

AIDIC

Gruppo di Lavoro per la TRANSIZIONE ENERGETICA

POSITION PAPER SU

MATERIALI CRITICI PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA



Novembre 2024

AIDIC

Position paper sui Materiali Critici per la Transizione Energetica

INDICE

- 1.0 Premessa**
- 2.0 I materiali critici utilizzati nelle energie alternative, in particolare PV, eolico e batterie**
- 3.0 Argomenti vari relativi ai materiali critici**
- 4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali**
- 5.0 Conclusioni**

1.0 PREMESSA

Un sistema energetico alimentato da energia pulita rinnovabile è significativamente diverso da quello alimentato da fonti fossili. La realizzazione di impianti solari fotovoltaici (PV), parchi eolici, veicoli elettrici (EV) richiede generalmente più minerali rispetto ai loro equivalenti convenzionali. Una tipica auto elettrica richiede sei volte l'input di minerali di un'auto con motore termico e un impianto eolico a terra richiede nove volte più risorse minerarie di una centrale elettrica equivalente a gas. Dal 2010, la quantità media di minerali necessari per le nuove unità di generazione di energia è aumentata del 50%, in linea con l'aumento delle quote di rinnovabili.

Poiché le risorse minerarie, al pari delle fossili, non sono rinnovabili, diventa estremamente importante valutare l'andamento tendenziale dei loro consumi, così come la possibilità del loro riciclo e la eventuale disponibilità di nuove risorse non ancora esplorate. Ultimo punto, ma non meno importante, è che lo sfruttamento delle risorse minerarie sta creando dei problemi sociopolitici in diverse aree del pianeta, che vanno considerati attentamente per non generare conflitti o problemi sociali sul medio lungo periodo.

Queste analisi sono lo scopo del presente Position Paper.

1.0 PREMESSA

Alcune definizioni di materiali critici

USA - L'Energy Act del 2020 definisce un minerale critico come un minerale non combustibile o un materiale minerale essenziale per la sicurezza economica o nazionale degli Stati Uniti e che ha una catena di approvvigionamento vulnerabile alle interruzioni. Questi minerali critici come litio, cobalto, nichel e grafite sono i minerali chiave per le batterie dei veicoli elettrici e dei telefoni cellulari.

<https://www.usgs.gov/news/national-news-release/us-geological-survey-releases-2022-list-critical-minerals>

Australia - Un minerale critico è un elemento metallico o non metallico essenziale per le moderne tecnologie, economie o sicurezza nazionale e presenta una catena di approvvigionamento a rischio di interruzione.

[Critical Minerals at Geoscience Australia](https://www.ga.gov.au/scientific-topics/critical-minerals)

<https://www.ga.gov.au/scientific-topics/critical-minerals>

EU - Le materie prime critiche (CRM) – come il litio, il cobalto e gli elementi delle terre rare (REE) – sono materie prime essenziali per l'economia dell'UE. Sono anche fattori chiave delle ambizioni digitali, ambientali e di difesa dell'Europa. La Cina attualmente produce l'86% della fornitura mondiale di terre rare. L'UE importa il 93 % del suo magnesio dalla Cina, il 98 % del suo borato dalla Turchia e l'85 % del suo niobio dal Brasile. La Russia produce il 40% del palladio mondiale. Quest'ultimo ricorda le implicazioni strategiche dell'invasione russa dell'Ucraina e la necessità che l'UE si prepari a un mondo sempre più incerto.

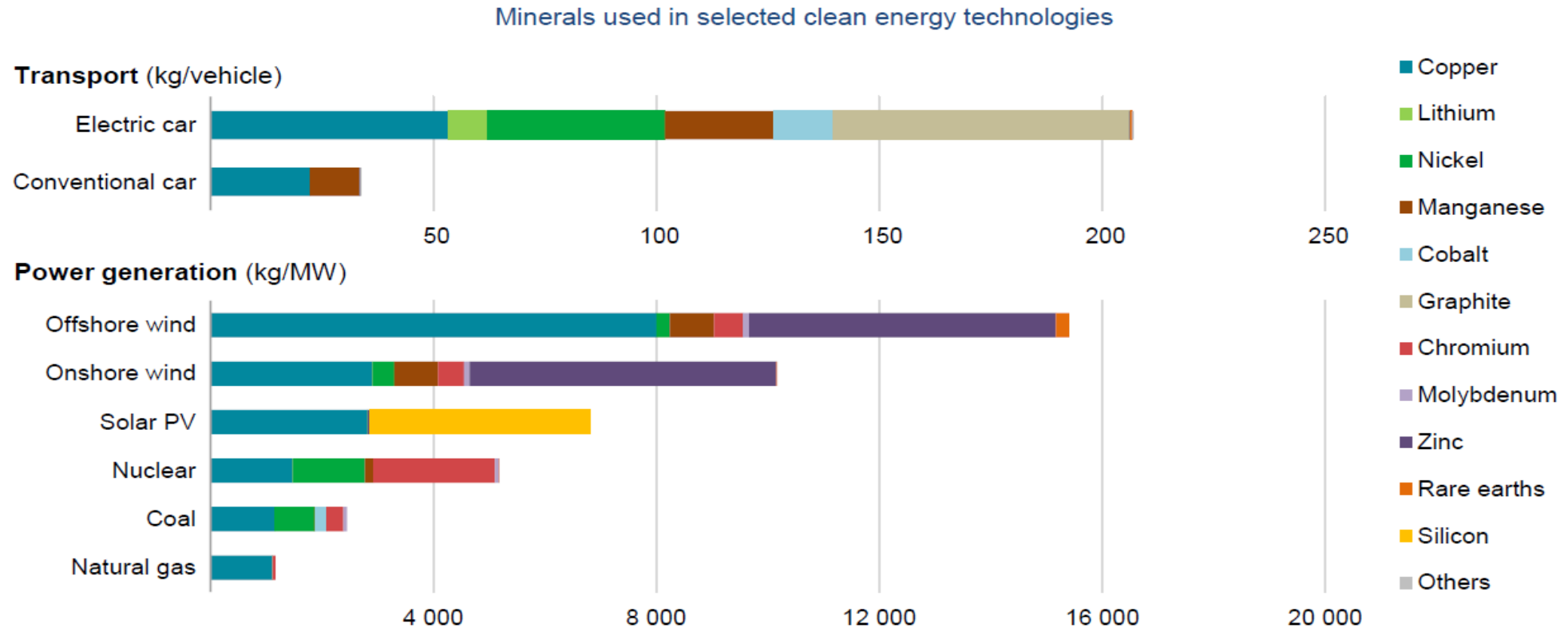
<https://epthinktank.eu/2022/07/08/securing-the-eus-supply-of-critical-raw-materials/>

2.0 I MATERIALI CRITICI UTILIZZATI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE, IN PARTICOLARE PV, EOLICO E BATTERIE

- Come detto in premessa, i minerali e i metalli (MM) hanno un ruolo essenziale nello sviluppo delle energie rinnovabili e pertanto le industrie MM saranno sempre più legate alle industrie delle energie alternative;
- La questione fondamentale è quindi se gli MM saranno disponibili nei tempi, nelle quantità e nelle qualità richieste dalle energie rinnovabili, dato che le quantità producibili ora sono molto inferiori ai consumi previsti nei prossimi 20-30 anni;
- La IEA - International Energy Agency ha sviluppato una stima delle quantità di metalli critici richieste a livello mondiale in due possibili scenari:
 - più sfidante, nel rispetto degli accordi di Parigi, contenendo l'aumento di temperatura media globale a 1,5°C (SDS - Sustainable Development Scenario);
 - meno severo, che tiene conto delle politiche di riduzione in programma/annunciate dai vari governi mondiali, ma insufficiente a raggiungere l'obiettivo di cui sopra (STEPS - Stated Policies Scenario);
- Infine le tecnologie sono in una fase di rapido sviluppo e questo può portare in futuro a richieste diverse rispetto a quelle delle tecnologie ora adottate.

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

- I principali minerali critici usati nelle energie rinnovabili e nei trasporti sono riportati nella tabella (fonte IEA), esclusi i materiali non critici o non tipici delle nuove tecnologie, come ferro, acciaio, alluminio.
- Questi materiali critici sono molto più presenti nelle nuove tecnologie (auto elettrica, eolico, fotovoltaico), rispetto alle soluzioni tradizionali



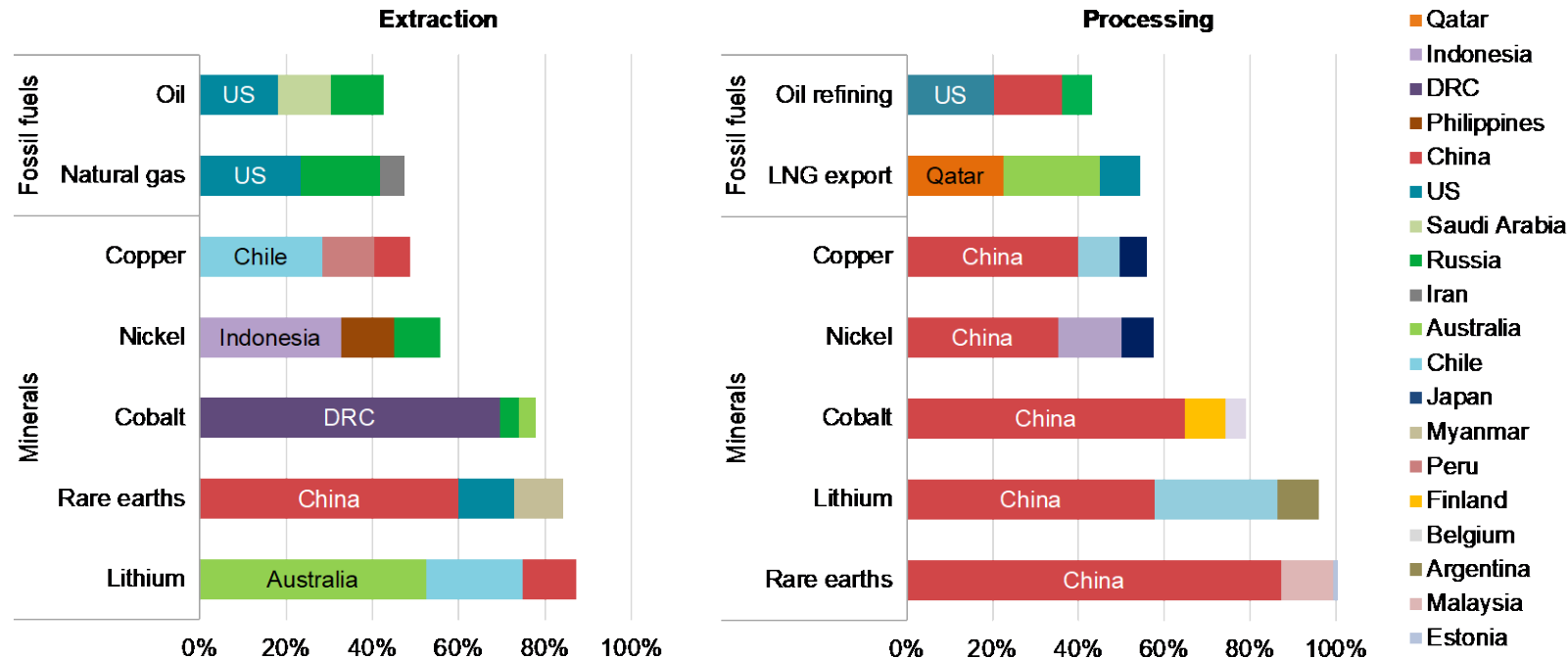
IEA. All rights reserved.

