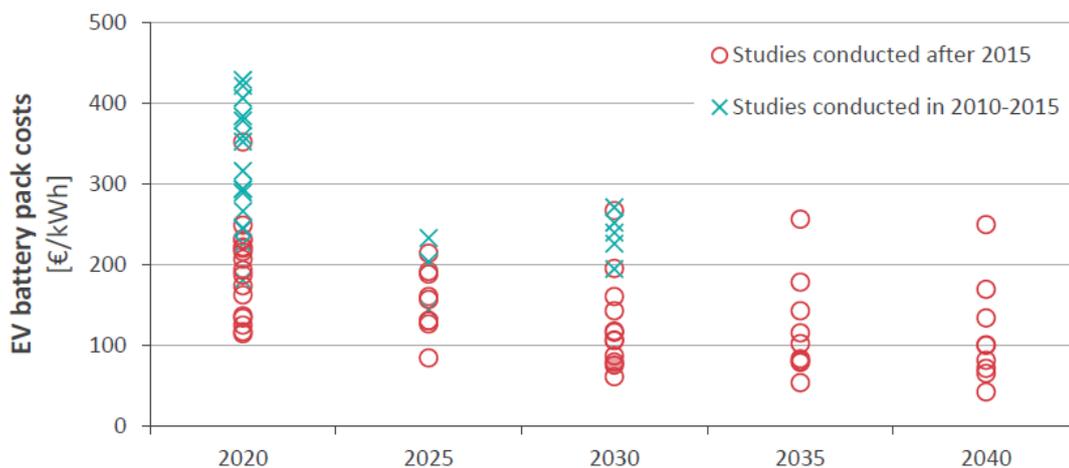
precedentemente mostrato, in questi anni i prezzi di vendita delle batterie stanno diminuendo e se i produttori non riescono a ridurre i costi, oppure i costi delle materie prime aumentano, i margini di profitto si riducono drasticamente. Altre condizioni che si sono verificate in passato sono un mismatch tra domanda e offerta. Nei primi anni di introduzione dell'elettrico la domanda di batterie era nettamente minore rispetto all'offerta globale. L'elevata concorrenza ha rappresentato per anni l'elemento di scarsa attrattività del settore per nuovi investimenti. Il potere contrattuale è rimasto per anni nelle mani di grandi aziende multisettoriali che negoziavano prezzi per loro vantaggiosi come garanzia nel caso avessero subito perdite finanziarie a causa della scarsa qualità della batteria.

Ad oggi, la domanda supera nettamente l'offerta disponibile, con una forte carenza di LIB. Questo può comportare un miglioramento del potere di determinazione dei prezzi per i produttori di LIB con un miglioramento dei profitti.

Il costo futuro delle celle

I costi futuri delle batterie agli ioni di litio sono direttamente influenzati dall'incertezza presente nella **capacità produttiva** globale di lungo periodo. I costi di produzione infatti dipendono dalle economie di scala e dall'esperienza cumulativa di produzione acquisita a livello globale. Elemento importante sarà la ricerca e sviluppo di nuovi design del pacco batteria. Un esempio recente è la nuova tecnologia brevettata da CATL, definita Cell-to-Pack, in cui le celle della batteria sono integrate direttamente nel pacco batteria anziché inizialmente nei moduli. Poiché questa tecnologia elimina il passaggio intermedio tramite i moduli, la batteria pronta per l'installazione può diventare più leggera, più piccola ed economica. A loro volta, i costi tecnologici e le proiezioni dei costi sono un parametro fondamentale che alimenta il processo politico.

Come indicato in Figura 3.13, la previsione del futuro costo del pacco batteria indica valori decrescenti da oltre 400 €/KWh a breve termine, ad un minimo di 40 €/KWh a lungo termine. Previsioni future mostrano un calo da circa 250 €/KWh nel 2020, a 110 €/KWh nel 2040.



Source: JRC based on literature sources (NREL [110], IEA [63,103], Schmidt et al. [57], Avicenne Energy [44], Deutsche Bank [65], BNEF [26], and several sources in Nykvist and Nilsson [60] and Berckmans et al. [111]).
 Note: the figure includes the cost target based on SET Plan for 2030 (filled symbol) [23].

Figura 3.13 - Previsione futura della diminuzione del costo del pacco batteria per EVs

Fonte: (Tsiropoulos), 2018

Il costo dei pacchi batteria muta a seconda delle variabili considerate nei diversi studi. Molti di questi si basano su delle curve di “apprendimento o esperienza tecnologica” ed esprimono il prezzo del pacco batteria in funzione di diversi fattori come la produzione annuale, il numero di brevetti, ecc...L’elevata variabilità dei valori trova una plausibile spiegazione: gli studi condotti tra il 2010 ed il 2015 hanno anticipato il calo dei prezzi, ma dopo il 2015 si è verificato un rapido calo dei prezzi e le stime prevedenti risultano dunque più conservative.

Le previsioni condotte da Bloomberg indicano che entro il 2030 il mercato delle batterie avrà un valore di 116 miliardi di dollari all’anno, esclusi gli investimenti in approvvigionamento. Questo studio prevede un costo del pacco batteria nel 2024 pari ad un valore di **100 \$/KWh**. Tale valore potrebbe già essere raggiunto nel 2023 solo se si dovesse verificare una domanda cumulativa di oltre 2 TWh. Per molti anni questo prezzo è stato considerato una soglia, al sopra della quale i BEV possono competere con modelli ICE comparabili per prezzo di vendita.

Questo valore è stato fissato anche come costo-obiettivo in Europa dal piano SET. Il possibile raggiungimento entro il 2025-2030, indica la fattibilità del piano, sia con scenari alti che moderati, che fissava un valore di costo pari a 75 €/KWh entro il 2030.

Queste previsioni di costo risultano realistiche se la capacità a livello globale aumenterà di circa 2 gigafactories all'anno fino al 2030. Se la domanda di celle dovesse aumentare rapidamente, c'è la premessa che la capacità produttiva esistente e in costruzione potrebbe non essere sufficiente a coprire la domanda globale. La carenza di batterie è uno degli elementi che può comportare un aumento del loro prezzo al di sopra dei costi previsti. Una situazione simile può derivare dalla carenza di capacità di estrazione per i materiali critici (ad es. Cobalto).

Entro il **2040** il costo potrebbe scendere, raggiungendo infine i **50 € / kWh**. La fattibilità di questa previsione è avvalorata dal minor costo che possono raggiungere le materie prime ed i materiali della cella, che rappresentano ad oggi il 60/75% del costo totale. A seconda della media storica dei loro prezzi si dimostra che possono raggiungere i 30 €/kWh confermando il possibile costo futuro di 40/50 €/kWh per i pacchi batteria.

3.4 La Strategia degli OEM

Gli OEM possono adottare diverse strategie, in base agli obiettivi che si prefiggono. Una prima distinzione fondamentale è la decisione tra integrazione o esternalizzazione nelle due diverse fasi, a monte o a valle, della value chain.

3.4.1 Strategie a monte della value chain

In un'ottica di *integrazione*, gli OEM godono di una duplice scelta: stringere partnership o JV con i produttori di celle, oppure integrarsi completamente, entrando in nuovi business che richiedono competenze chiave molto diverse da quelle che loro possiedono (know-how chimico e di processo). In particolare, in Europa le case automobilistiche non sembrano particolarmente desiderose di essere coinvolte nella produzione di celle. La strategia maggiormente intrapresa è dunque la creazione di partnership; ne sono esempi passati Panasonic e Toyota in Giappone, Daimler e Li-Tec in Germania, le recenti Volkswagen e Northvolt e Opel/PSA e Saft. Queste alleanze concedono agli OEM un diritto esclusivo al know-how, alla tecnologia e alla capacità produttiva dei produttori di batterie, permettendo inoltre ai costruttori automobilistici di poter differenziare il loro catalogo prodotti in base alla tecnologia della batteria. Tuttavia, questo tipo di relazioni svantaggiano gli OEM poiché

li vincola ad un determinato Specialized Manufacturer e non permette loro di stringere accordi con altri attori che presentano una tecnologia più innovativa e competitiva. Questa esclusività può limitare gli effetti di scala e la riduzione dei costi basata sulla produzione.

Anche in un'ottica di *esternalizzazione*, i produttori automobilistici possono ricorrere ad una duplice scelta: seguendo la Supply Chain del settore Automotive, comprare il prodotto dai Tier One Supplier oppure comprare direttamente dai produttori di celle. La prima opzione è quella maggiormente praticata; ne sono esempio Johnson and Controls con Saft negli Stati Uniti ed in Europa; SBLiMotive, una JV tra Samsung e Bosh. Gli accordi verranno stretti dai Tier One che apporteranno al prodotto le loro competenze di integrazione automobilistica. Gli OEM potranno beneficiare di un effetto di scala incrociato poiché diversi produttori automobilistici possono rifornirsi dagli stessi fornitori Tier One ma sarà assegnato loro meno controllo. Questo meccanismo permette inoltre di ridurre i costi iniziali e il potenziale costo del passaggio ad una tecnologia alternativa, qualora emergesse.

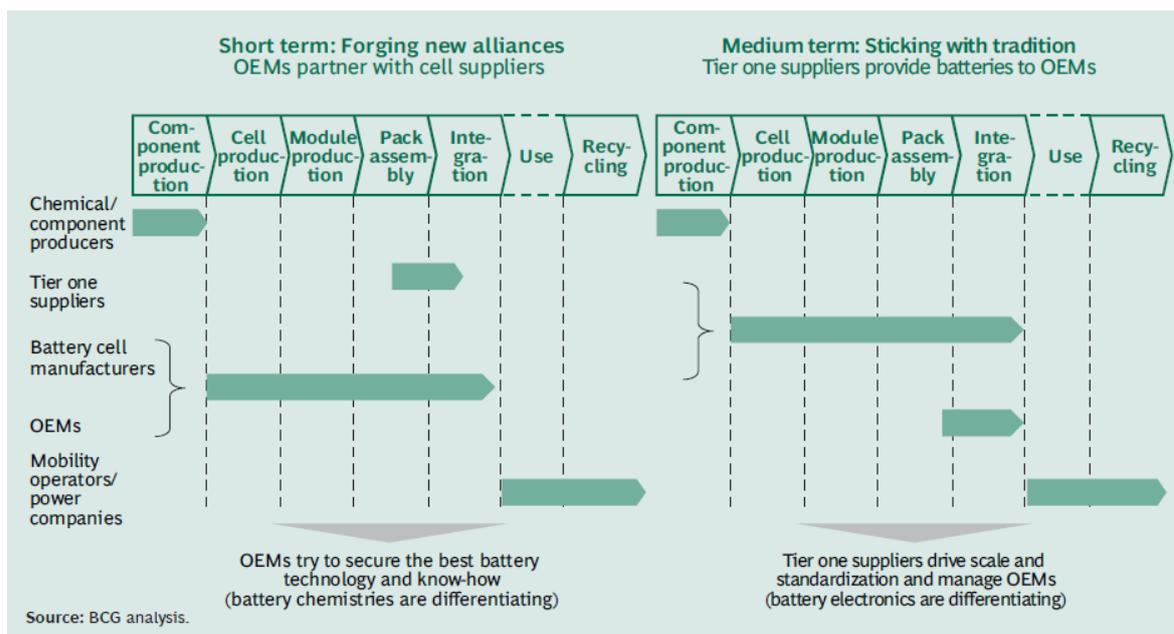


Figura 3.14 - Strategia degli OEM nel breve e nel lungo periodo

Fonte: (BCG)

Il fattore chiave che determinerà la scelta verso il primo o il secondo scenario è la preferenza degli OEM verso un maggior controllo e una differenziazione della tecnologia, oppure verso una maggior flessibilità e scala produttiva nel breve e medio termine (Figura 3.14). Nel breve periodo si prevede una maggior preferenza verso l'integrazione: gli OEM cercheranno di

ottenere un vantaggio competitivo iniziale, ampliando il loro know how e cercando di introdurre per primi delle soluzioni innovative sul mercato. Nel lungo periodo, quando il margine tenderà a diminuire e la scala produttiva sarà un elemento importante, si sposteranno verso relazioni più tradizionali, stringendo accordi con i fornitori di primo livello.

