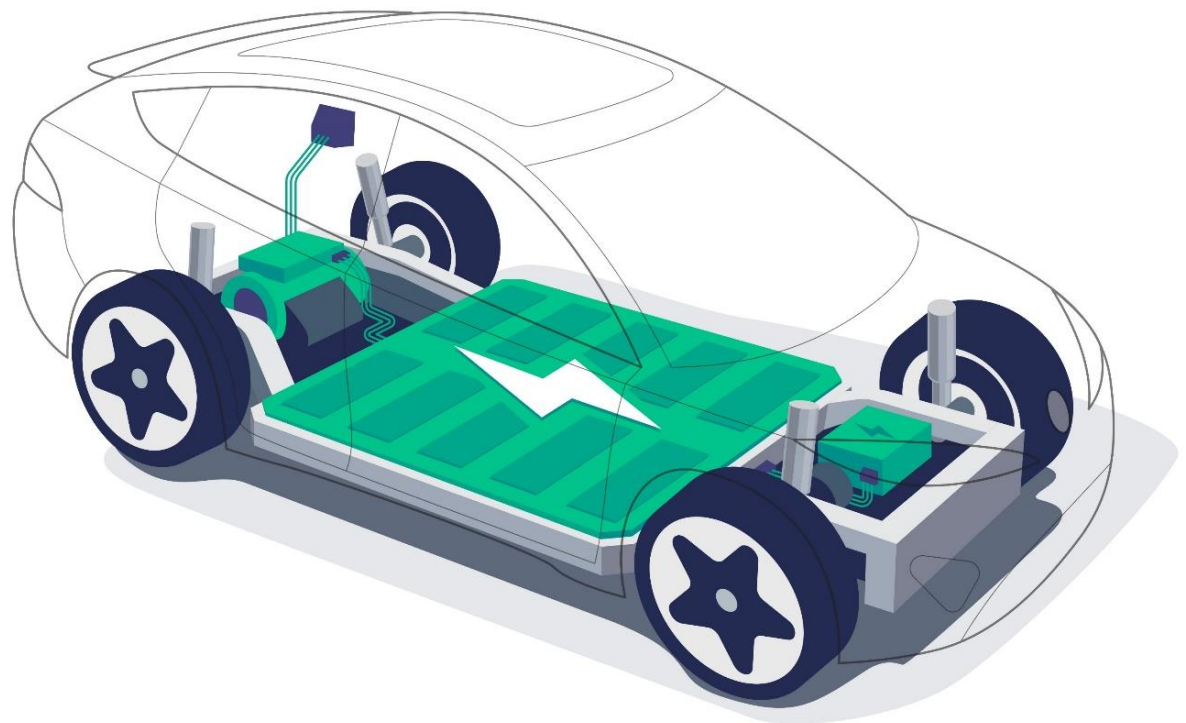


Batterie per veicoli elettrici

Fatti e cifre principali



Indice e avvertenze legali

Contenuti

1. Struttura delle batterie agli ioni di litio
2. Mercato globale
3. Ciclo di vita delle batterie
4. Estrazione delle materie prime
5. Produzione di celle per batterie
6. Utilizzo delle batterie
7. End-of-Life delle batterie

Mandante

SvizzeraEnergia, Ufficio federale dell'energia UFE
Alois Freidhof, Specialista mobilità
Pulverstrasse 13, 3063 Ittigen. Indirizzo Postale: 3003 Berna
www.svizzeraenergia.ch

Mandatari

INFRAS, Binzstrasse 23, 8045 Zürich
Empa, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St.Gallen

Autrici e autori

Roberto Bianchetti, Hans-Jörg Althaus, Brian Cox, Lucas Truniger, Ursina Walther
([INFRAS](#))
Charles Marmy, Andrin Büchel, Martin Gasser, Roland Hischer, Patrick Wäger
([Empa](#))



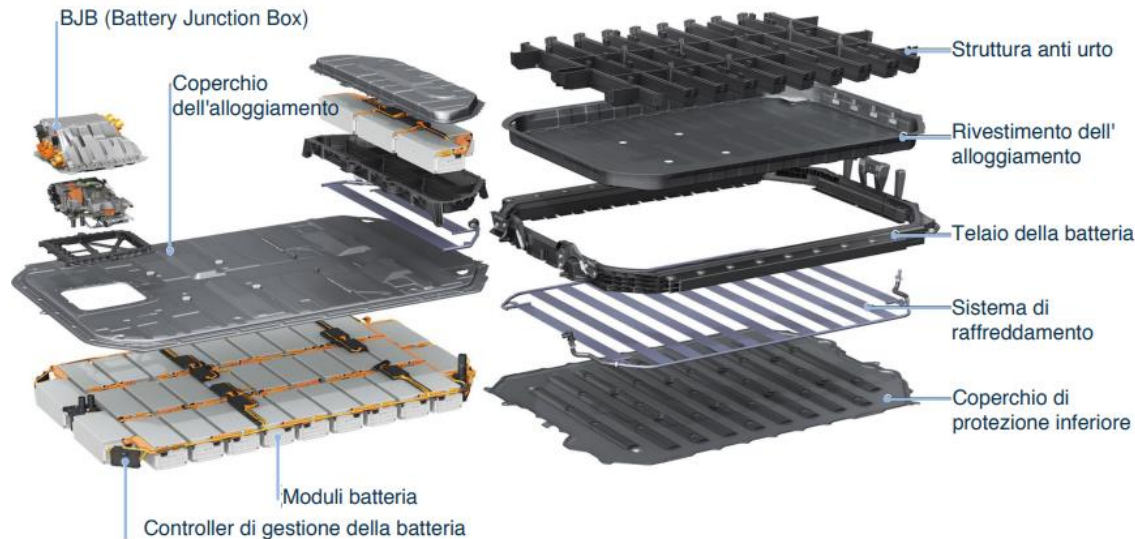
Questo studio è stato commissionato dall'Ufficio federale dell'energia. Le autrici e gli autori sono responsabili dei contenuti. Le affermazioni contenute si basano sullo stato della conoscenza al momento della redazione della scheda informativa (febbraio 2023). Per migliorare la leggibilità, non viene attribuita una fonte a ogni singola affermazione. Informazioni più dettagliate e tutte le fonti utilizzate sono disponibili nel rapporto dell'UFE «Batterien für Elektrofahrzeuge».