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

- Per i minerali esistono due fasi critiche:
 - L'estrazione, in genere sotto forma di ossidi;
 - Il refining/processing per ricavare i metalli.
- I due stadi non sono in genere situati nello stesso paese; la Cina attualmente in posizione dominante in tutto il processing.

Share of top three producing countries in production of selected minerals and fossil fuels, 2019



IEA. All rights reserved.

Notes: LNG = liquefied natural gas; US = United States. The values for copper processing are for refining operations.
Sources: IEA (2020a); USGS (2021), World Bureau of Metal Statistics (2020); Adamas Intelligence (2020).

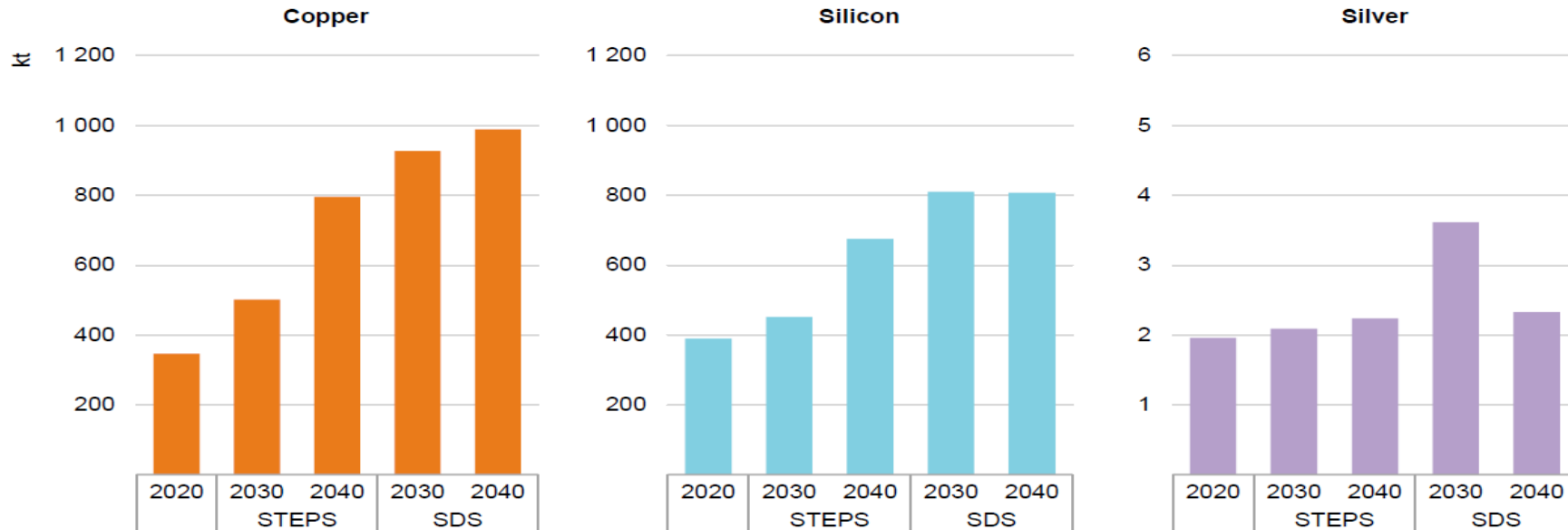
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Generazione da fonti rinnovabili: Fotovoltaico

- Il settore è in forte sviluppo a livello mondiale, con nuova capacità installata triplicata dal 2020 al 2040;
- I miglioramenti delle tecnologie fanno prevedere un aumento più contenuto di minerali utilizzati (silicio e argento);
- Nuovi tipi di pannelli sono in fase avanzata di sviluppo (celle al Cadmio-Tellurio, celle a struttura perovskitica, celle a base di GaAs-arseniuro di gallio), per cui anche la domanda di minerali potrà variare, anche se il silicio rimarrà dominante nei prossimi 20 anni.

Demand for copper, silicon and silver for solar PV by scenario

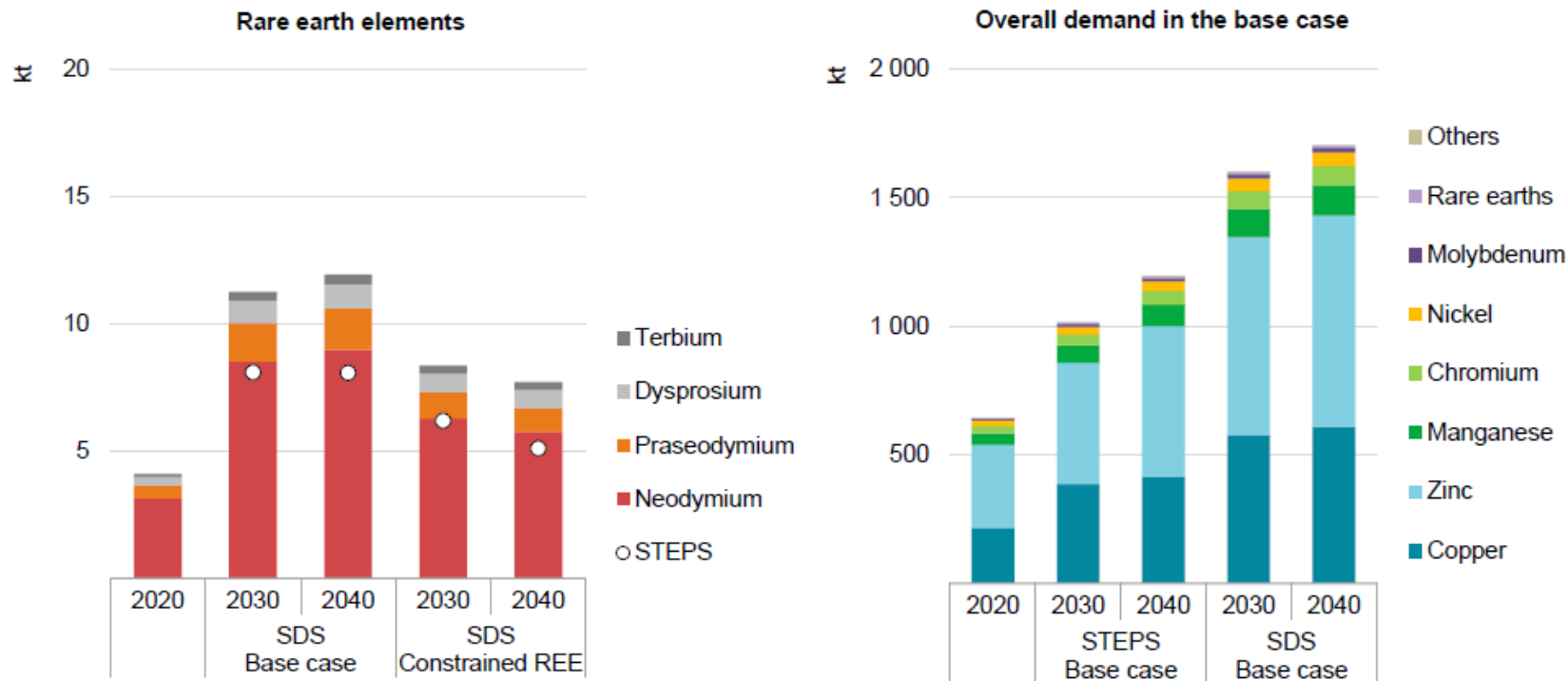


<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Generazione da fonti rinnovabili: Eolico onshore ed offshore

- Anche questo settore è in forte sviluppo a livello mondiale, con nuova capacità installata triplicata dal 2020 al 2040;
- Da segnalare in questo caso la criticità delle **terre rare**, usate per i magneti permanenti, data l'attuale concentrazione della produzione e del processing in un solo paese (Cina) e gli alti costi;
- Si stanno quindi sviluppando tecnologie alternative che prevedono la minimizzazione dell'utilizzo di terre rare.