L'ampliamento della base di fornitori, richiesta dall'esternalizzazione, presenta spesso dei rischi. I singoli fornitori non possono garantire abbastanza materie prime a prezzi bassi da supportare la produzione richiesta. La crescente domanda di batterie sta mettendo sotto pressione la scarsa disponibilità di materiali, aumentando i rischi di approvvigionamento. Per cercare di ridurre questo rischio al minimo, gli OEM dovrebbero integrarsi il più possibile con i produttori di batterie perché quest'ultimi hanno un forte controllo sulle proprie catene di approvvigionamento. Questo garantirebbe inoltre ai produttori automobilistici una catena di fornitura locale, eliminando i rischi di trasporto per merci pericolose e capitale circolante

3.4.2 Strategie a valle della value chain

I grandi produttori automobilistici stanno diversificando le loro strategie a valle, ad esempio compiendo internamente l'assemblaggio di celle di batterie in moduli e pacchi, oppure entrando in nuovi mercati quali l'accumulo stazionario ed il riciclo di batterie esauste.

Molti OEM, come Renault, Daimler, BMW, Ford e Ferrari, stanno implementando operazioni sui pacchi e moduli di competenza. Questa manovra permette loro di creare maggior valore, riducendo le spese di trasporto di componenti grossi quali i pacchi batteria.

I sistemi di accumulo stazionario stanno crescendo rapidamente e a medio termine le batterie stazionarie dovrebbero interessare circa il 10% del mercato delle batterie. Gli OEM potranno attuare diverse strategie, diventando competitor dei loro stessi fornitori di batterie. Vendono sistemi di batterie agli attori del mercato stazionario residenziale e delle utility, usando come garanzia il loro forte brand. Stanno inoltre riproponendo in questo mercato le batterie per EV esauste. Quando queste non soddisfano più i requisiti per l'uso continuativo in un veicolo, mantengono comunque una capacità sufficiente di accumulo di energia che può essere potenzialmente utilizzata per applicazioni di stoccaggio stazionarie e di conseguenza una riduzione del costo di proprietà a vita della batteria. Tra i nomi noti si hanno Daimler, GM, BMW e Nissan.

Il secondo mercato interessante è quello del riciclaggio di batterie usate. Questo può contribuire ad assicurare l'accesso alle materie prime di batterie. In particolare, l'Europa ha un settore ben strutturato nel riciclaggio dei pacchi batteria, con una posizione dominante. Tuttavia, questo settore sta attualmente lottando per prepararsi ad aumentare i volumi di rifiuti delle batterie previsti dal settore della trazione automobilistica: grandi volumi saranno generati a valle in Europa e nel mondo, il che renderà necessari una corretta gestione dei flussi di questo tipo di rifiuti e il recupero dei materiali di valore. Verranno richiesti maggiori sforzi in ricerca ed innovazione per migliorare la convenienza economica dei processi di riciclaggio, lo sviluppo di processi più efficienti, la ricerca normativa per lo sviluppo di standard e linee guida per la raccolta ed il trasporto di batterie usate.

Capitolo 4

4 I finanziamenti dell'Unione Europea

Nel precedente capitolo è stata analizzata la capacità produttiva installata e attualmente presente a livello globale ed europeo. Si sono analizzati i fattori considerati per la localizzazione di un investimento in celle LIB e tra questi, elementi di forza sono le politiche del paese e dei governi. Nella maggior parte dei casi, queste politiche sono attuazioni di disposizioni che provengono direttamente dall'Unione Europea che stanziava dei fondi per la loro realizzazione.

Da una visione attuale, si passa ad una visione futura. Attraverso un'analisi delle politiche della Commissione Europea in merito all'emergente mercato dei sistemi di accumulo mobile e stazionario, si cerca di prevedere l'andamento dei futuri finanziamenti.

4.1 Il quadro strategico e normativo

L'Unione Europea interviene e regola diversi settori, ponendosi degli obiettivi di lungo periodo. Questi obiettivi creano il cosiddetto *Piano Strategico dell'UE* di durata decennale e costituiscono una base sulla quale assumere le future decisioni. I principali settori di interesse sono: Ricerca ed Innovazione, Occupazione, Cambiamento climatico, Energia e Mobilità, Lotta alla povertà e Educazione.

La creazione di una strategia permette inoltre di allocare efficacemente il bilancio pluriennale dell'UE, definito *Quadro Finanziario Pluriennale (QFP)*. Questo fissa i limiti della spesa per un periodo di almeno cinque anni, nonostante recentemente abbia coperto periodi superiori, pari a sette anni. Il QFP ha lo scopo di allineare la spesa dell'UE con le sue priorità strategiche e politiche, agevolando l'adozione di un bilancio annuale. Questo approccio a lungo termine dei finanziamenti contribuisce a rendere più efficaci le politiche e i programmi dell'Europa.

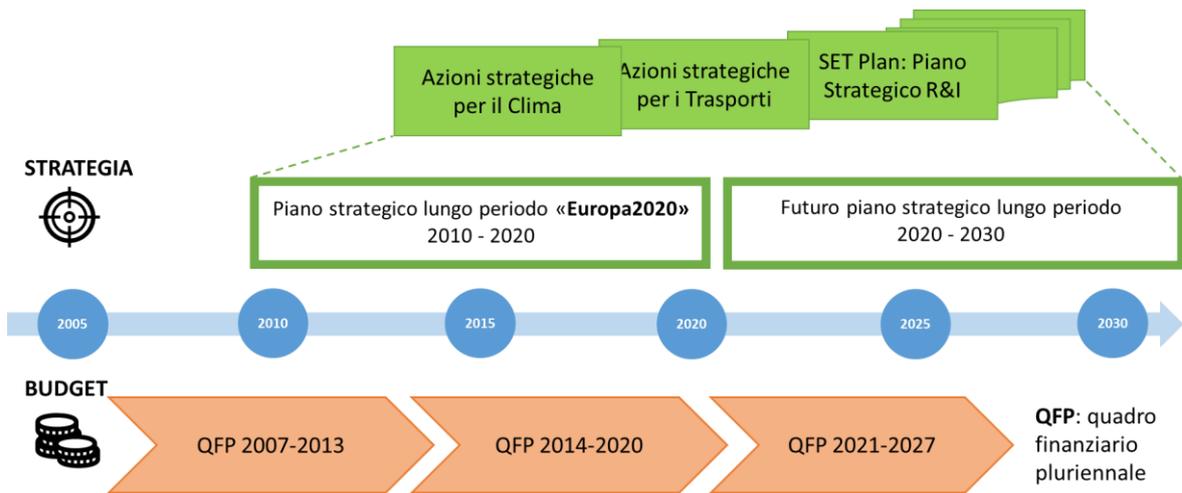


Figura 4.1 - Evoluzione della struttura strategica e finanziaria dell'UE

Oltre alla strategia di lungo periodo, sono presenti temi che richiedono un'attenzione particolare e per i quali vengono definite delle *Azioni Strategiche* a parte, con un maggiore orizzonte decisionale (Figura 4.1). Queste rappresentano le fondamenta per costituire un adeguato sistema normativo, composto da “pacchetti” di misure, ossia da un insieme di atti legislativi. Gli atti legislativi sono leggi emanate dalle istituzioni che possono essere suddivisi in *regolamenti*, che entrano in vigore senza la necessità di misure nazionali di attuazione e *direttive*, ossia leggi che, al contrario, richiedono specificamente tali misure.

In Figura 4.2 sono presenti le diverse misure di sostegno a favore della domanda di batterie per lo stoccaggio e la mobilità elettrica attuate dall'UE.

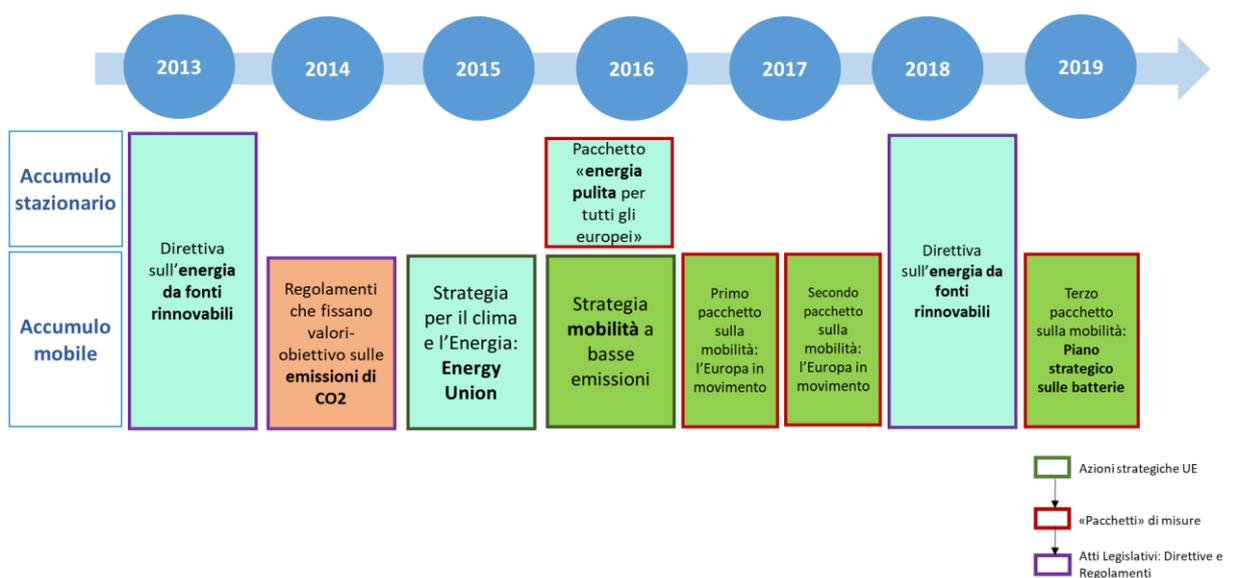


Figura 4.2 - Storico delle misure adottate dall'UE per lo stoccaggio di elettricità

A livello strategico si evidenziano due azioni: “*Strategia per il Clima e l’Energia*” o Energy Union e la “*Strategia sui Trasporti*”, o strategia sulla mobilità a basse emissioni.

L’Azione strategica per il Clima e l’Energia è stata formulata nel 2015, con orizzonte 2030 e permette un approccio coerente sul tema in diversi settori politici. L’elemento centrale dell’Energy Union è il pacchetto di misure dal titolo «*Energia pulita per tutti gli europei*». L’obiettivo delle misure è di garantire una transizione energetica pulita ed equa a tutti i livelli dell’economia, dalla produzione energetica fino alle abitazioni, aumentando la decarbonizzazione attraverso un maggior impiego di energia rinnovabile. Mira a stabilire il giusto equilibrio tra il processo decisionale a livello dell’UE e quelli a livello nazionale e locale. In questo modo si scoprono sinergie e miglioramenti di efficienza che rimarrebbero inesplorati se ciascun paese dell’UE agisse da solo. Ogni paese conserva la propria indipendenza nella scelta del mix energetico e del percorso da intraprendere per raggiungere gli obiettivi energetici e climatici che si è dato, ma segue comunque un approccio comune.