1. Struttura delle batterie agli ioni di litio

Definizioni e struttura

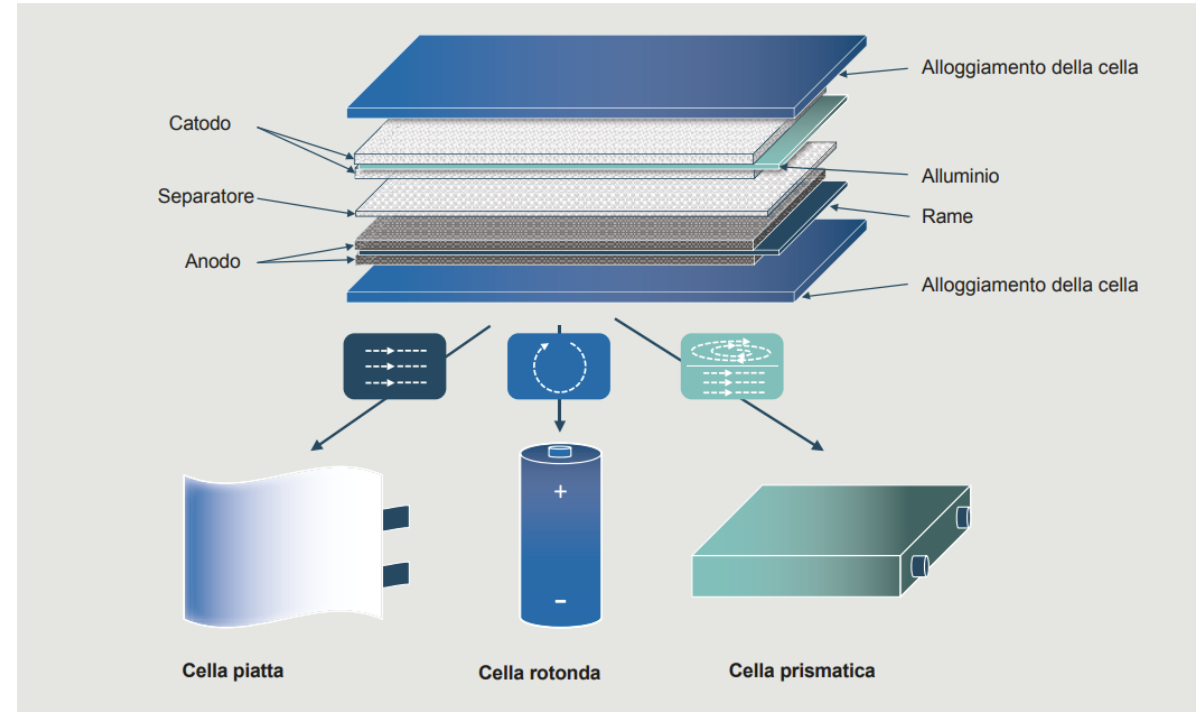
Il termine «**batteria**» comprende l'intero sistema, che consiste nelle celle elettrochimiche vere e proprie, in un sistema di gestione della batteria, nel raffreddamento, nell'imballaggio e nel contatto.

Le batterie sono per lo più modulari e pesano tra i 250 e i 650 kg. Le singole celle¹ sono collegate tra loro per formare dei **moduli**, che a loro volta, insieme a un sistema di raffreddamento e a un sistema di gestione della batteria integrato, sono combinati per formare un sistema di batterie.



Struttura di un sistema di batterie (RWTH Aachen, 2022b)

¹ Ad esempio, una Tesla Model S contiene un totale di 7*104 celle.



Rappresentazione schematica della struttura di una cella di una batteria agli ioni di litio (Agora Verkehrswende, 2021)

Il cuore di una batteria è la **cella elettrochimica**. È costituita da due elettrodi e da un elettrolita. L'elettrodo positivo è chiamato catodo, quello negativo anodo.

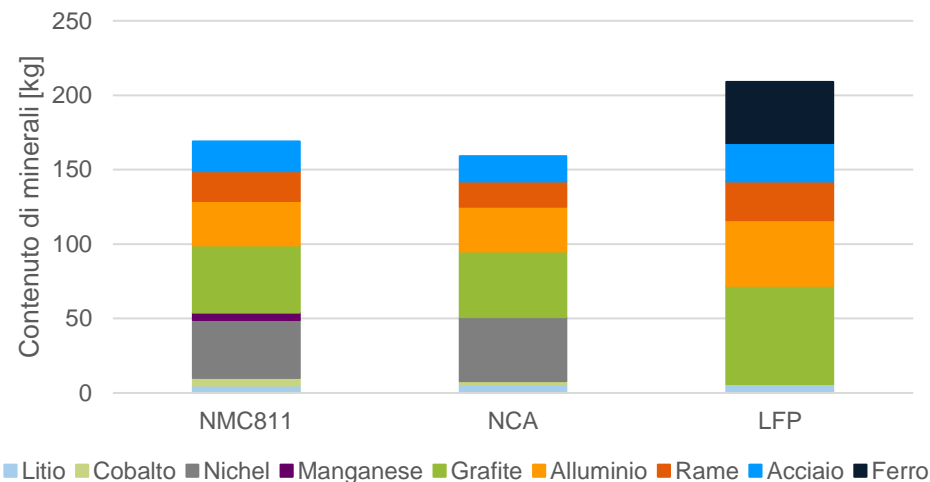
Entrambi gli elettrodi possono essere costituiti da materiali diversi:

- L'anodo delle batterie agli ioni di litio è oggi costituito per lo più da grafite, ma può anche essere costituito da titanato di litio ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$; **LTO**).
- I catodi più importanti sono costituiti da ossidi di litio, nichel, manganese e cobalto (**NMC**), ossidi di litio nichel, cobalto e alluminio (**NCA**) e fosfato di ferro di litio (**LFP**).

1. Struttura delle batterie agli ioni di litio

Composizione chimica

L'accoppiamento dei materiali di anodo e catodo determina in modo decisivo le proprietà della cella e quindi della batteria. Attualmente, le batterie **NMC**, **NCA** e **LFP**, ciascuna con anodi di grafite, sono la maggior parte delle batterie utilizzate per i veicoli elettrici.



Composizione chimica di diversi tipi di batterie. Grafico INFRAS.