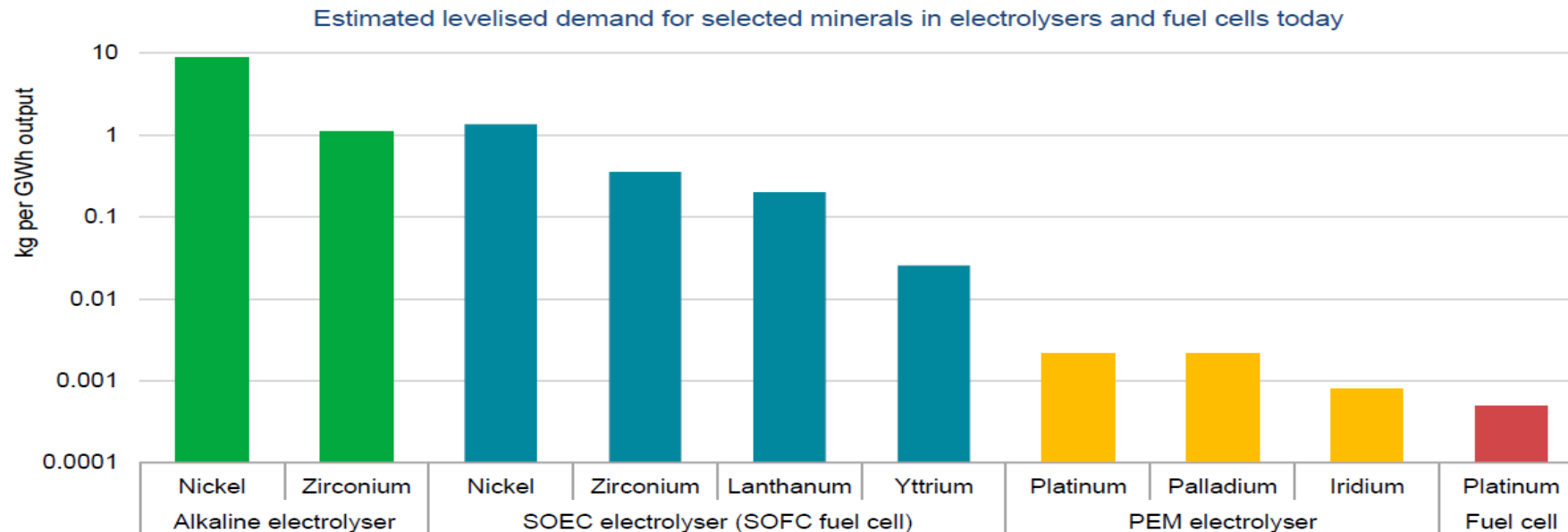
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Idrogeno

- Lo sviluppo dell'idrogeno comporta la necessità di elettrolizzatori e celle a combustibile;
- La necessità di nuovi minerali dipenderà dalle soluzioni scelte per gli elettrolizzatori;
- Le celle a combustibile utilizzano come materiale critico il **platino**, ma si prevede che i consumi globali non aumenteranno dato che allo stesso tempo se ne ridurrà la richiesta come catalizzatore nei Reformer nelle raffinerie per produrre benzina.

Hydrogen electrolyzers and fuel cells could drive up demand for nickel, platinum and other minerals, but the market effects will depend on the shares of the different electrolyser types



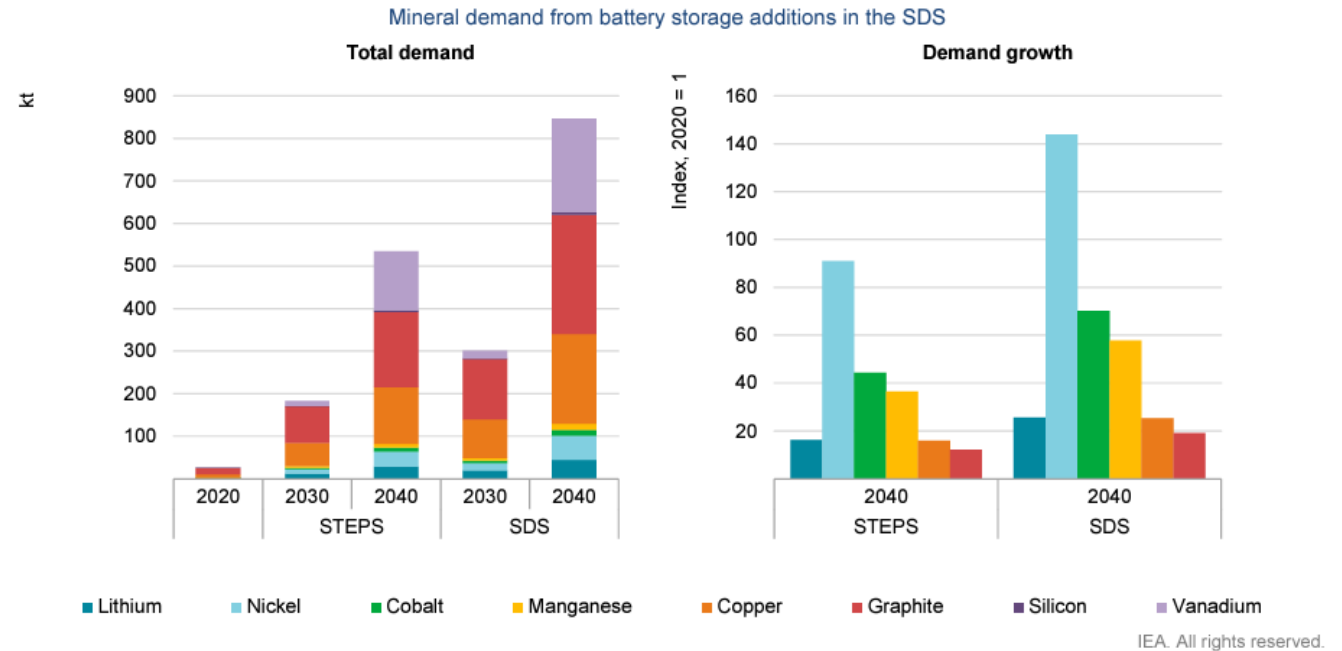
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Veicoli elettrici e batterie

- Rappresenta il campo di maggior sviluppo/riciesta di minerali critici, in particolare le batterie;
- Lo scenario più severo prevedere la vendita di più di 70 milioni di veicoli elettrici all'anno nel 2040, con una crescita di 30 volte rispetto al 2020 (circa 40 volte per Litio e Cobalto);
- La tecnologia è in evoluzione, per intensità energetica (Wh/kg), durata (n. di cicli), costo, tempi di ricarica e sicurezza;
- La stima dei fabbisogni di IEA è soggetta a sensibili mutamenti in base all'evoluzione tecnologica.

Mineral demand for storage in the SDS grows by over 30 times between 2020 and 2040, with demand for nickel and cobalt growing by 140 times and 70 times respectively



<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Batterie per veicoli elettrici

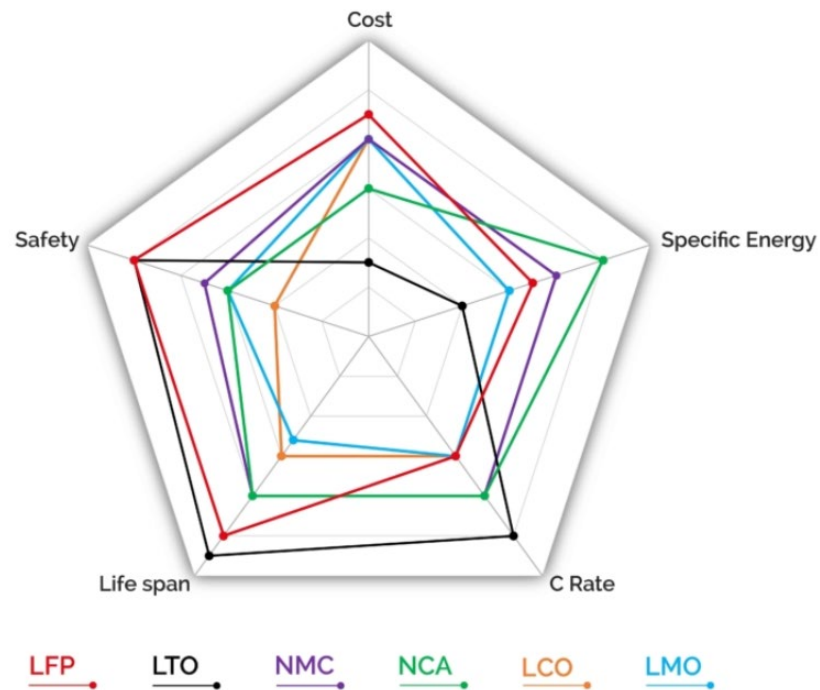
- Le batterie presentano oggi diverse soluzioni per il **catodo**, con Litio Manganese Oxide (LMO), Litio Ferro Fosfato (LFP), Litio Nickel Cobalto Alluminio Oxide (NCA) e Litio Nickel Manganese Cobalto Oxide (NMC). Sui veicoli elettrici passeggeri il tipo NMC è oggi il più diffuso;
- Diverse nuove soluzioni per il **catodo** sono allo studio soprattutto per limitare l'uso di metalli critici, come il Cobalto, che è prodotto principalmente nella Repubblica Democratica del Congo e con l'impiego di lavoro minorile;
- Per l'**anodo**, dove si usa ad oggi principalmente la grafite, sono allo studio alternative che prevedono l'uso di silice, e per l'**elettrolita** si considera un elettrolita solido;
- Eventuali successi nelle ricerche citate sopra, potrebbero portare a sensibili variazioni delle richieste di minerali critici.

Batterie per uso stazionario

- Per l'utilizzo stazionario dimensioni e peso non sono prioritari e si preferisce la tipologia LFP (bassa intensità energetica, ma costi bassi);
- Sono in sviluppo le Vanadium Flow Batteries (VFB), che utilizzano ioni di Vanadio e hanno bassi costi, altissimo numero di cicli e grande capacità di stoccaggio.

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Confronto tra le diverse batterie al Litio



Litio – Cobalto – Ossido (LiCoO_2)

Le batterie al litio con chimica LCO sono le meno recenti, impiegate soprattutto per **dispositivi elettronici e applicazioni mobile** e sono formate da un catodo in ossido di cobalto (elettrodo positivo) e un anodo in carbonio di grafite (elettrodo negativo).