Questo pacchetto contiene otto atti legislativi con i quali cerca di ridurre gli ostacoli normativi presenti in materia di stoccaggio dell’elettricità. I due atti legislativi maggiormente rilevanti risultano:

- La direttiva sulle norme comuni per il mercato interno dell’energia elettrica;
- Il regolamento sul mercato interno dell’elettricità;

Stabiliscono norme comuni per la generazione, la trasmissione, la distribuzione, lo stoccaggio e la fornitura dell’energia elettrica, con il fine di creare mercati dell’energia effettivamente integrati, competitivi, incentrati sui consumatori, flessibili, equi e trasparenti nell’Unione.

Oltre a questo pacchetto di misure, la strategia per il Clima e l’Energia ha previsto direttive e regolamenti quali:

- La rifusione della direttiva sulle energie rinnovabili del 2013, che innalzerà al 32% la quota di energie rinnovabili entro il 2030, con la possibilità di incrementare tale percentuale già nel 2023¹⁶;

¹⁶ Direttiva (UE) 2018 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell’11 dicembre 2018 sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili.

- Il Regolamento¹⁷ che fissa valori obiettivo sulle emissioni di CO₂ del 2014 con rivisitazione su recente adozione dei livelli di emissioni;

L'azione strategia per i Trasporti, o strategia sulla mobilità a basse emissioni, è definita da tre pacchetti sulla mobilità, denominati “*L'Europa in movimento*”¹⁸. Di questi tre pacchetti, quello che risulta di forte rilevanza per lo sviluppo dei sistemi di stoccaggio europei è il terzo pacchetto, intitolato “*Piano d'azione strategico sulle batterie*”¹⁹. Propone azioni che vanno dall'estrazione, approvvigionamento e raffinazione delle materie prime alla produzione di celle e ai sistemi di batterie, sino al riciclaggio e al riutilizzo. Le misure contemplate includono la sicurezza dell'approvvigionamento di materie prime, il sostegno alla ricerca e all'innovazione e la collaborazione con gli investitori per promuovere la scalabilità e la produzione di soluzioni innovative. Questo pacchetto mira a sviluppare un vantaggio competitivo per l'UE, attraverso 37 azioni fondamentali incentrate su un maggior utilizzo degli strumenti normativi e dei finanziamenti esistenti²⁰.

4.2 Le manovre dell'UE sullo stoccaggio di energia

Come riportato nell'atto dell'Unione Europea “COM (2019)176 final”, l'obiettivo della Commissione Europea è far sì che l'UE diventi leader a livello industriale e accresca la propria autonomia strategica nel settore delle batterie lungo tutta la catena del valore. Intende dunque preparare il terreno per un ecosistema delle batterie che sia sostenibile, competitivo ed innovativo. Ha individuato nello stoccaggio dell'energia una catena del valore di importanza strategica proponendo un'impostazione guidata dall'industria. La Commissione sostiene dunque lo sviluppo della cooperazione tra i principali operatori del settore, incoraggiando la formazione di *consorzi nel campo della ricerca e dell'innovazione* e facilitando un ricorso più efficace ai *fondi e meccanismi di finanziamento* esistenti, in stretta collaborazione con la BEI (Banca Europea per gli Investimenti) e gli Stati membri.

¹⁷ Regolamento (UE) N. 333/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2014 che definisce le modalità di conseguimento dell'obiettivo 2020 di riduzione delle emissioni di CO₂ delle nuove autovetture.

¹⁸ COM (2016) 501 final

¹⁹ COM (2018) 293 final, 17 maggio 2018

²⁰ COM (2019) 176 final

4.2.1 Ricerca & Innovazione

Il sostegno dell'Unione Europea in merito ai sistemi di stoccaggio mobili e stazionari avviene su più fronti e dedica un impegno particolare agli investimenti in Ricerca ed Innovazione. In questo contesto un ruolo importante è rivestito dall'Energy Union che prevede un insieme di azioni per l'innovazione che dovranno articolarsi su delle priorità stilate dagli Stati membri e della Commissione e che si sono impegnate ad implementare:

- Essere leader mondiale nello sviluppo della prossima generazione di tecnologie delle energie rinnovabili con una produzione rispettosa dell'ambiente;
- Agevolare la partecipazione dei consumatori alla transizione energetica mediante reti e città intelligenti;
- Dotarsi di sistemi di trasporto più sostenibili e innovativi per migliorare l'efficienza energetica e ridurre le emissioni di gas ad effetto serra;

Queste azioni strategiche sono supportate dal **SET Plan** (Strategic Energy Technology Plan), strumento adottato dall'UE come riferimento per investimenti pubblici e privati che disegna il quadro tecnologico innovativo in ambito energia, cambiamenti climatici, ambiente e trasporto.

Per poter implementare questa strategia il Comitato del SET Plan ha predisposto una "road map integrata" sull'intera catena di innovazione, dalla ricerca di base fino all'immissione dei prodotti sul mercato, stilando 10 azioni chiave. Queste definiscono per gli stati membri e per i principali stakeholder il livello di ambizione in termini di priorità di finanziamenti. L'implementazione è avvenuta attraverso 13 Working Group che hanno definito una Dichiarazione di Intenti per ciascuna azione ed elaborato dei Piani di Implementazione che offrono un quadro di riferimento per tutti gli Stati membri a livello nazionale (Figura 4.3).



Energy Union R&I and competitiveness pillar	SET Plan 10 Key Actions	SET Plan Declarations of Intent / Working Groups
N° 1 in renewables	<i>Develop highly performant renewables</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Novel PV • Offshore wind
	<i>Reduce cost of key renewable technologies</i>	<ul style="list-style-type: none"> • CSP • Ocean • Deep geothermal
Smart EU energy system with consumers at the centre	Create new technologies and services for energy consumers	<ul style="list-style-type: none"> • Energy consumers • Smart cities and communities
	Increase the integration, security and flexibility of energy systems	<ul style="list-style-type: none"> • Integrated and flexible energy systems
Efficient energy systems	Increase energy efficiency for buildings	<ul style="list-style-type: none"> • Energy efficiency in buildings Heating and cooling in buildings
	Increase energy efficiency in industry	<ul style="list-style-type: none"> • Energy efficiency in industry
Sustainable transport	Become competitive in the battery sector for e-mobility and stationary storage	<ul style="list-style-type: none"> • Batteries for e-mobility and stationary storage
	Strengthen market take-up of renewable fuels and bioenergy	<ul style="list-style-type: none"> • Renewable fuels and bioenergy
Carbon capture storage / use	Step-up R&I activities and commercial viability of CCS/U	<ul style="list-style-type: none"> • Carbon capture storage / use
Nuclear safety	Increase nuclear safety	<ul style="list-style-type: none"> • Nuclear safety

Figura 4.3 - Obiettivi dell'Energy Union e loro attuazione attraverso il SET Plan

Fonte: (Basosi)

Questa linea strategica è stata confermata dal passato Quadro Finanziario Pluriennale (2014 – 2020), ossia l'insieme di programmi, progetti e fondi sui quali viene allocato il budget pluriennale dell'UE. I fondi si distinguono in fondi diretti, ossia gestiti direttamente dalla Commissione Europea ed indiretti, ossia fondi strutturali gestiti con le amministrazioni degli Stati membri. In particolare, per quanto concerne i finanziamenti in Ricerca ed Innovazione, si considera il fondo diretto o Programma Quadro “**Horizon 2020**”.

In materia di stoccaggio di energia in rete e per mobilità a basse emissioni, ad ottobre 2018 Horizon 2020 aveva erogato 1,34 miliardi di euro per la realizzazione di 396 progetti. Tale importo rappresentava il 3,9% del contributo totale dell'UE (34 miliardi di euro) versato fino a quel momento per progetti nel quadro di Horizon 2020. Il 25% del fondo era destinato a progetti concernenti le batterie, il 37% a progetti inerenti celle a combustibile o idrogeno. Più della metà di 335 milioni di euro assegnati a progetti di ricerca sulle batterie mediante contratti riguardavano progetti inerenti batterie agli ioni di litio. I fondi spesi per batterie di nuova generazione sono stati invece ripartiti con le seguenti modalità: 7% litio-zolfo, 3% flusso redox, 1% stato solido, meno dell'1% piombo-acido. Un altro 13% ha sostenuto lo

sviluppo di altre varie tecnologie avanzate per batterie quali batterie agli ioni di sodio, zolfo-sodio, flusso acido-base, zinco-aria e a ioni di calcio (Figura 4.4).

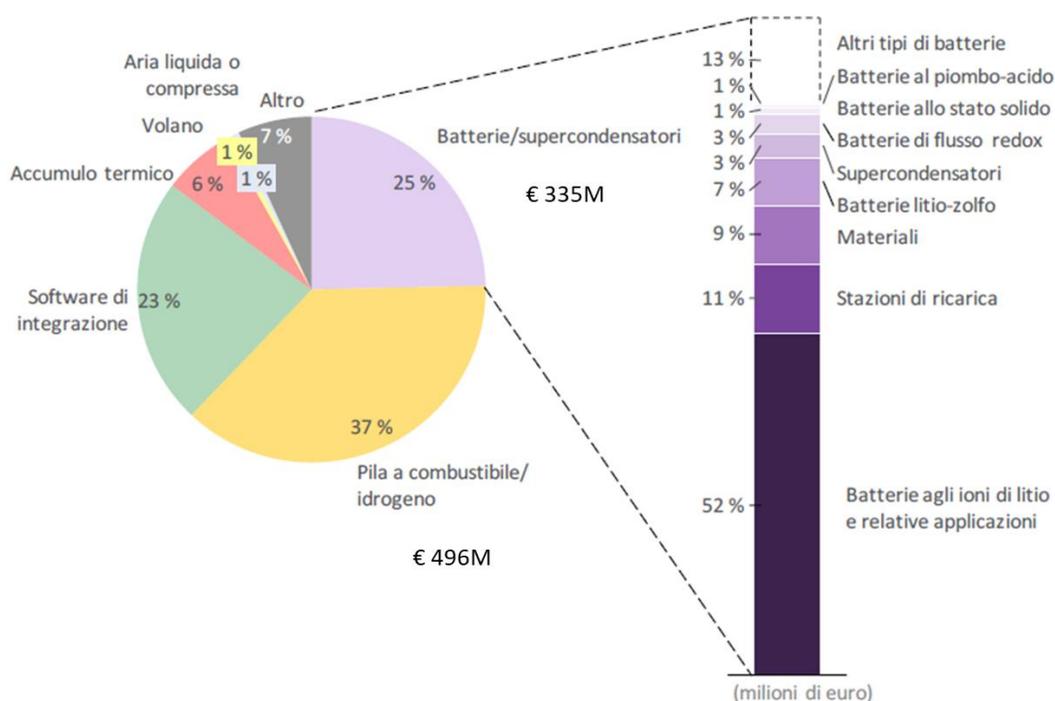


Figura 4.4- Ripartizione dei fondi di Horizon2020 sui sistemi di stoccaggio di energia

Fonte: (Europa)

Successivamente, a Gennaio 2019, Horizon2020 ha bandito un invito a presentare progetti attinenti batterie per un importo pari a 114 milioni di euro, a cui si è aggiunto un successivo finanziamento, a dicembre 2019, per un importo di 132 milioni di euro.

La Commissione gestisce in maniera diretta la maggior parte dei programmi che fanno parte di Horizon 2020. Sovvenziona principalmente ricercatori e strumenti per il sostegno della Ricerca e Innovazione in piccole e medie imprese. Cofinanzia partenariati pubblico-privati e reti collaborative, come l'Istituto Europeo di Innovazione e Tecnologia e le Comunità dell'Innovazione InnoEnergy (CCI EIT InnoEnergy) e delle Materie Prime (CCI EIT Materie Prime).

Il passato Quadro Finanziario Pluriennale ha destinato capitali in maniera specifica a progetti di R&I in materia di sistemi di stoccaggio mobili e stazionari. Risulta dunque interessante capire in che misura verranno stanziati finanziamenti sul tema nel nuovo QFP (2021 – 2027).