Tipo di batteria	Chimica del catodo	Punti di forza	Punti di debolezza
NMC	Ossido di litio, nichel, manganese e cobalto	<ul style="list-style-type: none"> Alta densità energetica Ricarica rapida 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento del rischio di surriscaldamento Dipendenza dal cobalto
NCA	Ossido di litio, nichel, cobalto e alluminio	<ul style="list-style-type: none"> Alta densità energetica Ricarica rapida 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento del rischio di surriscaldamento Dipendenza dal cobalto
LFP	Fosfato di litio e ferro	<ul style="list-style-type: none"> Maggiore densità di imballaggio Assenza di cobalto 	<ul style="list-style-type: none"> Densità energetica meno elevata Riduzione della potenza a basse temperature

Tipi di batterie alternativi

Altri tipi e tecnologie alternative alle batterie agli ioni di litio sono brevemente illustrati qui di seguito. Tuttavia, questi tipi di batterie non sono ancora prodotti e utilizzati su scala industriale.

Le **batterie LMNO** (catodo di ossido di litio, manganese e nichel) hanno un'elevata densità energetica e sono prive di cobalto. Tuttavia, la stabilità del ciclo deve essere migliorata prima che possano essere utilizzate nei veicoli elettrici.

Le **batterie LTO** (catodo NMC con anodo in ossido di litio e titanio) possono essere caricate rapidamente, ma hanno un rapporto prezzo-prestazioni insufficiente e non sono praticamente utilizzate nei veicoli di serie.

Le **batterie con anodo di silicio** hanno una densità energetica fino al 50% superiore rispetto alle batterie con anodo di grafite, ma il silicio si espande quando assorbe gli ioni di litio, il che influisce negativamente sulla durata della batteria.

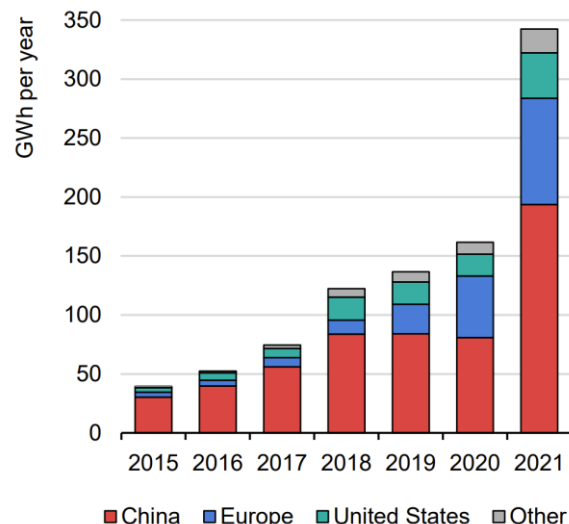
Le **batterie agli ioni di sodio** non sono infiammabili e funzionano in modo affidabile anche a basse temperature. Tuttavia, hanno una durata limitata e una densità energetica inferiore rispetto ai tipi di batterie comunemente utilizzati.

Le **batterie allo stato solido** con litio metallico come anodo presentano un rischio minore di cortocircuiti. Le batterie allo stato solido sono considerate molto promettenti in termini di densità energetica, che può essere superiore di circa il 70% rispetto alle batterie agli ioni di litio.

2. Mercato globale

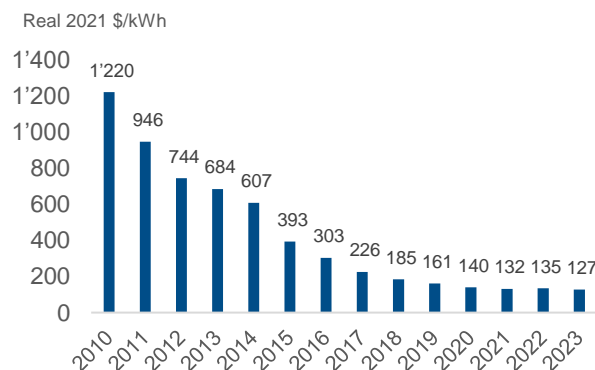
Sviluppo fino ad oggi

Nel 2021, la **domanda di batterie** è raddoppiata, raggiungendo una capacità totale di **340 GWh**. La Cina vanta la maggiore domanda con **200 GWh**, seguita dall'Europa con **80 GWh** e dagli Stati Uniti con **40 GWh**.



Domanda globale di batterie (IEA, 2022)

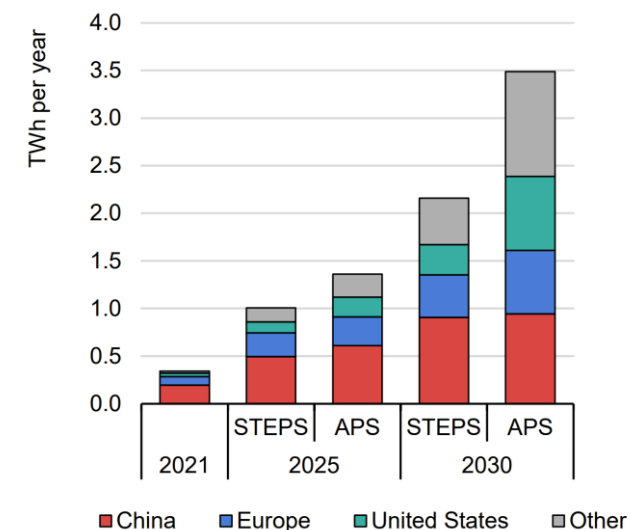
I **prezzi delle celle delle batterie** sono diminuiti drasticamente nell'ultimo decennio, raggiungendo un minimo di **100 \$/kWh** nel 2021. Per il 2022 si osserva un'inversione di tendenza con un aumento dei prezzi del **2%**, soprattutto a causa del massiccio aumento dei prezzi dell'energia e delle materie prime.



Prezzi medi storici e previsti per kWh per batterie (BloombergNEF, 2022b). Grafico INFRAS.

Previsioni fino al 2030

Entro il 2030 si prevede una forte crescita della domanda di batterie, fino a un **fattore 10**. A seconda dello scenario, sarà necessario aumentare da sei a dieci volte la produzione attuale per soddisfare l'aumento della domanda.



Sviluppi previsti

- Passaggio a chimiche catodiche più economiche
- Riduzione del contenuto di cobalto a favore del nichel
- Forte aumento delle batterie LFP (fino al 35-60% della domanda)

Prospettive dei prezzi: Nonostante le fluttuazioni temporanee dei prezzi delle materie prime, la tendenza al ribasso dei prezzi delle batterie dovrebbe essere garantita anche a lungo termine.