Litio – Manganese – Ossido (LiMn_2O_4)

Le batterie al litio con chimica LMO si comportano in modo molto simile a quelle che sfruttano la tecnologia LCO. Trovano infatti largo impiego in **piccoli dispositivi** come ad esempio gli elettroutensili.

Litio – Ferro – Fosfato (LiFePO_4)

La chimica LFP è quella che tra tutte risponde meglio alle esigenze specifiche del **settore industriale**, ambito in cui non sono richieste energie specifiche eccessive, ma dove c'è bisogno di una sicurezza molto elevata e di lunghi cicli di vita. Parliamo quindi di un mondo molto vasto, che va dall'automazione, alla robotica, logistica, costruzione, agricoltura, nautica, veicoli elettrici, fino ad arrivare a mezzi aeroportuali, piattaforme aeree e mezzi speciali.

Nichel – Manganese – Cobalto ($\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$)

Le batterie con chimica NMC restano ad oggi le più frequentemente utilizzate nel **settore automotive**. Grazie a questa chimica si riesce infatti ad avere una **energia specifica molto importante**, che può arrivare fino a 220 – 240 Wh/kg

Nichel – Cobalto – Alluminio (LiNiCoAlO_2)

Oltre alle NMC, le batterie con chimica NCA vengono anch'esse utilizzate in **ambito automotive**. Hanno un grado di sicurezza leggermente inferiore rispetto alle NMC, ma allo stesso tempo un'**altissima densità energetica**, che raggiunge i 250-300 Wh/Kg

Litio titanato ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)

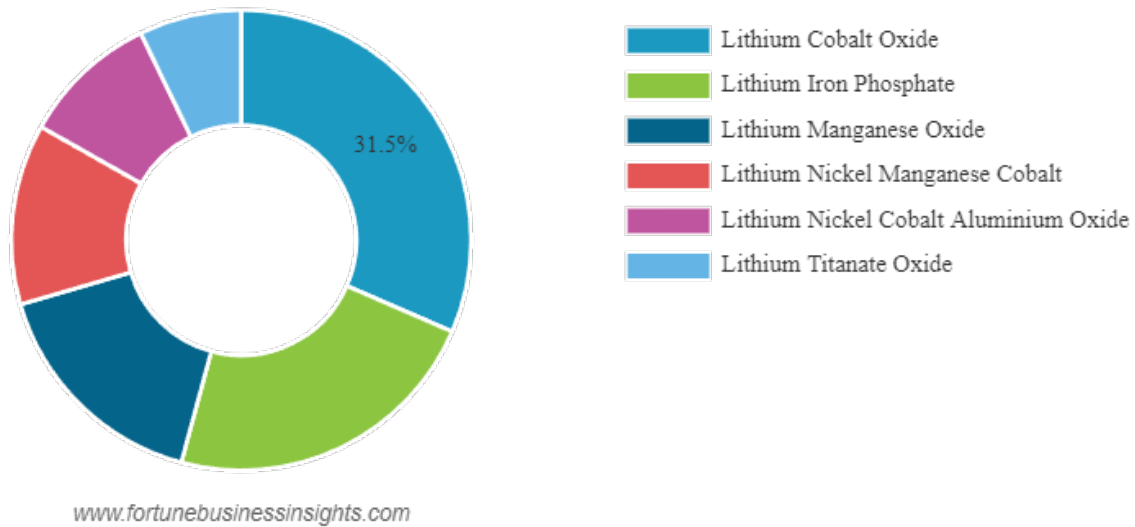
Le basse tensioni interne e l'assenza di stress meccanico le consentono un **bassissimo degrado**, facendole raggiungere agevolmente i 15.000 – 20.000 cicli. Al momento porta con sé ancora qualche problematica che ne limita l'utilizzo e la diffusione.

<https://www.flashbattery.tech/tipi-batterie-litio-quale-chimica-utilizzare/>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

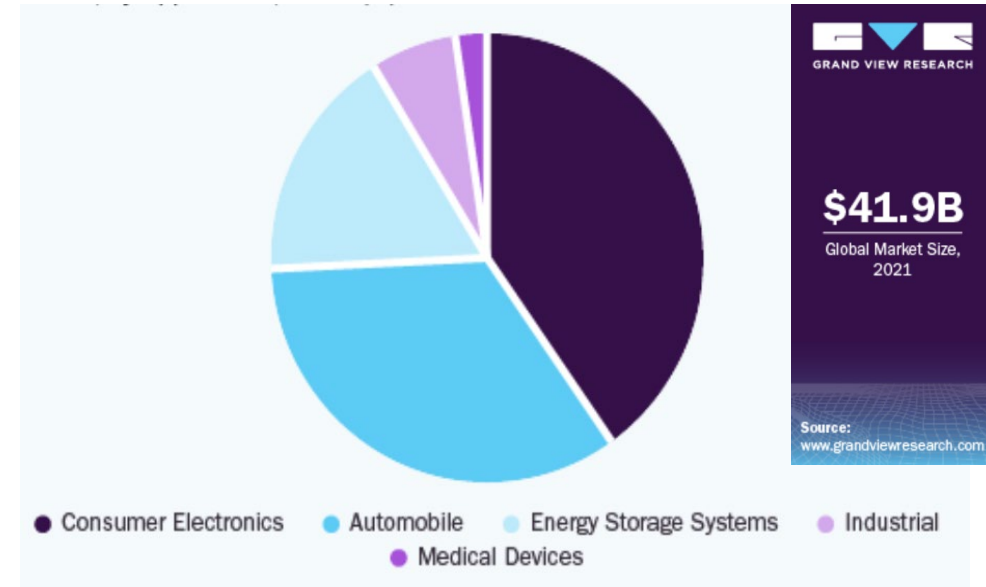
Quote di mercato e settori applicativi delle diverse batterie al Litio

Quote del mercato globale delle batterie al Litio, per tipologia, 2020



<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/lithium-ion-battery-market-100123>

Quote del mercato globale delle batterie al Litio, per applicazione, 2021



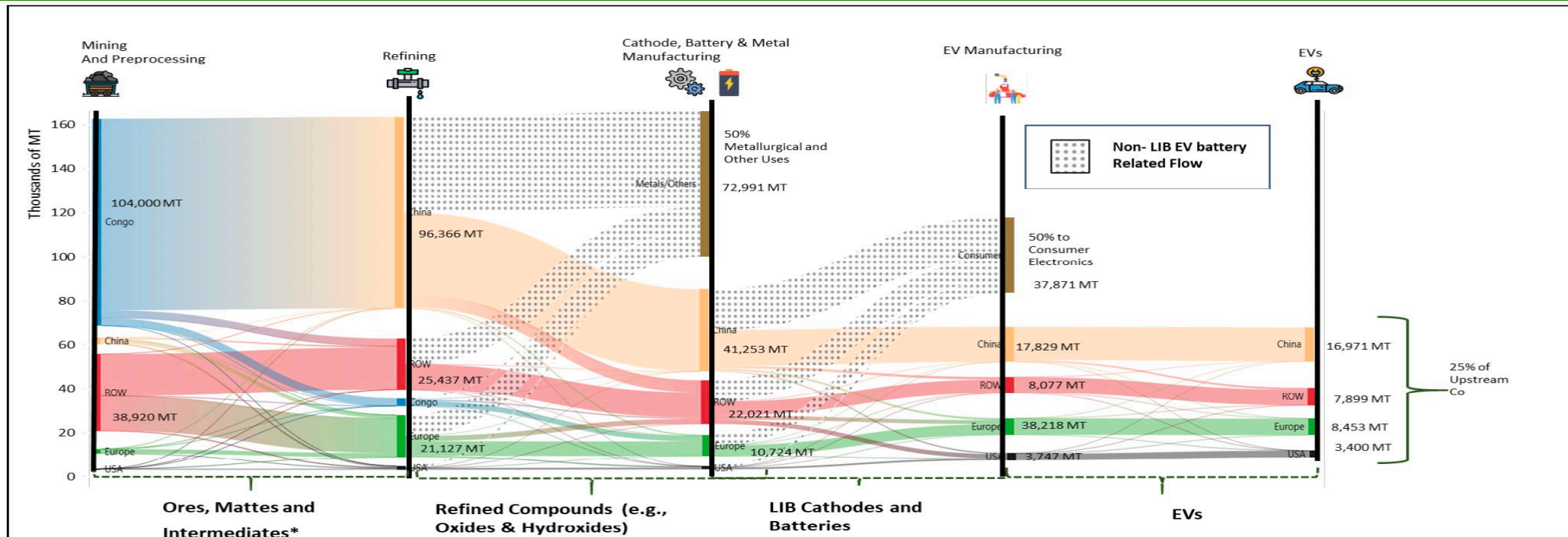
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lithium-ion-battery-market>

2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Il ciclo del cobalto, dall'estrazione alle batterie

- La maggior parte del cobalto è oggi prodotta nella Repubblica Democratica del Congo (DRC) e processata in Cina; solo circa il 25% viene usato per le batterie per veicoli, ma la IEA prevede che salirà al 65% nel 2040 (<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>)

Global Battery Supply - Cobalt



Fonte:
<https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-01/Battery%20Critical%20Materials%20Workshop%20Report%20-%20FINAL.pdf>

*Ores: naturally occurring solid material containing cobalt
 Mattes and Intermediates: crude cobalt

Sources: NREL Analysis, USGS, "Mineral commodity summary for Cobalt", 2019, www.Trademap.org

The majority of cobalt is produced in the DRC and is processed in China, for both battery and steel manufacturing. Once cobalt goes to China, very little of it is made available for battery manufacturing elsewhere. Cobalt flowing through the U.S. supply chain primarily comes from steel recycling operations, with a small amount of domestic mining in Michigan and from mine tailings in Missouri.