In merito alla ricerca, il nuovo programma settennale si chiamerà **Horizon Europe** e presenterà una struttura diversa dal precedente (Figura 4.5).

	HORIZON 2020	vs	HORIZON 2020
 PERIODO	2014 - 2020		2021 - 2027
 BUDGET	78,6 miliardi di euro		97,6 miliardi di euro
 PILASTRI	Eccellenza scientifica Leadership industriale Sfide per la società		Eccellenza scientifica Sfide globali Europa innovativa
 SETTORI STRATEGICI	Sanità Sicurezza dei prodotti alimentari Energia pulita ed efficiente Trasporti green ed intelligenti Azioni per il clima e l'ambiente Società sicura Spazio ed ICT		Sanità Sicurezza civile per la società Digitale ed Industria Clima, Energia e Mobilità Prodotti alimentari e risorse naturali

Figura 4.5 - Confronto tra il Programma Quadro di R&I attuale e futuro

La diversa allocazione del budget in base agli obiettivi considerati dai due programmi di ricerca non permette di svolgere un confronto diretto. Il Quadro Finanziario Pluriennale 2014 – 2020 ha stanziato un bilancio pluriennale di 1087 miliardi di euro ed ha destinato alla ricerca un totale di 78,6 miliardi di euro. Il nuovo Quadro Finanziario Pluriennale 2021 – 2027 ha previsto un budget pluriennale di 1279,4 miliardi di euro, destinando alla ricerca 97,6 miliardi di euro, ossia un importo superiore a quello precedente di 19 miliardi di euro. Un confronto in termini percentuali conferma l'incremento di budget per R&I. Horizon Europe occuperà il 7,63% dell'intero Budget Pluriennale, mentre Horizon2020 ricopriva il 7,23%.

4.2.2 Gli strumenti finanziari

Il Programma Quadro Horizon 2020 è un programma complesso, benché più semplice dei suoi predecessori. Nella relazione intermedia effettuata dalla Corte dei conti europea²¹ (relazione speciale n. 28/2018), questa ha notato che l'onere amministrativo gravante sui

²¹ La Corte dei conti europea è un'istituzione dell'Unione Europea che esegue accertamenti e verifiche sulla corretta gestione finanziaria dei vari organi dell'UE.

beneficiari era stato ridotto, ma che il programma era rimasto complesso. La complessità degli strumenti di finanziamento attrae in maniera minore potenziali partecipanti e costituisce anche uno svantaggio per i potenziali richiedenti che non conoscono nel dettaglio le norme di finanziamento dello strumento.

La Commissione ha messo a disposizione diversi strumenti finanziari. A seconda del grado di maturità tecnologica di un prodotto o processo, individuato da una apposita metrica, si identifica quale strumento finanziario può sovvenzionare adeguatamente una determinata proposta progettuale. In particolare, la metodologia utilizzata per la valutazione del grado di maturità di una tecnologia, prodotto o processo è il TRL o Technology Readiness Level. È un indice basato su una scala di valori da 1 a 9 posti in ordine crescente, dove un valore basso indica la ricerca di base ed un valore alto la prima produzione (Figura 4.6).

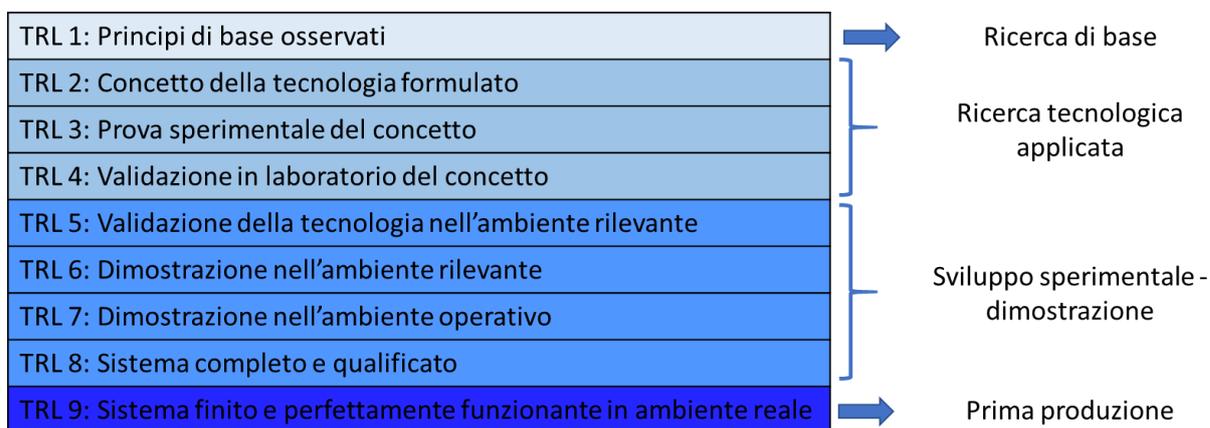
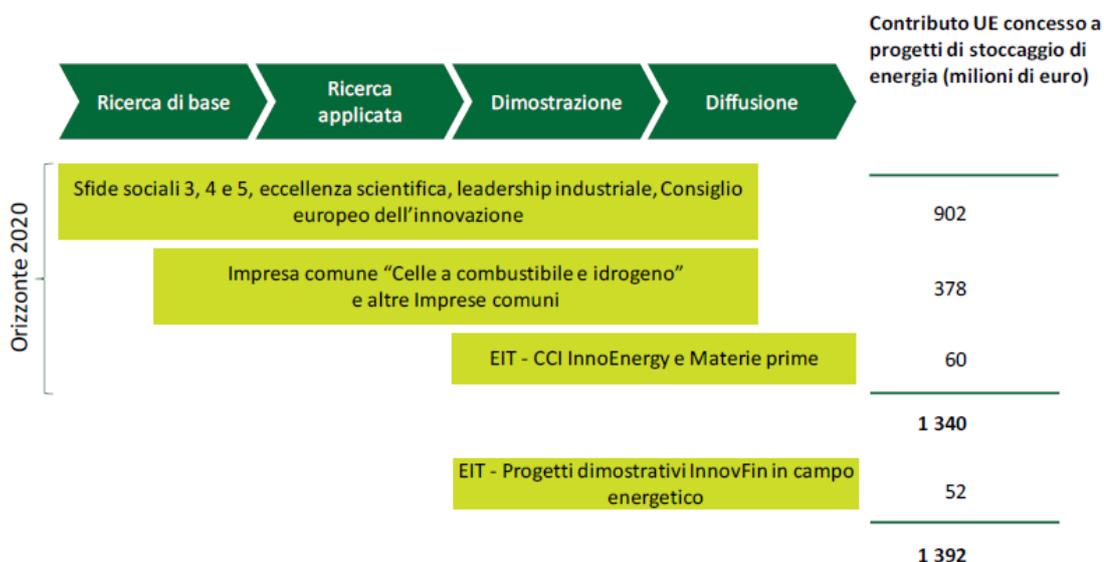


Figura 4.6 - Livelli di TRL adottati dalla Commissione Europea

In figura 4.7 sono indicati i principali strumenti di finanziamento utilizzati dell'UE a sostegno della Ricerca e Innovazione in materia di stoccaggio di energia e dichiarati fino ad ottobre 2018. Il principale strumento utilizzato è stato Horizon 2020, affermato dalla Commissione, essere lo strumento che maggiormente è in grado di portare le idee dal laboratorio al mercato. Questo programma infatti ammette al finanziamento proposte progettuali che riguardano fasi iniziali di ricerca, nonché fasi successive, con un valore di TRL da 2 ad 8. In passato, i maggiori progetti che sono stati sovvenzionati da Horizon 2020 presentavano valori di TRL in un range da 3 a 5.



Nota: sono prese in considerazione anche le sovvenzioni concesse prima di ottobre 2018.

Figura 4.7 - Strumenti di finanziamento utilizzati dall'UE in merito ai sistemi di stoccaggio

Fonte: (Europea)

Attualmente contribuiscono a sostenere gli investimenti nell'UE 14 diversi strumenti finanziari, il principale dei quali è il Fondo Europeo per gli Investimenti Strategici (FEIS), in stretta collaborazione con la BEI (Banca europea per gli Investimenti). Il FEIS sostiene gli investimenti strategici in settori chiave, quali le infrastrutture, l'efficienza energetica e l'energia rinnovabile, la ricerca e l'innovazione, l'ambiente, l'agricoltura, la tecnologia digitale, l'istruzione, la sanità e i progetti sociali. Inoltre, aiuta le piccole imprese ad avviare l'attività, crescere ed espandersi, fornendo capitale di rischio.

Tra gli strumenti attualmente presenti che mettono a disposizione capitali per la macro-area "Clima, Energia e Mobilità", di cui la sezione "Tecnologie di stoccaggio mobili e stazionarie" risultano InnovFin EDP (Energy Demo Project), Innovation Fund, BEV-E.

InnovFin EDP è lo strumento finanziario utilizzato dalla BEI per finanziare progetti dimostrativi inediti ed innovativi in fase pre-commerciale che contribuiscono alla transizione energetica, nei particolari settori delle energie rinnovabili, dei sistemi energetici intelligenti e dello stoccaggio dell'energia. Possono interessare processi di fabbricazione o servizi innovativi in campo energetico e coprono proposte progettuali con un livello di TRL variabile tra 7 ed 8. L'obiettivo ultimo è quello di aiutare i progetti a superare la cosiddetta

“valle della morte”, che separa la fase di dimostrazione da quella di entrata nel mercato (Figura 4.8).

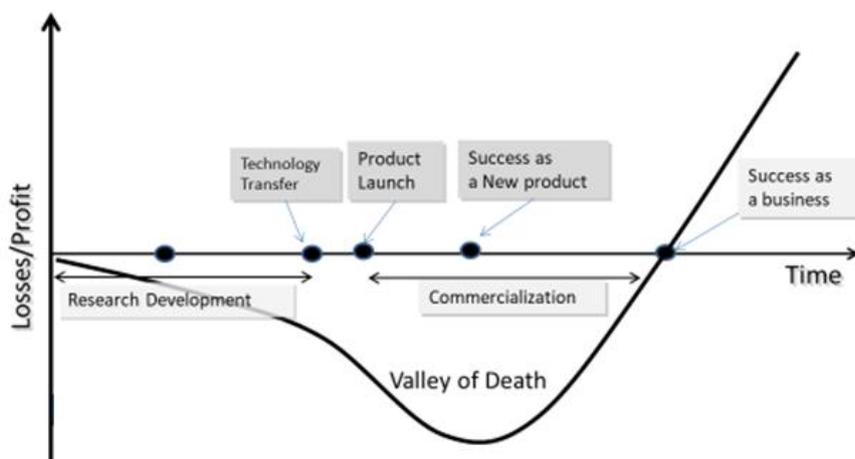


Figura 4.8 - "Valle della morte" che deve superare un progetto prima di essere commercializzato

Fonte: (Basosi)

Questo prodotto è nato per agevolare l'ottenimento dei finanziamenti che si avevano con il SET Plan. Offre una gamma di prodotti finanziari su misura per il sostegno in ricerca ed innovazione condotto da piccole, medie e grandi imprese e da promotori dell'infrastruttura di ricerca. La BEI prevede dei finanziamenti compresi da 7,5 milioni di euro a 75 milioni, limitandosi a coprire fino al 50% dei costi ammissibili del progetto e con una durata fino a 15 anni.

Innovation Fund è lo strumento finanziario dell'UE che finanzia i maggiori progetti innovativi maturi basati su basse emissioni di carbonio, permettendogli di raggiungere il mercato dopo aver superato la fase di ricerca. Contribuisce a creare i giusti incentivi finanziari affinché i progetti superino la fase di dimostrazione, con livelli di TRL maggiori di 5. Promuove la crescita e la competitività delle aziende europee assegnando loro un vantaggio competitivo per diventare leader tecnologici a livello globale. Le entrate di Innovation Fund provengono dalla vendita all'asta di 450 milioni di quote di EU Emission Trading System²², nonché da eventuali fondi non spesi provenienti dal programma NER300. Il Fondo ammonta ad un valor medio di circa € 10 miliardi.