3. Ecobilancio delle batterie

Ecobilancio veicoli elettrici e ruolo delle batterie

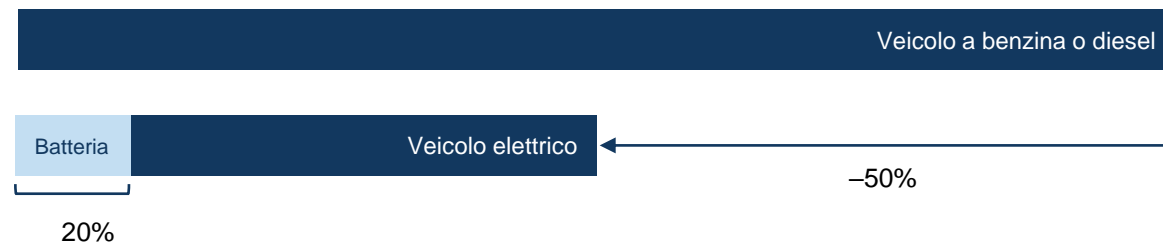
La **produzione** di veicoli elettrici provoca un **impatto ambientale**² superiore di circa il **25-50%** rispetto alla produzione di veicoli convenzionali. Sebbene non richiedano un convertitore catalitico con rodio e palladio, che sono tra i materiali più dannosi per l'ambiente in assoluto, i veicoli elettrici richiedono più **rame e più elettronica** (di potenza) rispetto ai veicoli a combustione interna. Ciò significa che la produzione della batteria contribuisce in particolare all'impatto ambientale aggiuntivo dei veicoli elettrici.

Durante il **funzionamento**, i veicoli elettrici non causano emissioni dirette, ad eccezione dell'abrasione degli pneumatici e dei freni. Sono circa **4 volte più efficienti** dal punto di vista energetico rispetto agli analoghi motori a combustione. Oltre al minor consumo di energia, la produzione di elettricità genera anche un minore impatto ambientale rispetto alla produzione di combustibili fossili. Questo vale anche quando non viene utilizzata elettricità prodotta da fonti rinnovabili. Alla **fine del ciclo di vita**, il processo di riciclaggio può recuperare non solo i materiali contenuti nel veicolo, ma anche i componenti della batteria.

Nell'arco della sua vita, un veicolo elettrico parte con un **impatto ambientale maggiore** rispetto a quello di un veicolo a combustione interna, ma aggiunge meno danno ambientale ad ogni chilometro percorso, generando così un minore impatto ambientale dopo una certa distanza percorsa: circa **25'000 km** per le auto di piccole dimensioni, **30'000 km** per le auto di fascia media e **45'000 km** per le auto di lusso.

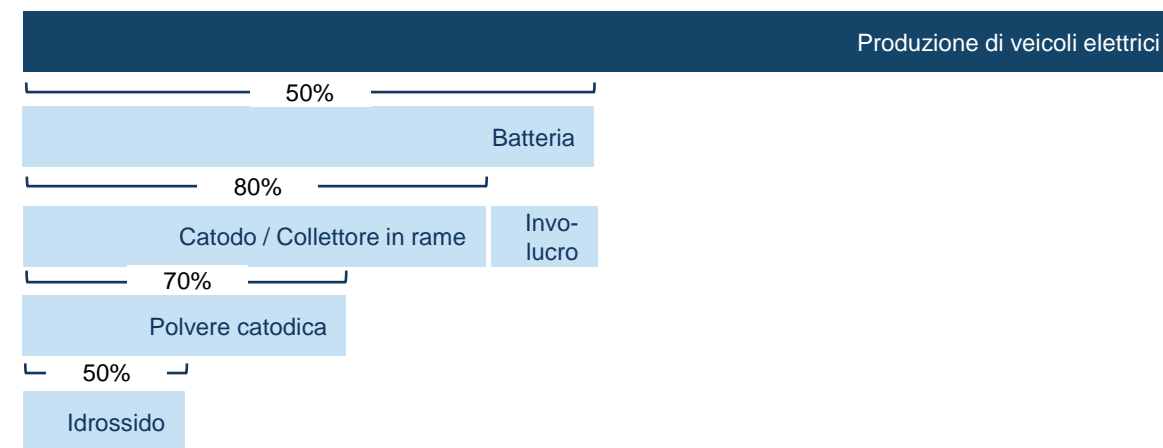
² A seconda degli impatti ambientali considerati. Questi includono per esempio le emissioni di gas serra, il consumo di energia primaria, il consumo di acqua, il consumo del suolo, la tossicità umana, il consumo di minerali, le polveri sottili e lo smog estivo.

Emissioni di gas a effetto serra dopo 200.000 km



Rappresentazione schematica delle emissioni di gas serra di un'auto di media cilindrata con un'autonomia di circa 400 km. In questo esempio, la produzione della batteria è responsabile di poco meno del 20% delle emissioni del veicolo elettrico. Grafico INFRAS.

Dove si origina l'impatto ambientale nella produzione delle batterie?

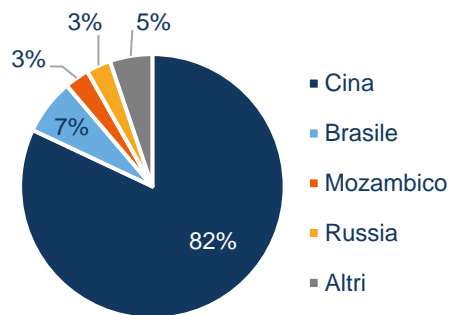


Rappresentazione schematica degli impatti ambientali nella produzione di batterie. Grafico INFRAS.