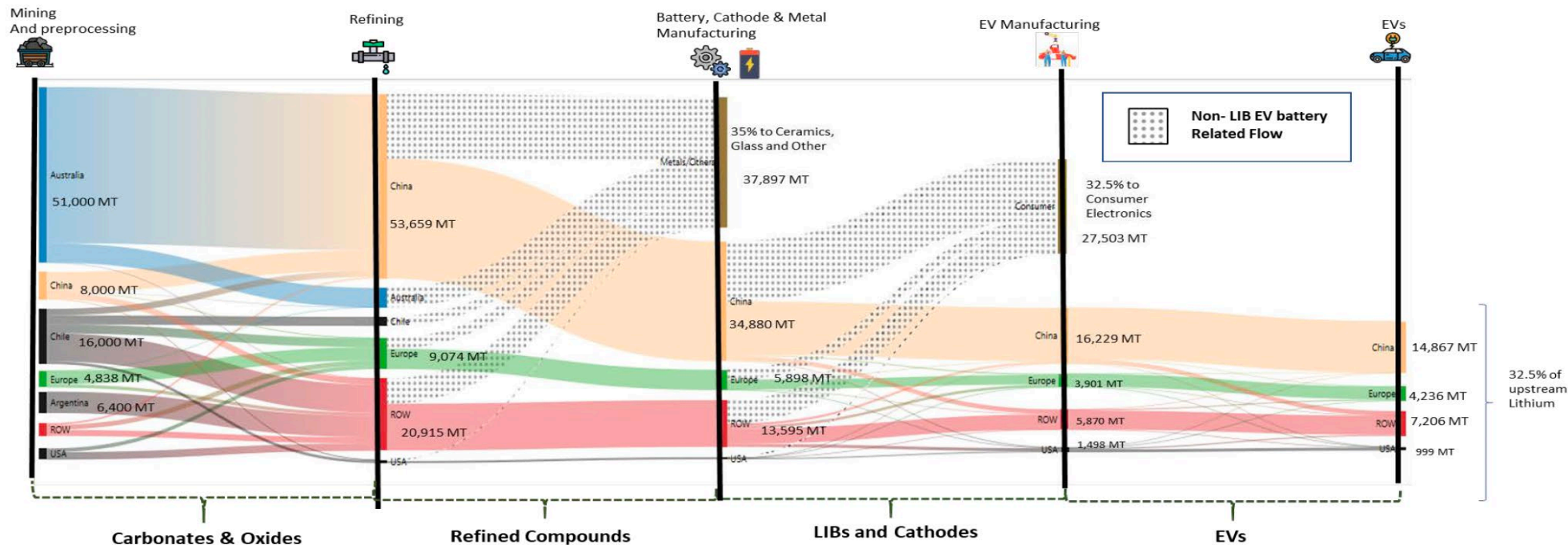


2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Il ciclo del litio, dall'estrazione alle batterie

- Il Litio ha una produzione più distribuita rispetto al cobalto, mentre il refining è ancora concentrato in Cina. Circa un terzo è destinato alle EV, ma la IEA prevede che la % salirà al 90 nel 2040.

Global Battery Supply – Lithium



Fonte:
<https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-01/Battery%20Critical%20Materials%20Workshop%20Report%20-%20FINAL.pdf>

Sources: NREL Analysis, USGS, "Mineral commodity summary for Lithium", 2019, www.Trademap.org

Lithium trade is similar to cobalt in that China imports the majority of lithium and uses it in its domestic industry. One significant difference, however, is that the supply of lithium is more diverse and most refining companies obtain their supply from numerous sources. There is significant trade among nations except China in the LIB and EV sectors.



2.0 I MATERIALI CRITICI NELLE ENERGIE ALTERNATIVE

Iniziative Europee per lo sviluppo dell'industria delle batterie

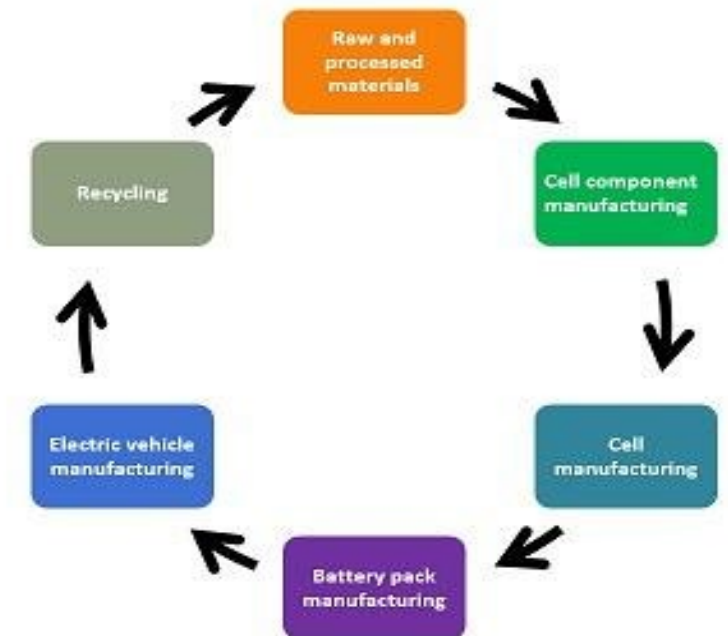
A livello Europeo è stata costituita nel 2017 la «[European Battery Alliance](#)» con lo scopo di sviluppare una catena del valore per le batterie, innovativa, competitiva e sostenibile.

Nel 2018 la Commissione ha adottato lo [Strategic Action Plan](#) (https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0e8b694e-59b5-11e8-ab41-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_3&format=PDF) che comprende le azioni necessarie a sviluppare i vari settori della catena del valore, in particolare fornendo supporto alla ricerca e innovazione.

In particolare per i materiali la Commissione ha sviluppato un position paper [Batteries Europe ETIP \(European Technology Innovation Platform\)](#) in cui definisce una roadmap per il sourcing e processing dei Raw Materials e per il loro riciclo a fine utilizzo (https://energy.ec.europa.eu/publications/roadmap-raw-materials-and-recycling_en).

A supporto dello sviluppo la Commissione ha promosso e finanziato:

- il primo IPCEI(*) del 2019 con un finanziamento di 3,2 miliardi €;
- il secondo IPCEI(*) del 2021 con finanziamento di 2,9 miliardi di €, cui partecipano 42 soggetti appartenenti a 12 paesi europei.



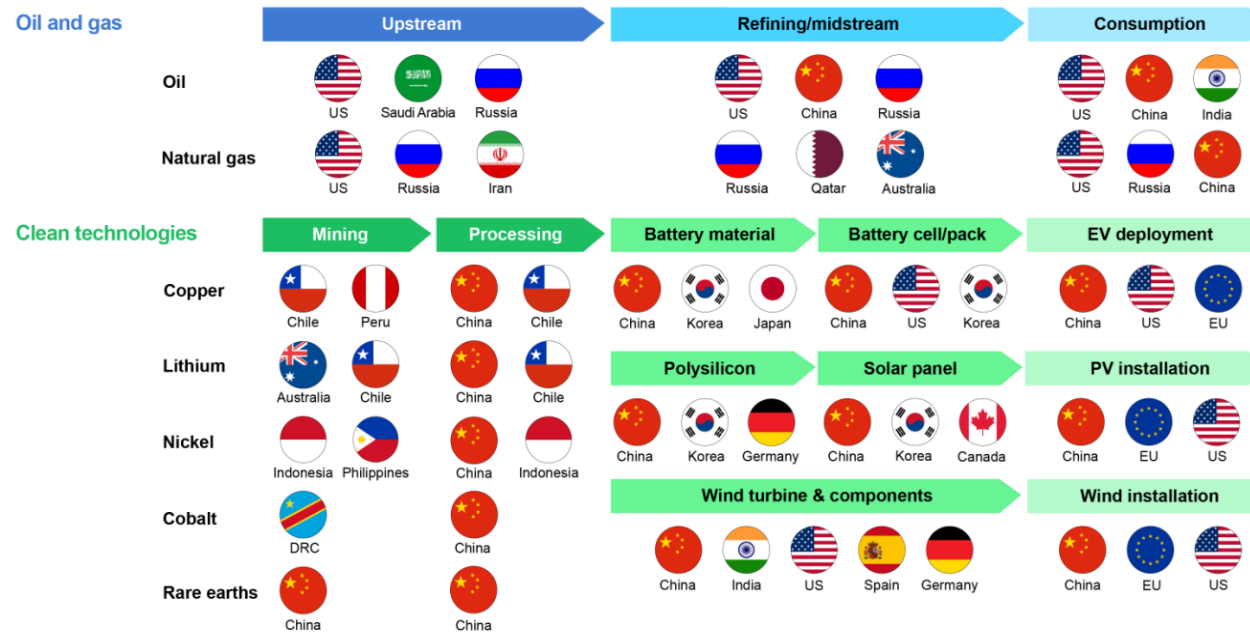
3.0 ARGOMENTI VARI RELATIVI AI MATERIALI CRITICI

Concentrazioni geografiche di approvvigionamenti e trasformazioni

- Marcate concentrazioni geografiche delle fonti di approvvigionamento, conseguenza di una distribuzione fortemente disomogenea dei siti di estrazione primaria.
- Polarizzazione in pochi siti di trasformazione.