²² Sistema di scambio di quote di emissioni dell'Unione Europea dal 2020 al 2030. Il prezzo delle quote varia a seconda del prezzo del carbonio.

BEV-E (Breakthrough Energy Venture – Europe) è un innovativo meccanismo di finanziamento pubblico – privato che aiuta a commercializzare tecnologie energetiche rivoluzionarie e radicalmente nuove. Questa tipologia di finanziamento supporta progetti che presentano dei TRL compresi tra 7 e 9, ossia quasi pronti alla commercializzazione. Il fondo prevede un contributo di 50 milioni di euro da parte della BEI attraverso InnovFin ed un contributo di 50 milioni di euro da parte di Breakthrough Energy Venture, un fondo guidato da investitori che sostengono nuove aziende all'avanguardia nel settore energetico. Contribuirà al rispetto degli impegni assunti dall'UE delineati nel pacchetto "Energia pulita per tutti gli europei" della Commissione, comprese le proposte intese ad incoraggiare l'innovazione dell'energia pulita, aumentare l'efficienza energetica, incrementare l'utilizzo di energia rinnovabile e riformare il mercato europeo dell'energia.

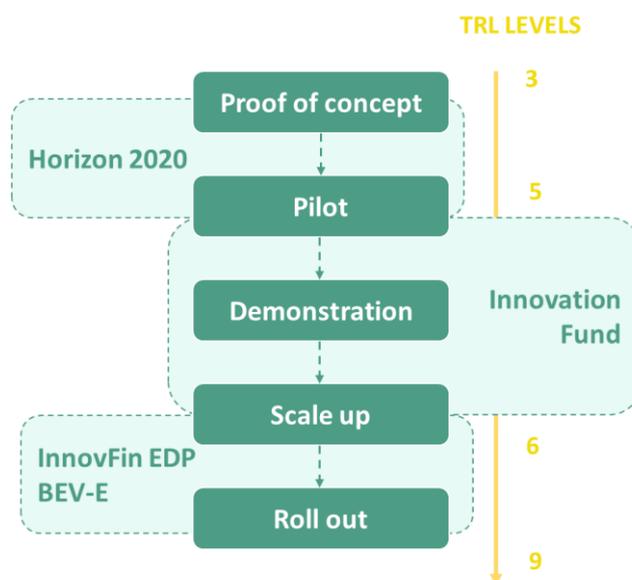


Figura 4.9 – Fondi che finanziano progetti di accumulo dell'energia e relativi livelli di TRL

Nel nuovo QFP 2021-2027, per eliminare il divario esistente tra ricerca e applicazione delle innovazioni, la Commissione ha previsto una nuova struttura di finanziamenti. Il maggior cambiamento sarà l'introduzione di **InvestEU**, un nuovo fondo di investimento integrato che prende il posto del FEIS. Permette di facilitare l'accesso ai finanziamenti raggruppando al suo interno diversi strumenti finanziari e diversificando il rischio.

Il futuro bilancio dell'UE prevede una garanzia di 38 miliardi di euro a sostegno di progetti di importanza strategica in tutti gli Stati membri. Il fondo è destinato a sostenere quattro settori d'intervento:

- Infrastrutture sostenibili
- Ricerca, innovazione e digitalizzazione
- Piccole e medie imprese
- Investimenti sociali e competenze

Il meccanismo di combinazione di diversi strumenti finanziari si definisce “Blending” ed attrae investimenti pubblici e privati, creando un effetto moltiplicatore della spesa pubblica (fattore moltiplicativo x 13,7). La Commissione prevede che il fondo InvestEU consentirà di mobilitare oltre 650 miliardi di euro di investimenti aggiuntivi in UE (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Funzionamento del fondo InvestEU

4.2.3 La rete europea delle batterie

“Spinta dall’attuale transizione verso le energie pulite, la domanda di batterie subirà un rapido aumento nei prossimi anni. Il potenziale del mercato europeo potrebbe raggiungere un valore di 250 miliardi di euro a partire dal 2025”²³.

Sulla base di queste previsioni, la Commissione ha collaborato con molti Stati membri e principali operatori dell’industria per creare una rete europea delle batterie competitiva, sostenibile ed innovativa, che copra l’intera catena del valore. Con questo obiettivo, ad ottobre 2017, è stata varata l’iniziativa “**European Battery Alliance**” (EBA). È una piattaforma cooperativa che riunisce e rafforza il rapporto tra Commissione Europea, Stati membri, BEI, principali parti industriali interessate ed attori dell’innovazione. Lo scopo finale dell’EBA è la rapida realizzazione di oltre 20 gigafactory in Europa per la produzione

²³ Affermazione di EIT Inno Energy, comunità della conoscenza e dell’innovazione (CCI) dell’Istituto europeo di innovazione e tecnologia (EIT).

di celle di batterie. Questo obiettivo è stato fissato da EIT InnoEnergy per evitare la dipendenza tecnologica dei concorrenti a seguito dell'incremento di domanda attesa di celle LIB entro il 2025. Si è dunque stabilito un programma di sviluppo industriale, EBA250, al quale hanno aderito 260 operatori dell'industria e dell'innovazione, gestito da EIT InnoEnergy, che ha annunciato ad aprile 2019 investimenti privati fino a 100 miliardi di euro nell'intera catena del valore.

A monte, la rete delle batterie prevede diverse partnership ed iniziative in ambito di Ricerca e Innovazione. Con Horizon 2020 sono stati allocati fondi per la realizzazione di progetti in materia di sistemi di stoccaggio mobili e stazionari e sono state varate delle *"iniziative-faro"*. Queste sono iniziative di ricerca di lungo periodo che permettono di conseguire un effetto su larga scala, superiore alla somma dei singoli sforzi compiuti nell'ambito di normali iniziative. Nel 2018 la Commissione ha consultato un gruppo di portatori di interesse nel campo della ricerca e dell'industria per future tecnologie applicabili alle batterie. Questi hanno presentato una proposta pubblicando il Manifesto **"Battery2030+"**. La prima versione di questo piano decennale è stata rilasciata a Gennaio 2019 e presenta degli obiettivi intermedi, segnalati da milestone a 3,6 e 10 anni. La visione di questo programma di ricerca è quella di inventare le batterie del futuro, ad alte prestazioni, affidabili, sicure, sostenibili e convenienti. Tra i principali obiettivi che si pone si hanno la creazione di una piattaforma di modellazione per nuovi materiali ed una gestione intelligente delle batterie attraverso dei sensori e sistemi di gestione della batteria migliorati e maggiormente performanti. Una seconda versione è in fase di sviluppo e verrà presentata nel secondo trimestre del 2020 con il titolo **"Battery 2030 Plus"**.

A livello regionale in UE, si sono creati dei partenariati interessati a portare avanti progetti comuni ed a sviluppare ecosistemi nel settore delle batterie, creando sinergie tra investimenti pubblici e privati. Il principale partenariato ad oggi presente, varato ad ottobre 2018, presenta progetti di investimento che presentano un livello minimo di TRL pari a 5 o 6, con l'obiettivo di raggiungere un TRL finale di 9, arrivando quindi alla commercializzazione di un progetto interregionale guidato dall'industria.

Una nuova forma di partenariato pubblico-privata di ricerca e sviluppo in ambito industriale è rappresentata dai progetti **IPCEI** (Important Projects of Common European Interest). Differiscono dai partenariati di Horizon 2020 in quanto non direttamente organizzati o finanziati dall'UE, ma da consorzi di Stati membri e imprese con l'approvazione della

Commissione per la Concorrenza. Per essere classificati come IPCEI, le proposte di progetto devono coinvolgere più di uno Stato membro e contribuire a raggiungere degli obiettivi strategici dell'Unione con ricadute positive sull'economia europea e sull'intera società. I progetti che interessano R&I, sono approvati dalla Commissione Europea solo se fortemente innovativi, se superano lo stato dell'arte dei settori di interesse, se affrontano una necessità che il mercato da solo non può soddisfare e non danneggiano la concorrenza. Dall'adozione delle norme sugli IPCEI nel 2014, si sono individuate delle Catene Strategiche del Valore (CSV) su cui l'Europa investirà attraverso questi partenariati: veicoli connessi e a guida autonoma, industria a bassa emissione di carbonio, tecnologie e sistemi ad idrogeno, sicurezza informatica, batterie, microelettronica e computer ad alte prestazioni.

Verso la fine del 2018 diversi Stati membri dell'UE hanno avviato processi volti a individuare potenziali consorzi e hanno collaborato alla progettazione del primo IPCEI sulle batterie. Quest'ultimo ha ottenuto l'approvazione finale da parte della Commissione Europea a dicembre 2019, con un finanziamento totale di 3,2 miliardi di euro assegnato a 7 Stati europei, ed in particolare a 17 attori operanti lungo tutta la catena del valore delle batterie (Figura 4.11).

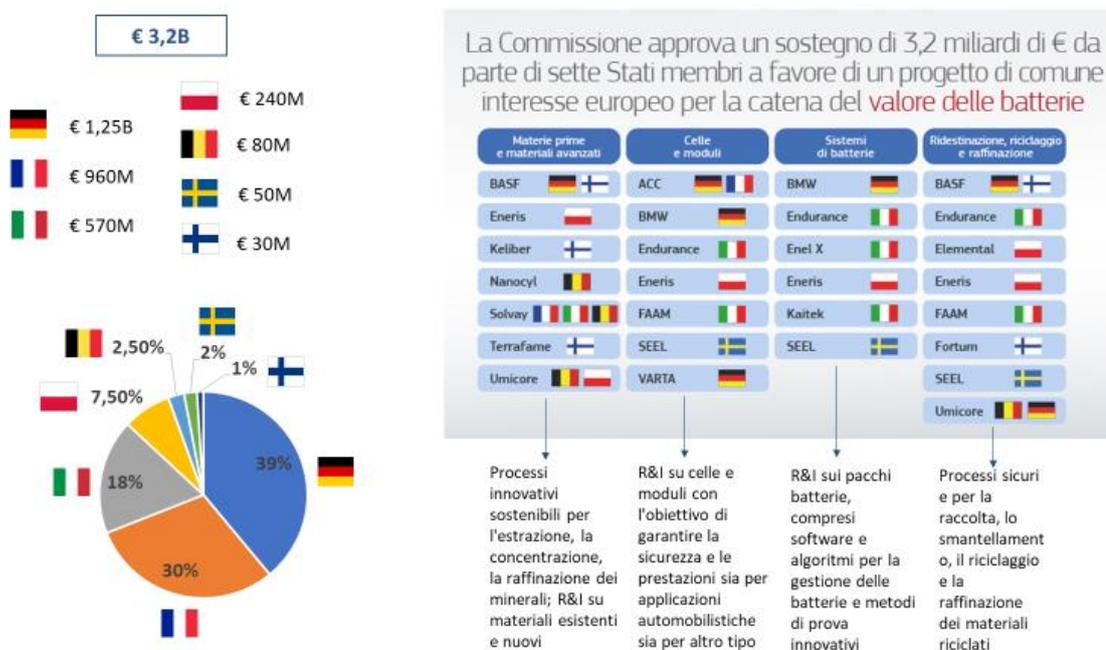


Figura 4.11 - IPCEI Dicembre 2019

Fonte: (European Commission)

In particolare, l'approvazione finale riguarda il primo di due progetti che sono stati presentati. Questo progetto, denominato “*Summer*”, risale a giugno 2019 ed è a guida francese. È nato sulle mosse del consorzio creato a febbraio 2018 tra Solvay, Saft, Umicor, Siemens e Manz, alle quali successivamente si è aggiunta PSA-Opel. Con questo primo progetto, l'obiettivo comune è lo sviluppo e la realizzazione di gigafactory in tutta Europa, con un ampliamento di centri di ricerca e sviluppo. L'Italia ha partecipato a questo IPCEI, ottenendo una percentuale di finanziamenti pari al 18% (570 milioni di euro). A seguito delle proposte di interesse pervenute, il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) ha annunciato la volontà di ampliare la capacità di impianti di produzione di celle LIB ed elettrodi. Attualmente è presente solo un impianto nel Sud Italia.