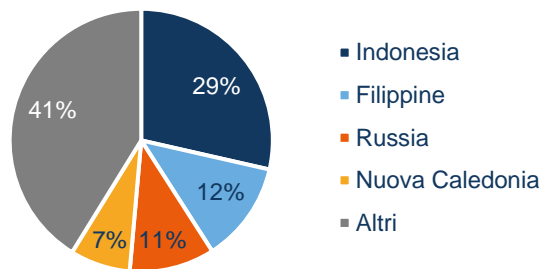
4. Estrazione delle materie prime

I più importanti esportatori di materie prime per la produzione di batterie

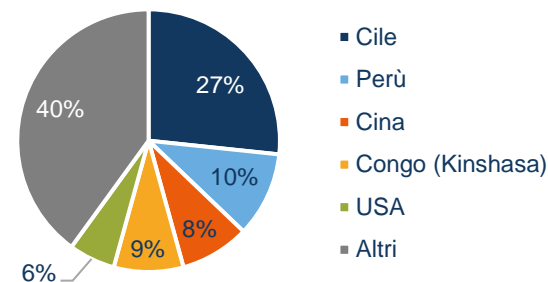
Graphite (naturale) [45kg]



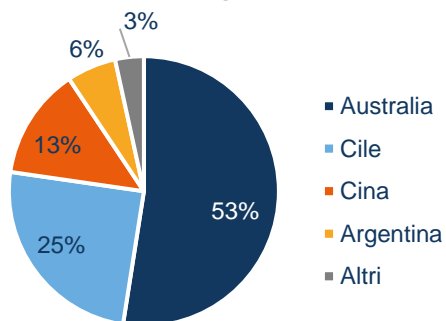
Nichel [39kg]



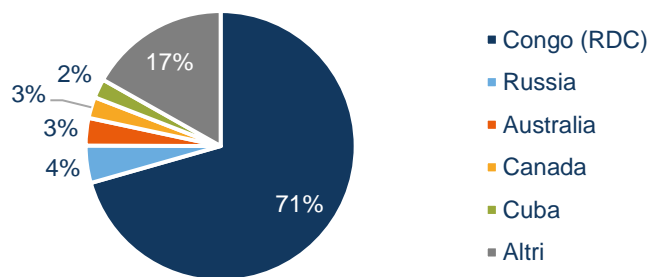
Rame [20kg]



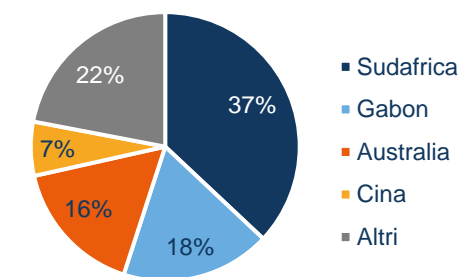
Litio [5 kg]



Cobalto [5 kg]



Manganese [5 kg]



I più importanti Paesi esportatori di materie prime utilizzate nella produzione di batterie e le rispettive quote di produzione globale. I metalli sono elencati in ordine decrescente in base alla loro quantità in una batteria di tipo NMC811. L'alluminio e l'acciaio non sono indicati. Grafico INFRAS.

Disponibilità futura

- Le materie prime come il cobalto, il litio, il nichel, il rame, la grafite e il manganese sono considerate globalmente sufficienti per la domanda futura dovuta alla mobilità elettrica.
- Le problematiche riguardanti l'estrazione del cobalto dovrebbero ridursi sensibilmente grazie allo sviluppo di batterie a ridotto contenuto di cobalto.
- Per il litio, la disponibilità di materie prime dovrebbe rimanere non critica, mentre ci sono ancora incertezze per quanto riguarda il nichel.
- Per litio, rame, cobalto e nichel i processi di riciclaggio su scala industriale diventeranno più importanti in futuro.

4. Estrazione delle materie prime

Impatto ambientale e sociale

Metall³ Impatto ambientale e sociale

Cobalto	<ul style="list-style-type: none">– Mancata ricoltivazione delle aree di estrazione– Consumo di acqua dolce e contaminazione dei corsi d'acqua– Emissioni di polveri e anidride solforosa– La maggior parte dell'estrazione del cobalto è di tipo industriale. Alcune miniere artigianali presentano il rischio di sfruttamento minorile.
Litio	<ul style="list-style-type: none">– Abbassamento del livello delle acque sotterranee e carenza idrica locale durante l'estrazione dalla salamoia– Contaminazione del suolo e dell'acqua potabile– Tuttavia, due terzi del litio in Australia sono estratti da roccia solida con un impatto ambientale e sociale ridotto.
Nichel	<ul style="list-style-type: none">– Elevato consumo di suolo– Elevato consumo di acque sotterranee e contaminazione attraverso l'intrusione di acqua salata– Contaminazione dei corsi d'acqua con metalli pesanti– Emissioni di polveri contenenti metalli pesanti e anidride solforosa
Rame	<ul style="list-style-type: none">– Consumo di acqua elevato– Emissioni di metalli pesanti, polveri fini e SOx
Grafite	<ul style="list-style-type: none">– Consumo di energia elevato
Manganese	<ul style="list-style-type: none">– Consumo di acqua elevato, contaminazione di acqua, aria e suolo– Le comunità locali soffrono di problemi di salute come le malattie polmonari.

³ Le terre rare non sono utilizzate nelle batterie, ma sono talvolta presenti nei motori elettrici (ad esempio nei motori sincroni con magneti permanenti).

Possibili provvedimenti e soluzioni

Per ridurre l'impatto ambientale e sociale dell'estrazione delle materie prime nel contesto della produzione di batterie, si stanno adottando diverse misure:

- Ulteriore sviluppo tecnologico dell'estrazione di materie prime
- Sostituzione di materie prime critiche
- Regolamentazione governativa e due diligence
- Promozione del riciclaggio e di catene di approvvigionamento trasparenti

Labels e iniziative esistenti

- Global Battery Alliance (GBA): Catena del valore delle batterie sostenibile entro il 2030.
- Responsible Minerals Initiative (RMI): Produzione responsabile dei minerali. Tutti i produttori di batterie, tranne BYD e CATL, ne fanno parte.
- Responsible Mining Assurance (IRMA): Iniziativa per una maggiore trasparenza e migliori condizioni di lavoro nel settore minerario.
- Responsible Cobalt Initiative (RCI): Mira a promuovere la cooperazione con la Repubblica Democratica del Congo e la società civile.

Focus Europa e prospettive

Nel 2021 la Commissione europea ha approvato il progetto «European Battery Innovation» per promuovere la ricerca e l'innovazione nella catena del valore delle batterie con un finanziamento di 2,9 miliardi di euro.

La nuova **normativa europea sulle batterie**, con l'introduzione del passaporto per le batterie comprensivo di codice QR, il nuovo **rapporto della sostenibilità** per le aziende nonché la prevista **legge sulla catena di fornitura** dovrebbero migliorare in modo significativo la trasparenza futura lungo la catena di fornitura delle batterie.