The transition to a clean energy system brings new energy trade patterns, countries and geopolitical considerations into play

Indicative supply chains of oil and gas and selected clean energy technologies



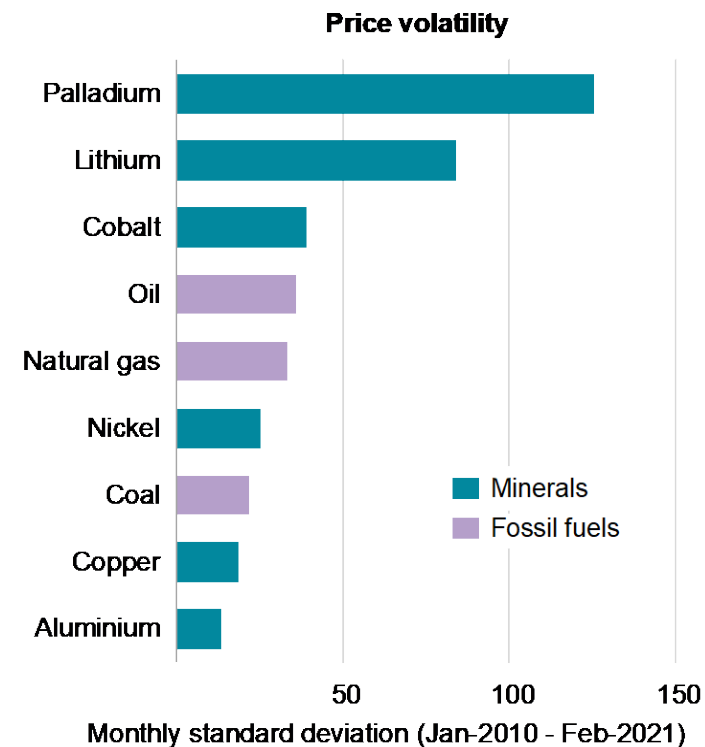
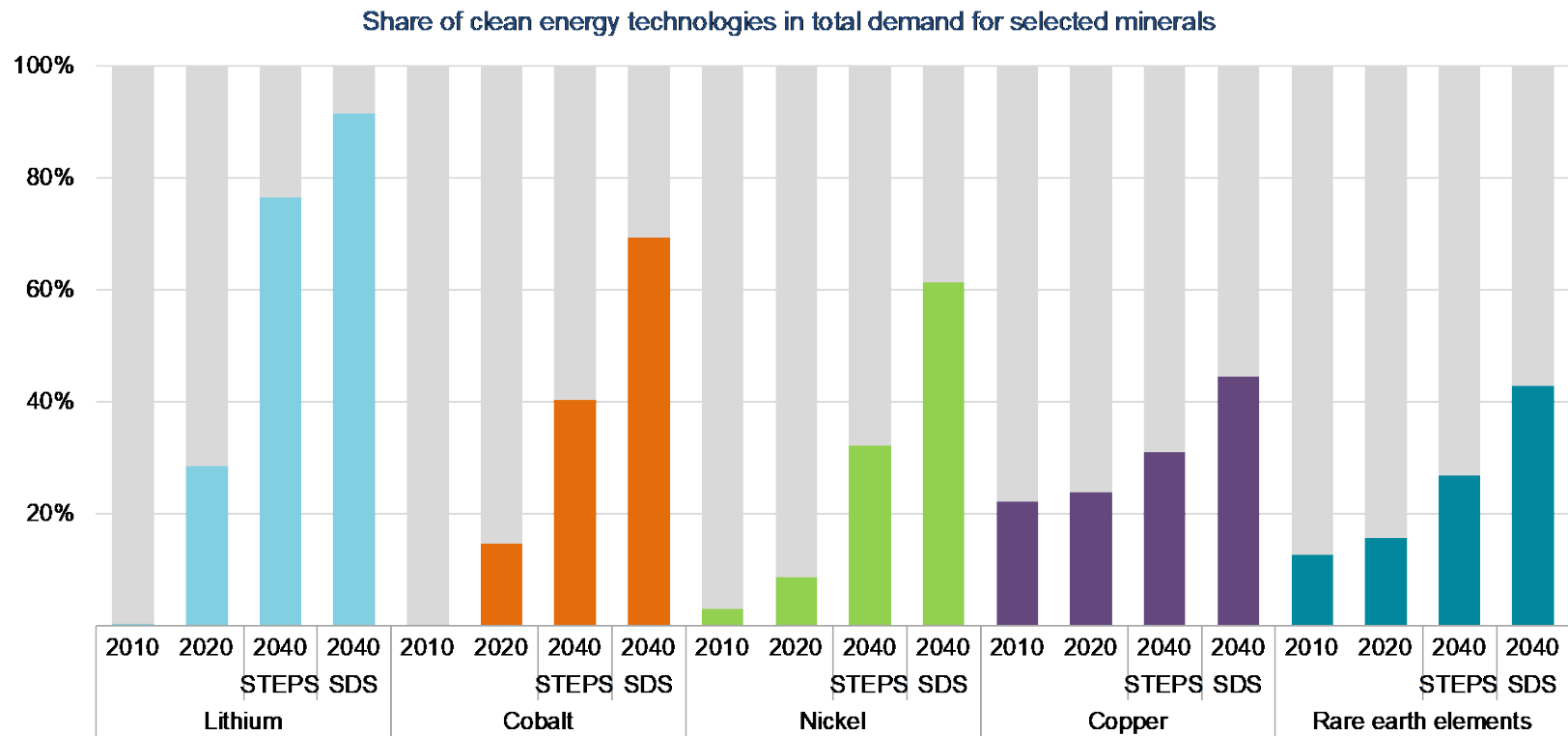
IEA. All rights reserved.

Notes: DRC = Democratic Republic of the Congo; EU = European Union; US = United States; Russia = Russian Federation; China = People's Republic of China. Largest producers and consumers are noted in each case to provide an indication, rather than a complete account.

3.0 ARGOMENTI VARI RELATIVI AI MATERIALI CRITICI

Passaggio da carbon a resource constrained

- Ruolo crescente del mercato energetico, con lo sviluppo della sostituzione da fossile a rinnovabili si arriverà a mancanza di risorse e instabilità/volatilità dei prezzi.



IEA. All rights reserved

IEA. All rights reserved.

Notes: Demand from other sectors was assessed using historical consumption, relevant activity drivers and the derived material intensity. Neodymium demand is used as indicative for rare earth elements. STEPS = Stated Policies Scenario, an indication of where the energy system is heading based on a sector-by-sector analysis of today's policies and policy announcements; SDS = Sustainable Development Scenario, indicating what would be required in a trajectory consistent with meeting the Paris Agreement goals.

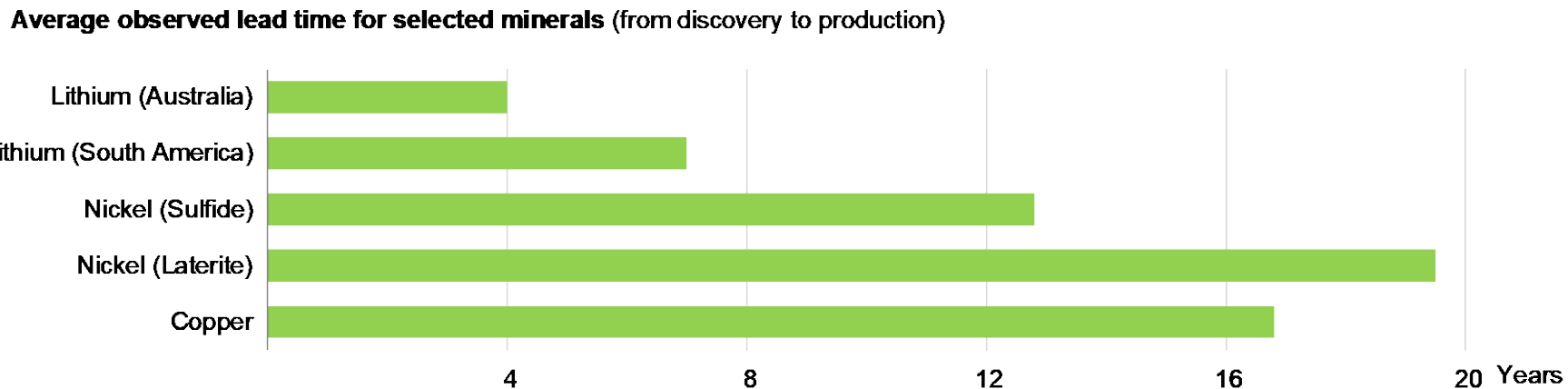
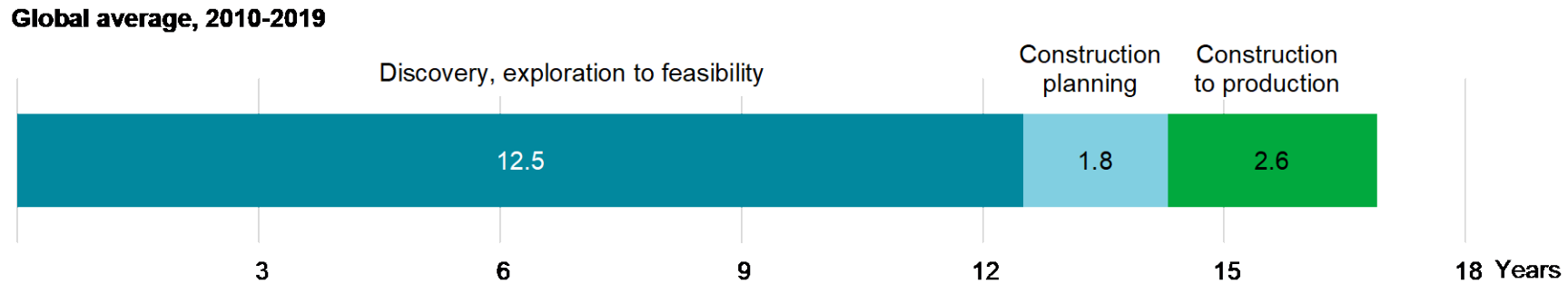
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

3.0 ARGOMENTI VARI RELATIVI AI MATERIALI CRITICI

Inerzia delle filiere

- I fabbisogni di risorse primarie non sono compatibili con l'attuale sistema produttivo primario.
- I lead times dalla scoperta di un nuovo giacimento alla messa in produzione possono avere durate che vanno da pochi anni a decine di anni.

Global average lead times from discovery to production, 2010-2019



IEA. All rights reserved.

Note: Global average values are based on the top 35 mining projects that came online between 2010 and 2019.