A luglio 2019 è giunta la richiesta a manifestare interesse per un secondo progetto, denominato “*Autumn*”, a guida tedesca. Rispetto al progetto “*Summer*”, include l'intera filiera, ampliando i settori di interesse e non limitando all'Automotive. Rappresenterà dunque un naturale proseguo del primo progetto con un forte ampliamento e inglobando ulteriori attori industriali e non. In Italia, questo secondo IPCEI interesserà maggiormente l'approvvigionamento sostenibile dei materiali, la produzione delle celle, la pre-industrializzazione delle batterie allo stato solido e flusso redox ed infine l'integrazione e l'utilizzo di approcci modulari per le celle automobilistiche e i sistemi di accumulo dell'energia.

Il coordinamento di queste attività di ricerca è fondamentale per sfruttare nel modo più efficiente il potenziale di questo settore. La Commissione ha così varato, a febbraio 2019, una piattaforma europea per la tecnologia e l'innovazione (ETIP) “**Batteries Europe**” che riunisce operatori industriali, comunità di ricerca, Stati membri dell'UE e strumenti finanziari esistenti. Questa piattaforma, guidata dall'Alleanza europea per la ricerca nel settore dell'energia (EERA), dall'Associazione europea per lo stoccaggio dell'energia (EASE) e dall'iniziativa InnoEnergy dell'EIT, prende le mosse dal SET Plan. In particolare, eredita la settima azione del piano “*Become competitive in the global battery sector to drive e-mobility and stationary storage*” e crea sei Working Group. Insieme ad EBA orienta le scelte di R&I, coordina i numerosi programmi di ricerca sulle batterie avviati a livello dell'Unione Europea e nazionale, le iniziative da parte del settore privato e gestisce il portafoglio di progetti.

In Figura 4.12 è presente uno schema della rete europea delle batterie. Come si evince dalla figura, la ricerca sarà guidata direttamente dall'industria. Solo attraverso una loro stretta collaborazione si potranno ottenere velocemente risultati innovativi ed investimenti.



Figura 4.12 - Rete europea delle batterie

Fonte: (Council)

L'insieme di queste iniziative e piattaforme di collaborazione tra le parti industriali ed i portatori di interesse, si stanno dimostrando essenziali per conseguire con successo gli obiettivi prefissati. L'orientamento adottato dalla Commissione nel settore delle batterie rappresenta uno strumento di prova per la futura strategia industriale. Per rimanere competitiva a livello mondiale nelle tecnologie essenziali e nelle catene del valore strategiche, l'UE deve incoraggiare una maggiore assunzione di rischi e aumentare gli investimenti in R&I, nonché agevolare l'attuazione di importanti progetti di comune interesse europeo (IPCEI). Deve inoltre garantire un contesto normativo tale per cui possa continuare ad essere competitiva, creando nuovi posti di lavoro. Il settore dell'accumulo di energia mobile e stazionario dimostra che le azioni per il clima e la creazione di un'economia circolare, sono due diverse facce di una stessa medaglia.

4.3 La strategia europea

A seguito dell'analisi di questo mercato maturo, l'elaborato cerca di definire la possibile strategia che l'industria europea può attuare per ottenere una posizione rilevante. I competitors²⁴ diretti sono i produttori stranieri, ed in particolare asiatici (cinesi, giapponesi e coreani) che in questi anni stanno costruendo stabilimenti produttivi in Europa, aumentando la loro presenza vicino ai più importanti OEM. Come possono i produttori europei ottenere vantaggio competitivo? Che tipo di strategia di posizionamento devono intraprendere?

Un'azienda ottiene vantaggio competitivo se riesce a creare maggiore **valore economico** rispetto ai competitors e riesce ad appropriarsene. Per valore economico si intende la differenza tra la disponibilità a pagare dei clienti (WTP²⁵) ed i costi opportunità dei fornitori (CO). A seguito della precedente analisi della value chain, il settore identificato come Collo di Bottiglia che ha richiesto un'analisi dettagliata è proprio quello delle **Celle LIB**. In quest'ottica la WTP sarà dunque riferita ai produttori automobilistici, mentre i CO a tutti i fornitori di componenti della cella. Questa differenza tra WTP e CO non è l'unico elemento da considerare per l'ottenimento di vantaggio competitivo. Risulta fondamentale riuscire ad appropriarsi di tale valore che dipenderà dal potere contrattuale dei diversi attori della value chain. A seguito dell'analisi della value chain delle batterie li-ion nel mercato Automotive, si è evidenziato come il maggior potere contrattuale risulta essere nelle mani dei produttori automobilistici, che presenteranno una bassa disponibilità a pagare dato il prodotto altamente omogeneo e poco differenziabile.

Affinché l'impresa risulti competitiva, oltre a generare valore economico deve creare un **Surplus per il Consumatore**. Quando un'impresa deve definire la sua strategia, considera diverse variabili nella scelta, evidenziate in figura 4.13.

²⁴ Con il termine competitors si definiscono i concorrenti, ossia tutte quelle imprese che competono nel medesimo mercato e mirano ad attrarre la medesima clientela.

²⁵ WTP indica la Willingness To Pay, ossia il prezzo massimo, pari o inferiore per il quale un consumatore acquisterà sicuramente un'unità di prodotto

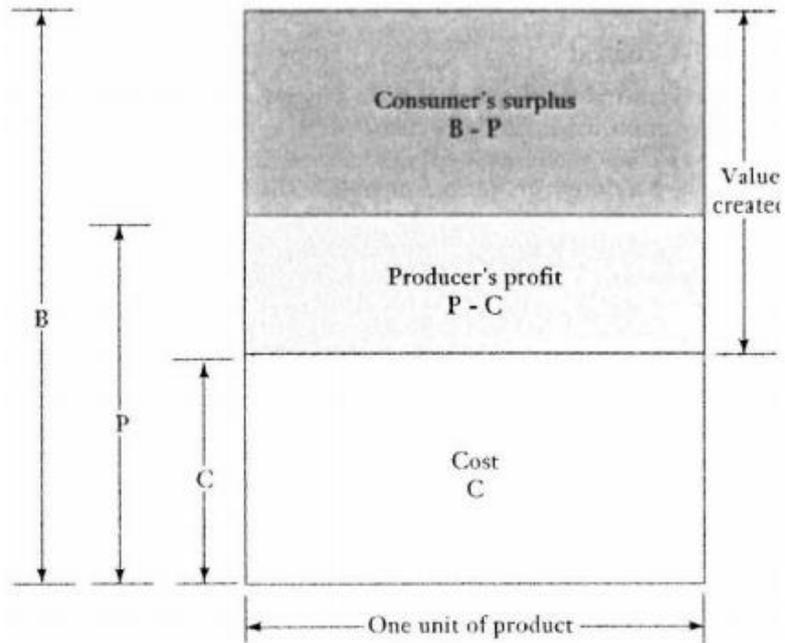


Figura 4.13 - Variabili che intervengono nella creazione del Valore Economico

Fonte: Corso "Strategia ed organizzazione aziendale", prof. Colombelli, 2018

Dalla figura si evincono:

$$VE = B - C$$

Indicato con VE il Valore Economico, B la Willingness To Pay e C il Costo unitario;

$$SC = B - P$$

Indicato con SC il Surplus del Consumatore e P il Prezzo di vendita;

Il profitto per l'impresa risulterà infine:

$$\pi = P - C$$

Se un'impresa riesce ad ottenere una maggior disponibilità a pagare (B oppure WTP) da parte del consumatore, oppure riesce a rifornirsi ad un costo minore (C oppure CO), riuscirà ad ottenere un maggiore valore economico, dato dalla differenza tra B e C, acquisendo l'intero mercato.

Un'azienda può dunque adottare tre diverse strategie di posizionamento sul mercato:

- Differenziazione o Benefit Position;
- Leadership di costo o Cost Position;
- Focalizzazione su una determinata nicchia di mercato;

A seconda della tipologia di prodotto venduto, alla tipologia di vantaggio competitivo ricercato e all'ambito competitivo, le diverse strategie sono state definite da Porter²⁶ come in Figura 4.14:

		VANTAGGIO COMPETITIVO	
		Diminuire i costi	Differenziare
AMBITO COMPETITIVO	Mercato ampio	1. Leadership di costo	2. Differenziazione
	Segmento di mercato	3a. Focalizzazione su costi	3b. Focalizzazione su differenziazione

Figura 4.14 - Strategie di posizionamento secondo Porter

Fonte: Corso "Strategia ed organizzazione aziendale", prof. Colombelli, 2018

Strategia di differenziazione: questa viene adottata da aziende che mirano ad esser uniche nel proprio settore industriale. Permette loro di vendere prodotti unici, con qualità e caratteristiche superiori e di generare vantaggio da questa differenziazione, creando naturali barriere all'entrata/uscita dal settore. Questa strategia garantisce un maggiore profitto alle imprese che la adottano quando queste ottengono un Price Premium, ossia quando un consumatore dimostra una disponibilità a pagare maggiore a seguito dell'elevata qualità garantita dal prodotto.

Nel caso in esame, le celle LIB rappresentano un bene che poco si adatta a questa particolare strategia poiché poco differenziabile dal punto di vista della qualità. Presenta invece caratteristiche molto simili a quelle delle commodities: dal lato offerta si ha un prodotto

²⁶ Michael Porter è un accademico statunitense che ha formulato un sistema strategico per definire la teoria strategica manageriali. Attraverso questo sistema permette di individuare i meccanismi intrapresi da un'azienda che costruisce il suo vantaggio competitivo sul mercato.

omogeneo, mentre dal lato domanda un consumatore molto sensibile al prezzo. La strategia che meglio si addice risulterà quindi la **leadership di costo** (Figura 4.15).

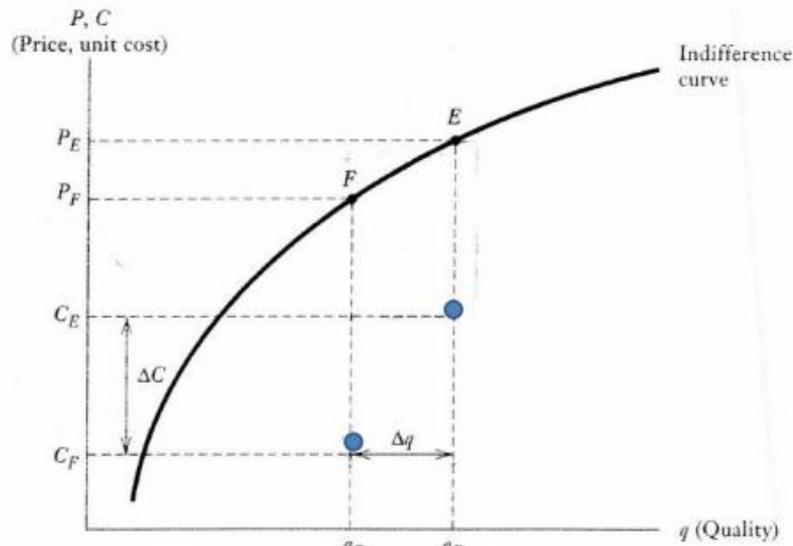


Figura 4.15 - Logica economica derivante dalla strategia "Leadership di costo"

Fonte: Corso "Strategia ed organizzazione aziendale", prof. Colombelli, 2018

Questa può essere attuata con due diverse modalità, a seconda del tipo di concorrenza presente sul mercato:

- *Benefit Parity*: tipicamente utilizzata nel mercato delle commodities, sfrutta le economie di scala o di apprendimento per produrre a costi inferiori rispetto alla concorrenza, ma vendendo al medesimo prezzo.
- *Benefit Proximity*: strategia adottata da chi vuole catturare maggior domanda attraverso una lotta al prezzo. Nasce da un maggior vantaggio economico derivante da una diminuzione della disponibilità a pagare dei clienti con conseguente riduzione del costo di produzione che permette all'azienda di offrire sul mercato il medesimo bene ad un prezzo inferiore.