5. Produzione di celle per batterie

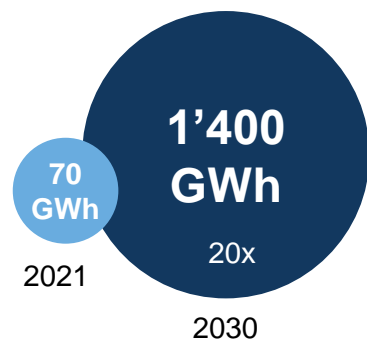
Situazione attuale

I primi cinque produttori mondiali di batterie agli ioni di litio sono **CATL**, **BYD**, **Panasonic**, **LG** e **Samsung**.

Ripartizione globale della produzione di celle per batterie:

- **80%** aziende asiatiche
- **10%** aziende europee
- **6%** aziende nordamericane

Capacità produttiva in Europa



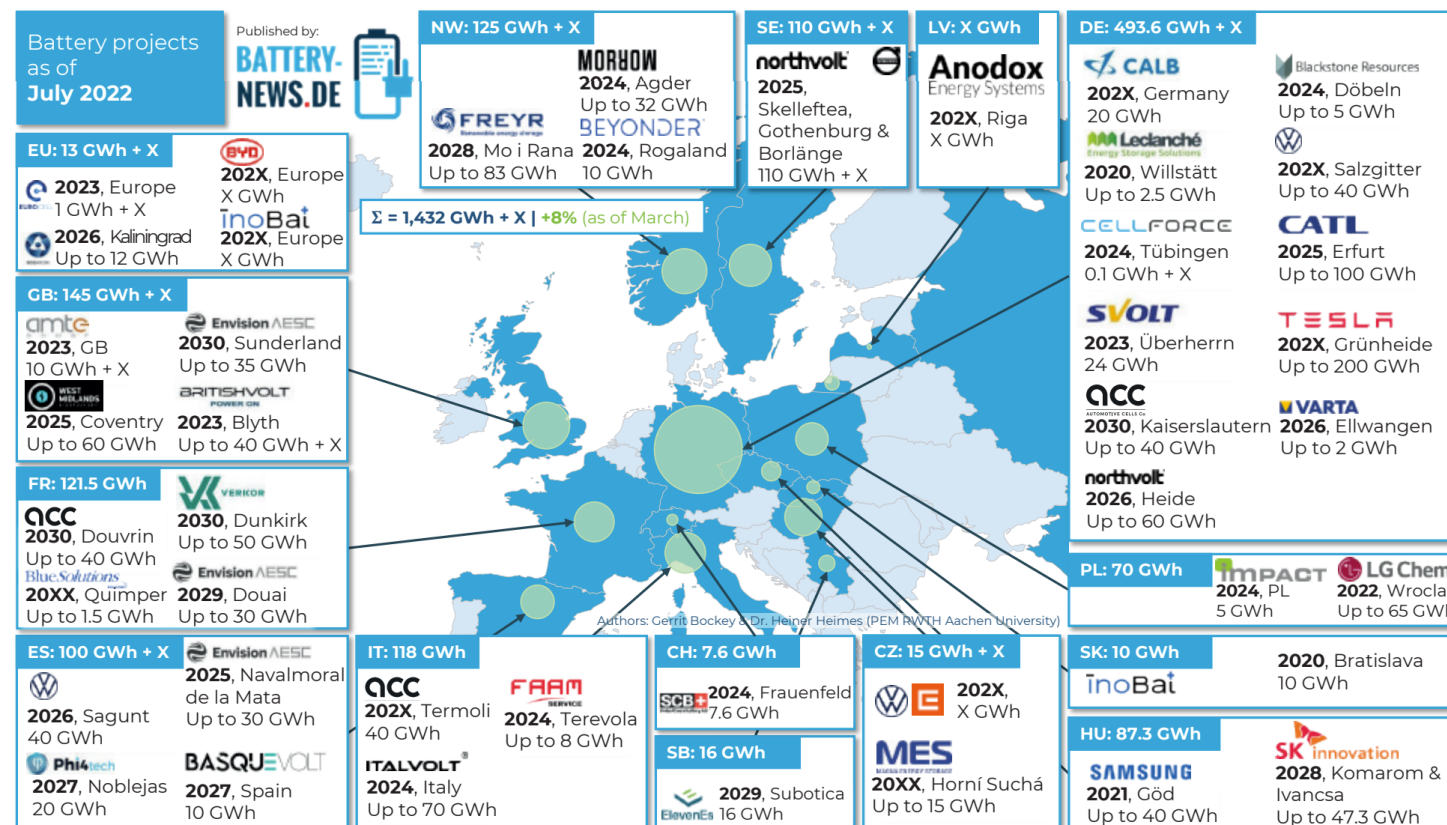
Limitazioni nella capacità produttiva

Per ridurre la dipendenza dalle forniture, le aziende stanno perseguendo diverse strategie:

- Diversificazione dei fornitori
- Cooperazione industriale strategica lungo la catena del valore
- Privilegiare le collaborazioni di ricerca, le joint venture e la produzione interna
- Contratti diretti con i fornitori di materie prime per batterie

Sviluppi futuri

Tutti i produttori di batterie hanno in programma un aumento significativo della produzione, con la Germania destinata a diventare l'hotspot della produzione con **500 GWh**, seguita dal Regno Unito e dalla Norvegia.



Panoramica della produzione esistente e prevista di celle per batterie in Europa, stato: luglio 2022 (RWTH Aachen, 2022a)

6. Utilizzo delle batterie

Dimensionamento delle batterie

In Svizzera, un'automobile percorre in media meno di **25 km** al giorno. In Europa, l'80% dei veicoli percorre meno di 100 km al giorno.

In Svizzera, i veicoli elettrici più venduti raggiungono un'autonomia di **350-600 km**.

La capacità media della batteria di tutti i veicoli elettrici offerti in Svizzera è di **71 kWh** e il 77% di tutti i modelli ha una capacità superiore a 56 kWh.

Utilizzo	Dimensione della batteria consigliata
Distanze normali per i pendolari (< 40km al giorno)	30 kWh (120-150 km di autonomia nel traffico urbano e negli agglomerati)
Viaggi occasionali a lunga distanza (fino a 400 km al giorno)	50 kWh (200 km di autonomia in autostrada)
Viaggi regolari a lunga distanza (> 400 km al giorno)	70 kWh (300 km di autonomia in autostrada)

Autonomia della batterie

Effetto del freddo sull'autonomia

L'autonomia di una batteria si riduce al diminuire della temperatura. Il riscaldamento deve essere alimentato dalla batteria e anche gli pneumatici invernali contribuiscono a un consumo maggiore di circa il 4%.