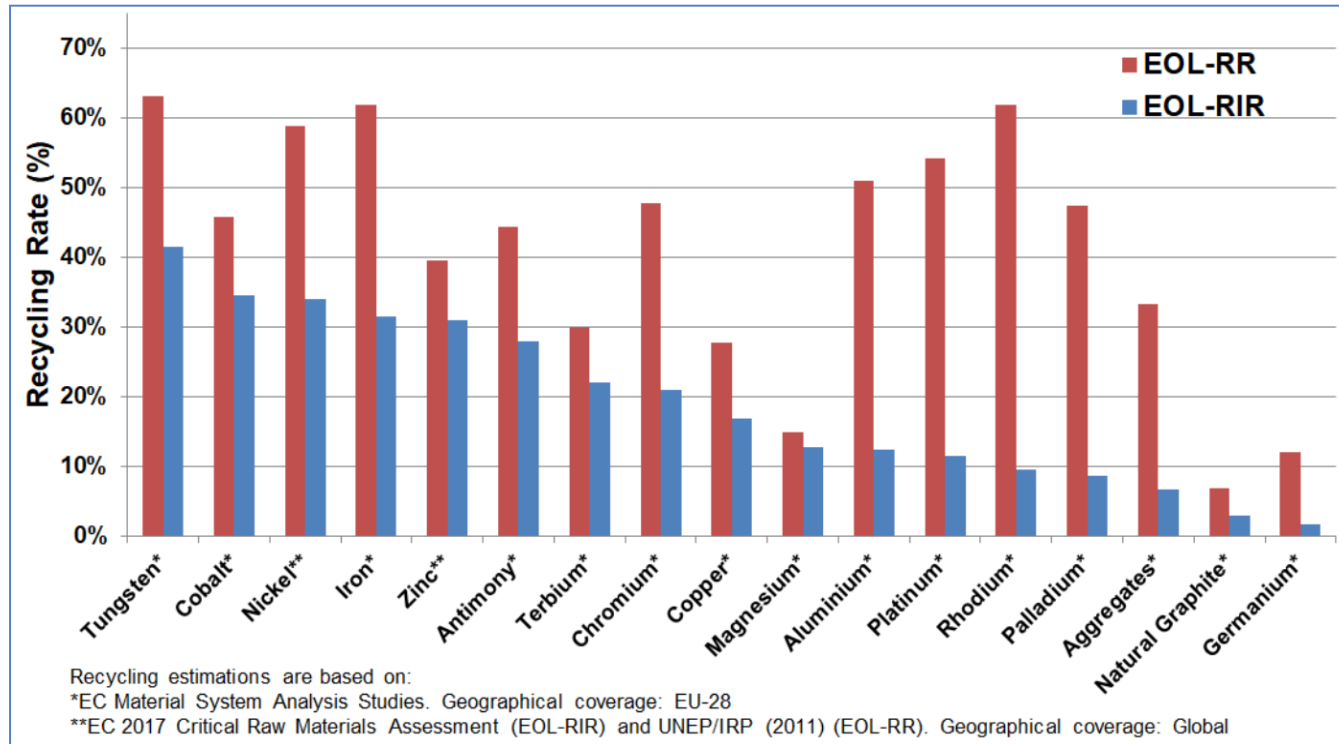
Source: IEA analysis based on S&P Global (2020), S&P Global (2019a) and Schodde (2017).

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

3.0 ARGOMENTI VARI RELATIVI AI MATERIALI CRITICI

Il riciclo

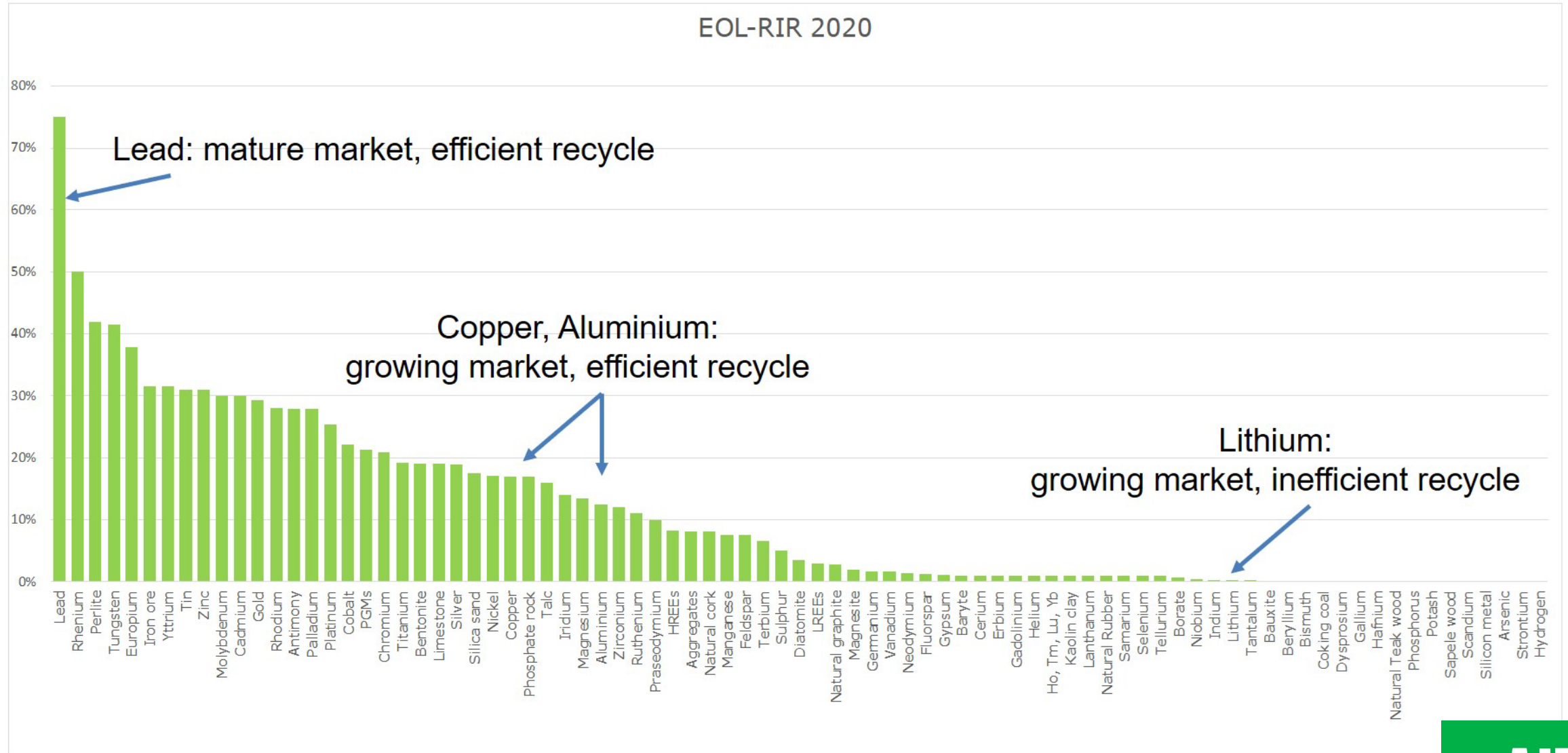
Per l'UE-28, si vede che, nonostante il fatto che diversi materiali contenuti in i prodotti a fine vita hanno tassi di riciclaggio (EOL-RR) superiori al 40 o 50%, il contributo alla domanda complessiva di questi materiali (EOL-RIR) è generalmente basso. Il divario tra EOL-RR ed EOL-RIR è particolarmente ampio per alcuni dei principali metalli come ferro, alluminio e nichel, ma anche per alcuni metalli preziosi come il elementi del gruppo del platino. Ciò dimostra inoltre che all'elevata efficienza delle industrie europee del riciclo, non sempre corrisponde un contributo proporzionale in termini di maggiore sicurezza delle risorse.



<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/871d2fd8-ee19-11e8-b690-01aa75ed71a1/language-en>

3.0 ARGOMENTI VARI RELATIVI AI MATERIALI CRITICI

Il riciclo di diversi metalli: diversi Recycling Input Rate



3.0 ARGOMENTI VARI RELATIVI AI MATERIALI CRITICI

La visione dell'Executive Director IEA, Fatih Birol

...Today's supply and investment plans for many **critical minerals** fall well short of what is needed to support an accelerated deployment of solar panels, wind turbines and electric vehicles....

High geographical concentration, the **long lead times to bring new mineral production on stream**, the **declining resource quality** in some areas, and various **environmental and social impacts** all raise concerns around reliable and sustainable supplies of minerals to support the energy transition...

4.0 RI-USO E RICICLO DEI MATERIALI CRITICI

Elementi principali

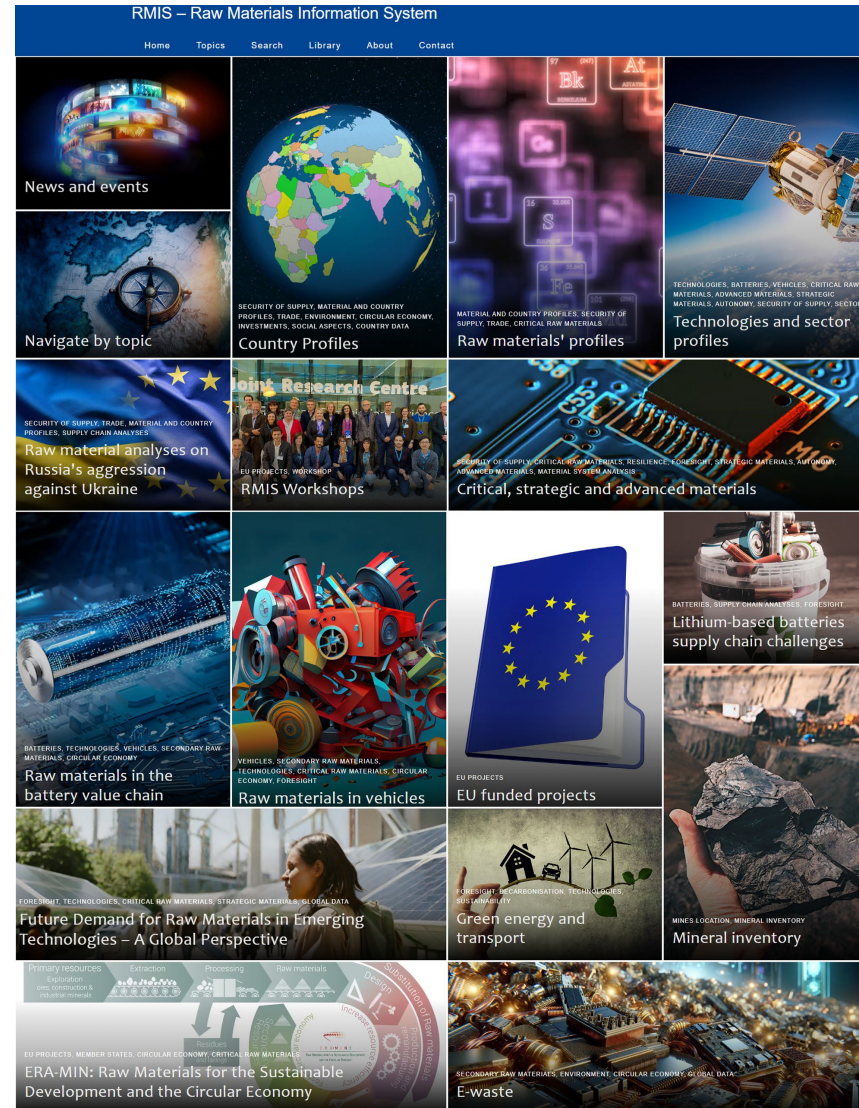
Le materie prime possono essere riciclate da prodotti più vecchi e sono note come materie prime secondarie.