Ad oggi, l'industria europea, grazie ad un forte incentivo da parte dell'Unione Europea, sta puntando ad una strategia di **diversificazione**. Nell'immediato le imprese europee stanno cercando di attrarre maggior domanda garantendo una maggior sicurezza e sostenibilità delle risorse, dell'approvvigionamento, dei metodi produttivi. Sfrutta la posizione dominante dell'Europa nelle operazioni di riciclaggio per svantaggiare i paesi asiatici, noti per la loro

scarsa regolazione in materia e per l'adozione di protocolli poco chiari nei processi di raffinazione e lavorazione delle materie prime e semilavorati.

L'Unione Europea sta inoltre aiutando le imprese, spronandole ad accrescere il loro portafoglio business, sfruttando le economie di scopo e sinergie già possedute per poter entrare in nuovi mercati. In particolare, vista la maggior sensibilità nei confronti della produzione di elettricità da fonti rinnovabili, l'UE sta finanziando lo stoccaggio stazionario di energia, strumento necessario per integrare l'energia rinnovabile prodotta in rete.

Le sviluppate economie di apprendimento e di scala, associate alle caratteristiche del prodotto, omogeneo, poco differenziabile e adatto alle esportazioni, hanno permesso ai produttori asiatici di diventare leader a livello mondiale. La loro posizione dominante e fortemente concentrata ha permesso loro di installare capacità in eccesso in Asia, mantenendo alti livelli di attrattività e profittabilità. A seguito della domanda crescente in Europa da parte degli OEM, le aziende asiatiche hanno deciso di ampliare la loro base produttiva in UE (Capitolo 3.3.3). Riusciranno i nuovi consorzi europei a competere con queste grandi potenze? In futuro l'Europa che tipo di strategia dovrebbe adottare? Basterà questa iniziale strategia di diversificazione per continuare a generare profitto ed essere attrattivo sul mercato?

Per poter rispondere a queste domande, si è analizzata la tecnologia presente e futura sul mercato. Come precedentemente dimostrato, gli scienziati si aspettano un avanzamento tecnologico chimico e produttivo entro il 2030, attraverso la quarta e quinta generazione di celle. Le imprese europee potrebbero sfruttare la *Competizione Schumpeteriana*²⁷, ossia la cosiddetta “distruzione creatrice”: essere le prime ad apportare l'**innovazione** sul mercato investendo in ricerca e sviluppo.

L'Unione Europea sta sostenendo questa futura strategia, investendo molti capitali in R&I in ambito batterie. Tali investimenti sono necessari poiché rappresentano l'input del processo di innovazione, ma non è detto che questi siano l'unico elemento necessario per generare ritorni economici. Come si nota dalla figura 4.16 infatti, l'innovazione rappresenta l'esito del processo stesso a seguito della diffusione. La sua profittabilità dipende da un insieme di fattori come la natura stessa dell'innovazione, dal grado di appropriabilità, ossia

²⁷ Questo rappresenta un concetto di scienze economiche associato all'economista austriaco Joseph Schumpeter inerente all'economia dell'innovazione e del ciclo economico.

di protezione, dalla presenza di asset complementari, dalle risorse richieste quali know-how e capitale umano, dalla domanda di mercato e dalla dinamica di diffusione.

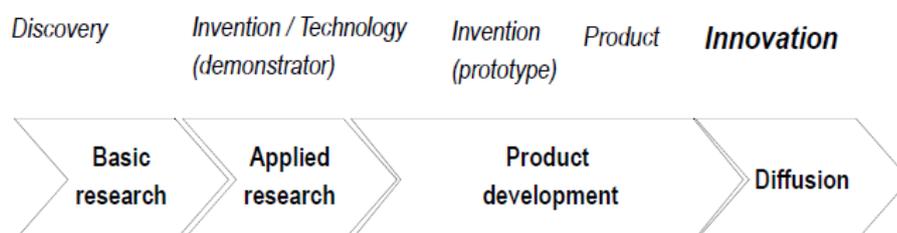


Figura 4.16 - Processo dell'introduzione di un'innovazione sul mercato

Fonte: Corso "Economia e management nei servizi", prof. Scellato, 2019

In merito alle celle di batterie agli ioni di litio l'innovazione più significativa sarà presente con la quarta e la quinta generazione di celle LIB. In particolare, la quarta generazione comprende:

- La batteria Litio-Zolfo (Li-S), che risulta essere la prima candidata per la sostituzione delle batterie li-ion nelle applicazioni ad alta energia. Presentano però una bassa stabilità chimica dello zolfo, che potrebbe generare problemi di sicurezza.
- La Batteria agli ioni di litio allo stato solido che utilizza elettroliti solidi, inorganici o polimerici, anziché quelli liquidi.

Appartiene alla quinta generazione la tipologia di batterie Litio-Aria. Le ricerche scientifiche di questi ultimi dieci anni dimostrano che esistono veri e propri problemi pratici, come una forte vulnerabilità all'umidità che ne impediscono una vera comprensione della chimica alla base.

A seconda di quello che sarà il loro effetto finale sul mercato, ad oggi imprevedibile, queste nuove celle di batterie rappresenteranno diverse tipologie di innovazione. Per entrambe le generazioni la natura dell'innovazione riguarderà il **prodotto**, introducendo sul mercato batterie con una nuova chimica, più performanti e sicure.

Per quanto riguarda il grado di intensità che comporta questa innovazione, tutte le future tecnologie rappresenteranno delle **innovazioni incrementali** e non radicali. Queste infatti

miglioreranno ed amplieranno le performance di un prodotto già esistente, la cella della batteria, nonostante possa mutare la chimica di base.

A seconda del futuro sviluppo le nuove batterie potranno rappresentare delle **innovazioni modulari**, se ciò che muta sono i componenti interni, ma non si hanno effetti significativi sulla configurazione del sistema (es: elettroliti solidi, rivestimento dei materiali degli elettrodi). Un'innovazione modulare potrebbero essere le batterie li-ion allo stato solido. Diversamente invece le batterie Litio-Aria, che richiederanno cambiamento nella definizione di requisiti chimici, nel modo in cui i componenti interagiscono, nella dimensioni della cella, potrebbe essere classificate come **innovazione architettonale**.

Queste innovazioni potranno essere apportate sul mercato da aziende newcomers²⁸, che precedentemente svolgevano un business diverso, come aziende di ingegneria o tecnologia. Per le aziende già operanti nel settore invece, l'effetto esercitato da questo cambio generazionale verrà classificato come **competence enhancing**, poiché verranno rafforzate competenze e conoscenze soprattutto tecnologiche e produttive già possedute dall'azienda. Le nuove celle potranno richiedere nuove abilità chimiche, senza sfociare in business distanti da quello originale. In quest'ottica le imprese europee potrebbero temere la rivalità asiatica presente in Europa. Proprio per questo motivo, sviluppare R&I oggi permette all'industria europea di poter gareggiare nell'introduzione dell'innovazione sul mercato. Il successo in questa gara, seguito dalla capacità di appropriarsi dell'innovazione potrebbe condurre l'Europa ad assumere una posizione strategica di vantaggio, definita **first-mover**.

Per avvalorare la futura strategia europea, si è analizzato il *Modello del Diamante Nazionale di Porter* (1990), focalizzato sul vantaggio competitivo delle nazioni (Figura 4.17).

Questo può essere spiegato attraverso quattro elementi principali, le condizioni dei fattori, le condizioni della domanda, i settori industriali correlati e di sostegno e la strategia, struttura e rivalità d'impresa. In aggiunta vengono considerati due ulteriori fattori rilevanti, ossia il Caso ed il Governo.

²⁸ Con il termine Newcomers, si intendono tutte quelle aziende che decidono di entrare in un nuovo settore, per diversificare il loro business oppure perché si è creata una nuova opportunità strategica.

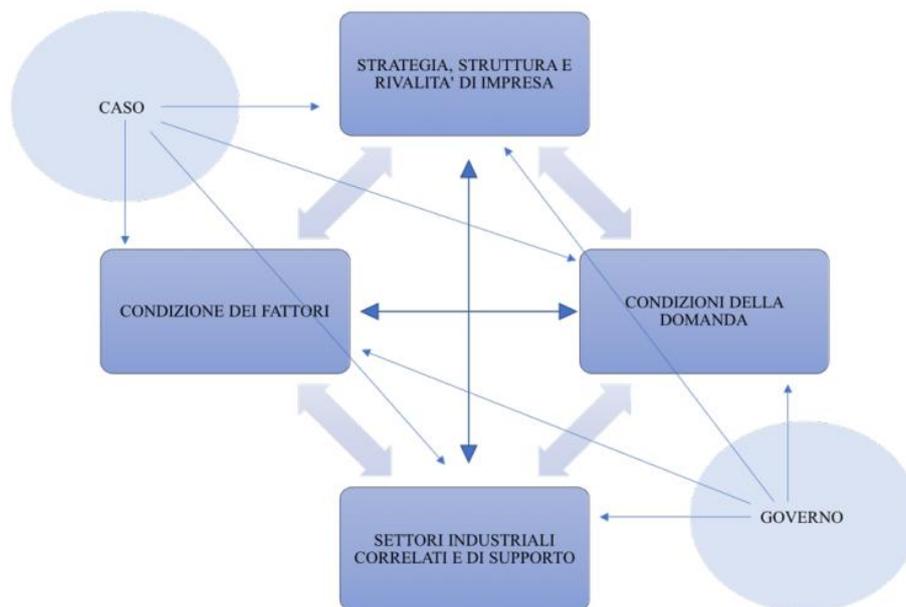


Figura 4.17 - Modello del diamante nazionale di Porter (1990)

Si identifica con la **condizione dei fattori**, l'insieme di risorse umane, fisiche, di capitale, di conoscenza ed infrastrutture posseduti e che possono essere sfruttati dalla nazione stessa e le gerarchie intercorrenti tra di essi.

Per definire la gerarchia dei diversi fattori devono essere fatte delle precisazioni, tra fattori di base e fattori avanzati e tra fattori generalizzati e fattori specializzati. Quelli avanzati e specializzati sono in grado di portare un reale vantaggio competitivo sostenibile nel tempo, sono più rischiosi e richiedono elevati investimenti.

I fattori di base, che rappresentano risorse naturali, clima, localizzazione geografica, aspetti demografici sono quei fattori che assegnano un vantaggio competitivo iniziale, che può facilmente essere superato. L'Europa potrà sfruttare a suo vantaggio la posizione geografica competitiva data la presenza sul territorio dei più importanti produttori automobilistici e le materie prime. Quest'ultime in particolare sono presenti in quantità sul territorio ma fino ad oggi poco sfruttate. Il vantaggio competitivo sostenibile potrà però derivare da una forte base di ricerca e sviluppo della tecnologia.

Il secondo elemento del diamante è la condizione di **domanda interna**. Questa può essere analizzata a seconda della natura e dei bisogni del consumatore. Se il grado di complessità e

specificità dei bisogni è elevato, le imprese sono incoraggiate a soddisfarli nel modo più rapido possibile.