Il consumo aggiuntivo nella stagione fredda varia tra il 10% e il 30% rispetto al consumo nelle stagioni calde. La **riduzione media dell'autonomia** è di circa il **30%**, con una differenza tra il 9% e il 50%. In caso di temperature elevate, l'aria condizionata aumenta il consumo energetico, riducendo l'autonomia di circa il 20%.

Effetto del freddo sulla ricarica

Il freddo riduce la capacità di assorbimento dell'energia durante la ricarica e diminuisce significativamente la **velocità di ricarica** alle basse temperature. Durante una carica di 30 minuti, la capacità residua della batteria si riduce in media del 22%-36% quando la carica avviene a una temperatura di 0 °C, rispetto a una temperatura di 25 °C. Tuttavia, la curva di ricarica e la gestione della temperatura variano notevolmente a seconda del modello di automobile.

Misure consigliate per attenuare l'effetto del freddo

- Se possibile, parcheggiare in garage per evitare che la batteria si raffreddi eccessivamente.
- Preriscaldare l'interno del veicolo per circa 15 minuti mentre è ancora collegato alla rete elettrica.

6. Utilizzo delle batterie

Durata delle batterie

Processi di invecchiamento

- Invecchiamento cronologico: descrive il degrado interno della batteria nel corso del tempo, anche senza utilizzare la batteria.
- Invecchiamento ciclico: descrive l'invecchiamento dovuto allo stress dovuto a ricariche ripetute.

L'età di una batteria è indicata dallo «**Stato di Salute**» (SOH). Questo descrive la capacità residua esistente di una cella della batteria rispetto alla capacità nominale⁴ dichiarata dal produttore.

Una capacità massima di accumulo inferiore all'80%, ossia **SOH < 80%**, è generalmente considerata il limite per la vita utile di una batteria e viene raggiunta con circa 1.000-1.500 cicli di carica. Questo corrisponde a un intervallo approssimativo per l'intera durata di vita di 300.000-450.000 km. Tuttavia, la durata può variare notevolmente. Nella letteratura non c'è consenso su questo punto a causa della mancanza di dati empirici. I valori pubblicati variano tra i **12 e i 20 anni**.

Consigli per prolungare la durata della batteria

- Utilizzare la batteria in uno stato di carica compreso tra circa il 20% e circa l'80% della capacità nominale dichiarata⁴. In generale, quanto minore è la finestra di utilizzo, tanto migliore è la durata della batteria.
- Se possibile, evitare la ricarica rapida, soprattutto se la batteria è fredda.
- Proteggere il veicolo da sovraccarichi meccanici e termici.

⁴La capacità nominale corrisponde al contenuto energetico in kWh di una nuova batteria agli ioni di litio (detta anche capacità lorda). Il contenuto energetico specifico dichiarato dal costruttore dell'auto, ovvero la capacità netta, è solitamente inferiore del 10-20%.

Rischio di incendio delle batterie

Il rischio di incendio di una batteria agli ioni di litio aumenta sostanzialmente se questa viene danneggiata, conservata in condizioni non idonee o utilizzata in modo non corretto.

Cause di incendio

- Cortocircuito dovuto a danni meccanici, ad esempio in caso di incidente
- Problemi di qualità durante la produzione
- Surriscaldamento, cosiddetto «Thermal Runaway»
- Flusso eccessivo di corrente durante la ricarica o l'utilizzo
- Scaricamento completo con conseguente danneggiamento della cella
- Pericoli naturali (ad es. inondazioni)

Spegnimento di un incendio

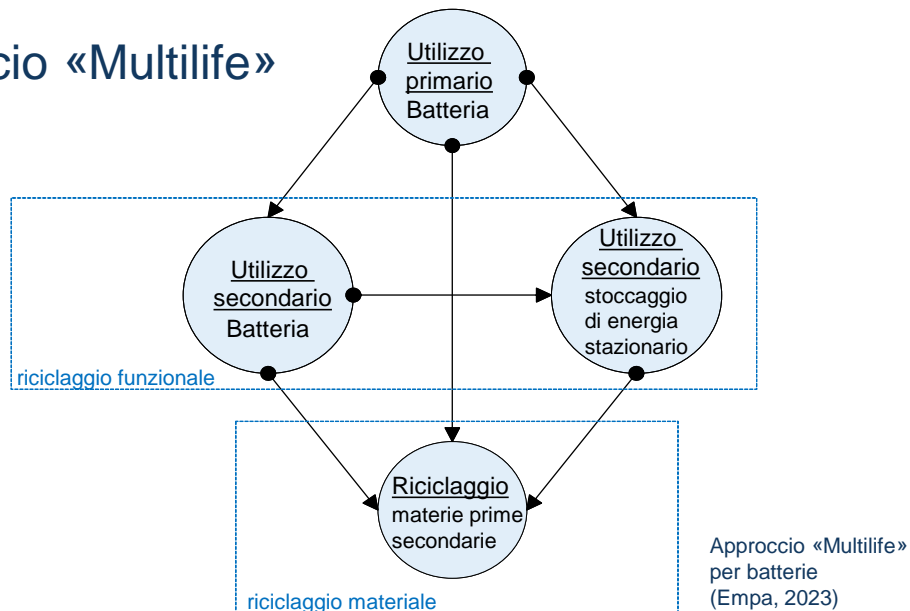
Gli incendi delle batterie agli ioni di litio hanno spesso un carattere esplosivo e una lunga durata. La batteria è solitamente installata nel pianale del veicolo ed è di difficile accesso. Una batteria in fiamme deve quindi essere raffreddata con acqua per lungo tempo. Ciò comporta un consumo di acqua compreso tra 3.000 e 10.000 litri.

Rischio di incendio dei veicoli elettrici

Attualmente i dati disponibili non sono abbastanza esaustivi per una valutazione accurata del rischio di incendio dei veicoli elettrici rispetto a quelli con motore a combustione. Tuttavia, le prime valutazioni mostrano che i veicoli elettrici **non presentano un rischio di incendio significativamente più elevato** rispetto ai veicoli a combustione interna.

7. End-of-Life delle batterie

Approccio «Multilife»



Dopo la rimozione dal veicolo, la batteria può essere direttamente **riciclata** materialmente o, inizialmente, funzionalmente. Si parla di un approccio cosiddetto «**multi-life**» quando le batterie possono ricevere un **secondo ciclo di vita** dopo il primo ciclo di vita nell'auto elettrica. Questo approccio indebolisce la domanda di materiali critici e consente soluzioni di mercato per le batterie esauste. Tuttavia, le batterie invecchiano in entrambi i cicli di vita e la **perdita di capacità** rispetto alle batterie nuove diventa sempre più significativa. I rapidi progressi stanno inoltre rendendo possibile la produzione di batterie più efficienti a parità di consumo di materiale. Pertanto, da un punto di vista ambientale, potrebbe essere più interessante recuperare le materie prime attraverso un **riciclaggio efficiente** per produrre nuove batterie, invece di prolungarne la vita il più possibile.

Riciclaggio in Svizzera e all'estero

L'ordinanza svizzera sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici prevede l'obbligo di ritirare e restituire le batterie. In questo modo si garantisce che le batterie vengano smaltite correttamente in Svizzera.

Esportazione di veicoli elettrici

- Complessivamente, circa l'**80%** dei veicoli in Svizzera viene esportato all'estero al termine della sua vita utile e riutilizzato o riciclato in loco.
- Il riciclaggio della batteria di questi veicoli non può più essere controllato dalle istituzioni svizzere, ma viene effettuato in base alle leggi e alle norme vigenti a livello locale.
- Il riciclaggio della batteria secondo gli standard svizzeri non può quindi più essere garantito per i veicoli esportati. Tuttavia, la maggior parte dei veicoli viene esportata negli Stati membri dell'UE, dove i requisiti per il riciclaggio delle batterie sono simili.

Direttive nell'UE

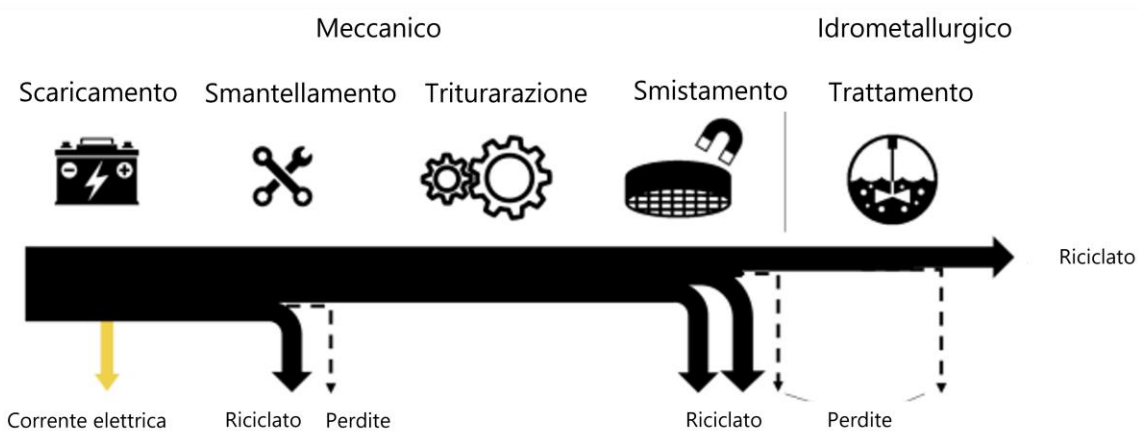
Nell'Unione Europea vigono normative simili per quanto riguarda lo smaltimento e il riciclaggio delle batterie. La direttiva 2006/66/CE si applica a tutti i Paesi. Si applica un obbligo di ritiro e i Paesi membri devono garantire che i produttori istituiscano un sistema per la restituzione gratuita delle batterie da parte dell'utente finale. Nell'Unione Europea, tuttavia, non esiste alcun obbligo di restituzione delle batterie.

7. End-of-Life delle batterie

Previsioni sul riciclaggio

Dopo circa 20 anni di vita complessiva, compreso un possibile ma non necessario secondo utilizzo, i moduli sono talmente invecchiati da dover essere riciclati materialmente. La quantità di batterie agli ioni di litio smaltite registrerà una **crescita esponenziale** nei prossimi decenni, trainata dall'attuale boom delle auto elettriche. Il riciclo delle batterie diventerà sempre più importante perché attraverso il riciclo è possibile recuperare materiali preziosi, come litio, grafite, cobalto o nichel.

Il processo di riciclaggio spesso prevede una combinazione di trattamenti **meccanici**, **termici** e **chimici**. In Svizzera non è ancora stato definito un processo di riciclaggio standard. Tuttavia, la batteria viene spesso trattata meccanicamente e la massa nera risultante viene trattata idrometallurgicamente.



Rappresentazione schematica di un processo di riciclaggio meccanico-idrometallurgico. Grafico Empa.

Redditività del riciclaggio

In Svizzera, il riciclaggio **non è attualmente redditizio**. Gli elevati requisiti in materia di sicurezza, monitoraggio, norme ambientali e sanitarie comportano costi elevati. Questi superano i ricavi e di solito risultano superiori ai costi delle materie prime primarie.

I produttori e gli importatori di veicoli elettrici che sono esenti dalla tassa devono implementare un sistema di smaltimento ecologico (raccolta, trasporto e riciclaggio) sotto la propria responsabilità e garantirne il finanziamento.

Prospettive

I costi di riciclaggio diminuiranno con l'aumento dei volumi grazie alle economie di scala. Lo sviluppo delle tecnologie di riciclaggio consentirà di recuperare una percentuale crescente di materiale per batterie di qualità superiore, aumentando così i ricavi del riciclaggio.

Tasso di riciclaggio previsto con il nuovo regolamento UE

- Obiettivi per le batterie agli ioni di litio: **65%** entro il 2025, **70%** entro il 2030
- Tassi di riciclaggio del **90%** per cobalto, rame e nichel e del **50%** per il litio entro la fine del 2027
- Tassi di riciclaggio del **95%** per cobalto, rame e nichel e dell'**80%** per il litio entro la fine del 2030

Il riciclaggio della grafite dalle batterie agli ioni di litio non avviene attualmente per motivi economici, ma è già oggetto di ricerca. Per il manganese si prevede un tasso di riciclaggio di circa il 30% entro il 2025 (70% entro il 2030).