In particolare, la domanda di celle in futuro prevede di soddisfare una natura dei bisogni interni dei consumatori diversa. Si prevede infatti una crescita dei settori di interesse, con un surclassamento da parte del settore stazionario. La domanda dei sistemi di accumulo mobili risulterà invece più specifica, fortemente influenzata dalle innovazioni e dalla qualità del prodotto.

La terza punta del diamante è rappresentata dai **settori correlati e di supporto**. Affinché l'Europa diventi leader nelle nuove tecnologie della cella, necessita di una base produttiva dei componenti solida e localizzata vicino agli impianti produttivi europei. Non si hanno dati sullo sviluppo futuro di questo settore di mercato.

Quarto e ultimo elemento dello schema delineato da Porter comprende la **strategia, la struttura e la rivalità d'impresa**. Questo elemento permette un confronto a livello organizzativo e manageriale delle aziende operanti in Europa, rispetto a quelle asiatiche. Per definirla si devono analizzare i fattori di successo ottenuti dal vantaggio competitivo delle nazioni ma anche a livello di composizione organica delle imprese e di competitività tra le stesse. L'introduzione di una innovazione sul mercato comporterà la nascita di nuovi player e riconversione di business di aziende già presenti. Si avrà un aumento della competizione domestica con un conseguente aumento di vantaggi derivanti dai benefici della concorrenza.

Con il **Caso**, si intendono l'insieme di tutti i fattori esterni incontrollabili come il verificarsi di catastrofi naturali oppure la naturale fluttuazione della domanda che incidono sul vantaggio competitivo di una intera nazione.

Infine, ultimo elemento studiato è il **Governo**. Questo influenza tutti e quattro i settori di interesse, favorendo la produzione e la domanda, in modo da ottenere un beneficio interno. Come si è visto in questo capitolo l'Unione Europea interviene e regola notevolmente il settore e la maggior parte dei benefici che ne deriveranno saranno da attribuire alle politiche incentivanti adottate, alla creazione di consorzi e partenariati (es. IPCEI) e allo stanziamento di fondi comuni.

La seguente analisi del Diamante di Porter ha consentito di analizzare il futuro panorama europeo e i diversi elementi che interverranno nella definizione della posizione strategica in

merito alle batterie. Se si verificheranno tutte le condizioni di mercato sopra descritte, con buona probabilità l'Europa potrebbe generare vantaggio competitivo, beneficiando della prima mossa, diventando first-mover nel nuovo settore.

5 Conclusioni

Il mercato delle batterie agli ioni di litio si può dunque definire un mercato fortemente dinamico ed in rapida espansione. L'elevato potenziale di questo settore è correlato alla diffusione dei veicoli elettrici e ai sistemi di accumulo dell'energia, che nel lungo periodo ne determineranno o meno lo sviluppo. In particolare, a seguito dell'analisi della domanda si è potuto notare come la richiesta attuale è influenzata dallo sviluppo dei veicoli elettrici, mentre in un prossimo futuro, l'elemento che maggiormente trainerà la richiesta mondiale di LIB sarà il sistema di accumulo stazionario dell'elettricità. Verso un mondo sempre più sensibile ai cambiamenti climatici, l'incremento di energia prodotta da fonti rinnovabili sarà una delle possibili strategie da attuare per la salvaguardia dell'ambiente. I sistemi di accumulo stazionari, che permettono l'introduzione di energia prodotta da fonti rinnovabili in rete, saranno lo strumento maggiormente utilizzato affinché avvenga questo passaggio.

Attualmente l'industria europea risulta particolarmente forte nelle fasi a valle della value chain, ossia nelle operazioni di assemblaggio finale, integrazione della batteria e soprattutto nelle operazioni di riciclaggio. Negli anni infatti, grazie alla legislazione pionieristica dell'Unione Europea e agli ingenti capitali investiti, l'Europa ha sviluppato un mercato del riciclaggio di batterie ben strutturato. Questo permette di alleviare le preoccupazioni sulla sicurezza dell'approvvigionamento di materie prime, nonostante stia lottando per prepararsi a gestire un incremento dei volumi di batterie esauste provenienti dal settore dell'Automotive e tutti i rifiuti che ne deriveranno. Dovrebbe inoltre continuare ad investire in R&D per processi di riciclaggio innovativi in modo da non diminuire la sua forte presenza, ma confermandola attraverso investimenti in efficienza.

Ad oggi l'Europa ha improntato la sua strategia in materia di batterie con l'obiettivo di incentivare un'**economia circolare**. Ha deciso di investire in capacità produttiva di celle LIB e soprattutto in ricerca ed innovazione, rafforzando i settori upstream della catena del valore dove risulta essere più vulnerabile. Questi investimenti però, non la renderanno nel breve periodo competitiva rispetto ai grandi leader asiatici, i quali detengono la maggiore capacità produttiva, si stanno integrando nelle varie fasi della value chain e possono dunque sfruttare economie di scala.

In futuro l'Europa dovrà basare la sua competitività su altri elementi che permettano di offrire valore aggiunto oltre al costo. Come analizzato una prima strategia attuabile sarà dunque una diversificazione, puntando sul garantire prodotti maggiormente sicuri, sostenibili e investendo sul riciclo delle batterie esauste. Successivamente si è studiato come investire in Ricerca ed Innovazione potrebbe permettere all'industria europea di gareggiare nel mercato delle celle di nuova generazione (quarta e quinta). Se l'UE riuscirà ad apportare per prima l'innovazione e sviluppare tutti gli strumenti necessari per appropriarsi del valore generato potrebbe garantirsi una posizione dominante, sfruttando il vantaggio della prima mossa.

L'aiuto proveniente dall'Unione Europea si è dimostrato fondamentale per promuovere l'espansione dell'intera value-chain delle batterie agli ioni di litio e continuerà ad essere tale. Incentivi finanziari ed un sistema normativo comune saranno necessari per regolare e promuovere lo sviluppo di questo mercato, eludendo in parte la dipendenza asiatica.

6 Bibliografia

- Alves Dias P., Blagoeva D., Pavel C., Arvanitidis N. *Cobalt: demand-supply balances in the transition to electric mobility*. JRC112285. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.
- Associazione Europea per lo stoccaggio dell'Energia. «Energy Storage: Which Market Designs and Regulatory Incentives Are Needed?» 2015.
- Australian Trade and Investment Commission. «The Lithium-Ion Battery Value Chain - New Economy Opportunities for Australia.» December 2018.
- Avicenne Energy. «The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2018 2030.» A cura di Avicenne Energy. Paris, France, 2019.
- Basosi, Riccardo. «L'innovazione energetica nel contesto europeo: dal SET Plan a Mission Innovation.» *Energia Ambiente ed Innovazione* (2019): 18-22.
- BCG. «Batteries for Electric Car: Challenges, Opportunities and the outlook to 2020.» s.d.
- «The Electric Car Tipping Point.» January 2018.
- Bloomberg New Energy Finance. «Lithium-ion Battery Costs and Market.» July 2017.
- BNEF. «Equipment Manufacturers - Battery cells.» 2018.
- Boston Consulting Group. «Electric Vehicles Are a Multibillion-Dollar Opportunity for Utilities.» (23 April 2019).
- Commissione Europea. «EU Budget for the future.» 2019.
- Commissione Europea. *COM(2016) 501 final - A European Strategy for Low-Emission Mobility*. Brussels, 2016.
- COM(2018) 293 final - Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita*. Bruxelles, 2018.

COM(2019) 176 final - *Creare una catena del valore strategica delle batterie in Europa*.
Bruxelles, 2019.

COM(2019) 400 - *EU Budget 2014 - 2020*. Brussels, June 2019.

Council, World Energy. «Energy Storage Monitor - Latest trends in energy storage.» 2019.

DR SHERIDAN FEW, OLIVER SCHMIDT AND AJAY GAMBHIR. *Electrical energy storage for mitigating climate change*. Briefing paper No 20. London: Imperial Collage, July 2016.

ERTRAC. «European Roadmap Electrification of Road Transport.» June 2017.

Europea, Corte dei Conti. *Il sostegno dell'UE per lo stoccaggio di energia*. Luxembourg, Aprile 2019.

European Commission . «State aid: Commission approves €3.2 billion public support by seven Member States for a pan-European research and innovation project in all segments of the battery value chain.» *Press release* (2019).

European Commission. *C(2015) 6317 final - Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan*. Brussels, 2015.

C(2019)4575 - Horizon2020, Cross-cutting activities. Brussels, 2019.

C(2019)4575 - Horizon2020, Future and Emerging Technologies. Brussels, 2019.

«Horizon2020: The new EU Framework Programme for Research and Innovation.»
www.ec.europa.eu/horizon2020. s.d.

«Orientations towards the first Strategic Plan for Horizon Europe.» 2019.

«State Aid: Commission approves €3,2 billion public support by seven Member States for a pan-European research and innovation project in battery value chain.» *IP/19/6705* (2019): .

«SWD(2018) 245/2 final.» 22.11.2018.

«Synergies in EU Funding Programmes: Exemple of Clean Energy Technology Demonstration .» 2019.

European Environment Agency. *Trends and projections in Europe 2018*. EEA Report No 16/2018. Copenhagen: EEA, s.d.

FIA. «VERSO LA E-MOBILITY: LE SFIDE DA AFFRONTARE.» 2019.

Horowitz, David Coffin and Jeff. «The Supply Chain for Electric Vehicle Batteries.» *Journal of International Commerce and Economics* (December 2018).

IEA. «Global EV Outlook 2019.» May 2019.

«Who wants to be in charge?» 2017.
<https://www.iea.org/newsroom/news/2017/november/commentary-battery-production---who-wants-to-be-in-charge.html>).

InnoEnergyEIT. «EBA250 – the industrial workstream of the European Battery Alliance.»
A cura di InnoEnergyEIT. November 2019.

IRENA. «Electric Vehicles - Technology Brief.» February 2017. www.irena.org.

«Electricity Storage and Renewables: cost and market to 2030.» October 2017.

Lebedeva, N., Di Persio, F., Boon-Brett, L., *Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

McKinsey & Company. «Expanding electric-vehicle adoption despite early growing pains.»
(August 2019).

«Making electric vehicles profitable.» *McKinsey & Company - Automotive & Assembly*
(March 2019).

«Making electric vehicles profitable.» (March 2019).

Netherlands, Amsterdam Roundtable Foundation and McKinsey & Company The. *EVolution, Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?* Amsterdam, April 2014.

Politecnico di Milano. «E-mobility Report 2018.» Settembre 2018.

Steen, M., Lebedeva, N., Di Persio, F. and Boon-Brett, L. *EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Stationary Storage Applications – Opportunities and Actions*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

Stefan M. Knupfer, Russell Hensley, Patrick Hertzke, Patrick Schaufuss, Nicholas Laverty, Nicolaas Kramer. «Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability.» January 2017.

Tsakalidis, A., Thiel, C. «Electric vehicles in Europe from 2010 to 2017: is full-scale commercialisation beginning?» 2018.

Tsiropoulos, I., Tarvydas, D., Lebedeva, N. *Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for costs and market growth*. Luxembourg, 2018.

UK Innovation Strategy. «UK International Research and Innovation Strategy.» 2019.

Yu Miao, Patrick Hynan, Annette von Jouanne and Alexandre Yokochi. «Current Li-Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements.» *Energies* (2019): 20.

Sitografia

<https://it.sawakinome.com/articles/business/difference-between-supply-chain-and-value-chain.html>

<https://about.bnef.com/new-energy-outlook/download>

<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/expanding-electric-vehicle-adoption-despite-early-growing-pains>

<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019#executive-summary>

https://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion

<https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market>

<https://www.benchmarkminerals.com/who-is-winning-the-global-lithium-ion-battery-arms-race/>

<http://www.ev-volumes.com/>

<https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214993718302926#f0030>