- Il settore delle materie prime offre circa 350.000 posti di lavoro nell'UE e oltre 30 milioni di posti di lavoro nelle industrie manifatturiere a valle che ne dipendono. Il passaggio a un'economia più circolare potrebbe creare un aumento netto di 700.000 posti di lavoro nell'UE entro il 2030.
- Fino all'80% dell'impatto ambientale dei prodotti è determinato in fase di progettazione.
- Si prevede che il consumo globale di materiali raddoppierà nei prossimi quarant'anni, mentre la quantità di rifiuti generata ogni anno aumenterà del 70% entro il 2050
- L'approccio dell'UE per risolvere il problema critico delle materie prime include:
 - la definizione di target vincolante di riciclo entro il 2030;
 - la definizione di direttive per la progettazione ecocompatibile di nuovi prodotti, tali da includere materiale riciclato, da applicare prodotti non energetici, da garantire la durabilità;
 - la consapevolezza relativa agli obiettivi del Green Deal può essere raggiunta solo attraverso il modello di economia circolare.

4.0 RI-USO E RICICLO DEI MATERIALI CRITICI

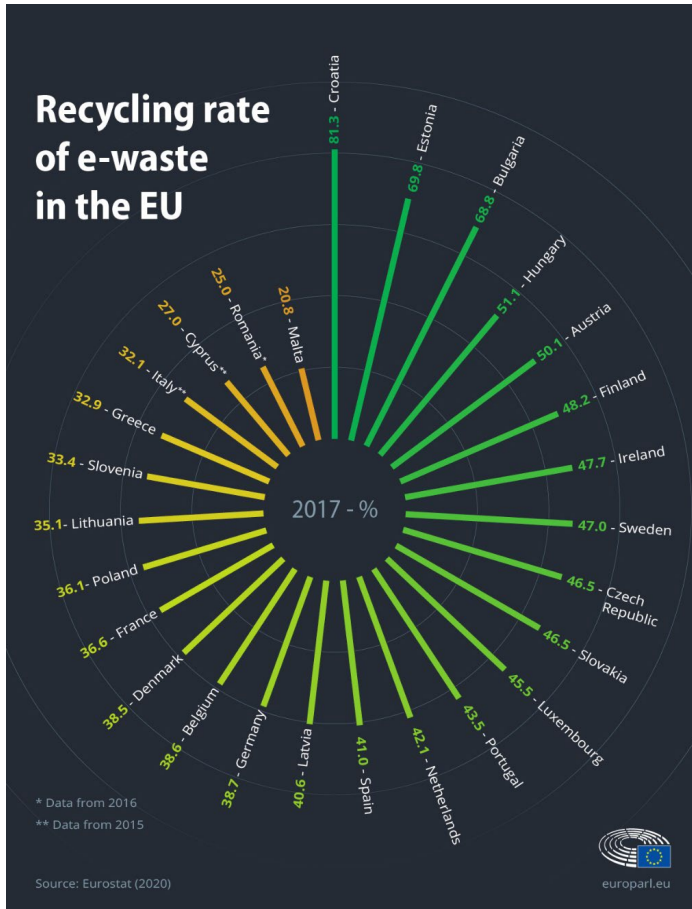
Hub europeo sui Critical Raw Materials

L'UE ha creato un Hub in cui vengono raccolte informazioni, definizione e aspetti principali relativi al CRM:
<https://rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=circular-economy-monitoring>



4.0 RI-USO E RICICLO DEI MATERIALI CRITICI

Pratiche di riciclo in Europa



Meno del 40% di tutti i rifiuti elettronici nell'UE viene riciclato, il resto non viene differenziato. Le pratiche di riciclaggio variano tra i paesi dell'UE. Nel 2017, la Croazia ha riciclato l'81% di tutti i rifiuti elettronici ed elettrici, mentre a Malta la cifra era del 21%.



La situazione europea è migliorata nel 2022, mentre il resto del mondo è ancora lontano dal tasso di riciclo europeo.

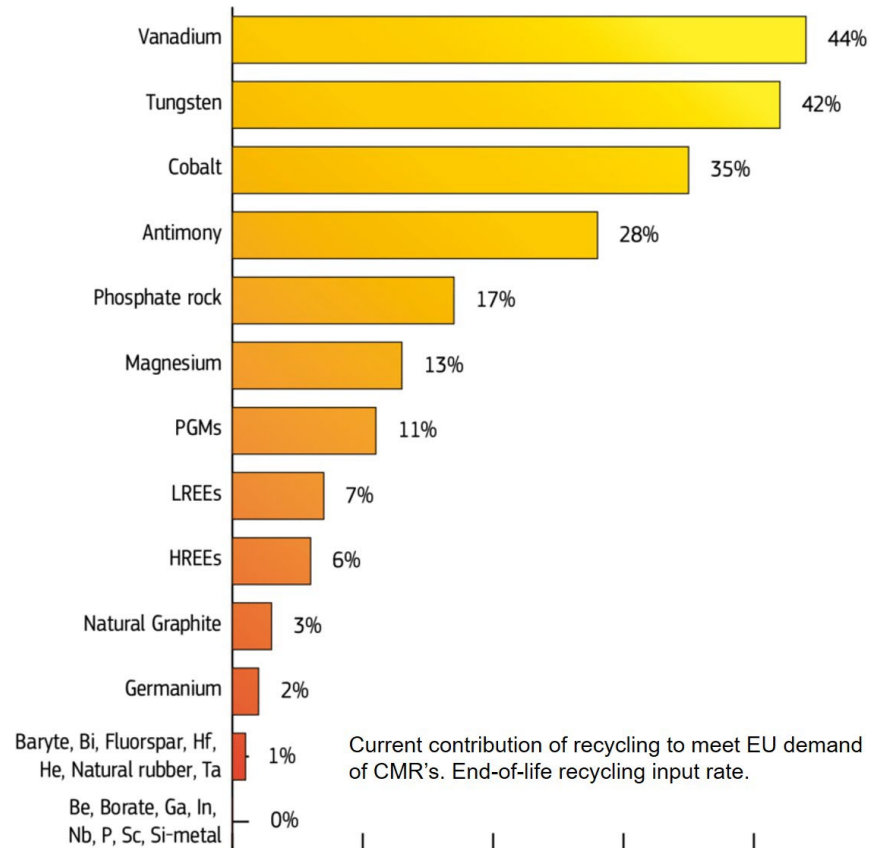
<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93325/e-waste-in-the-eu-facts-and-figures-infographic>

<https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/>

4.0 RI-USO E RICICLO DEI MATERIALI CRITICI

Entità del riciclo

- Anche se il riciclo è uno dei mezzi importanti per mitigare la criticità dei CRM, i tassi di recupero della maggior parte di essi sono vicini allo zero.
- Il riciclo non è economicamente interessante per la maggior parte dei CRM, a causa dell'elevato capitale richiesto per lo sviluppo delle tecnologie e dei prezzi bassi e volatili dei CRM.



- Alcuni CRM, vale a dire Vanadio, Tungsteno, Cobalto e Antimonio, hanno un alto tasso di input di riciclo.
- Altri CRM hanno un buon tasso di riciclo che raggiunge il 95% per i catalizzatori industriali e il 50-60% per i catalizzatori automobilistici. Questo è ancora ampiamente insufficiente per soddisfare la crescente domanda e quindi il tasso complessivo di input di riciclo è basso.
- La circolarità dei CRM è molto influenzata dai settori in cui vengono utilizzati: la domanda e la durata dell'utilizzo dei CRM dipendono dai prodotti in cui sono incorporati e i tassi di riciclo dipendono dal loro fine vita.

4.0 RI-USO E RICICLO DEI MATERIALI CRITICI

Tecnologie di recupero

	WASTE TYPE	Valuable and Critical Raw Materials	Required/Viable Input for End-processing	Current Business Practice
PCBs Desktop computers, professional IT Laptops Mobile phones Tablets External CDDs/ODDs, devices with internal CDDs/ODDs	WEEE	Au ^{III} Ag ^I Bi ^{III} Pd ^{II} Sb ^{III}	PCBs (shredded and unshredded), CuPM granulates, mobile phones w/o. batteries	✓
Li-ion BATTERIES Laptops Mobile phones Tablets Li-ion batteries in other WEEE (battery packs from e-bikes, tools, ...) BEV, (P)HEV	WEEE ELV	Co ^{II} Li ^I	Batteries	✓*
LEAD-ACID BATTERIES Uninterruptable Power Supplies Other WEEE (e-scooters without seats, ride-on toys,...) Cars containing LABs, other vehicles (e-scooters with seats, ...)	WEEE ELV	Sb ^{III} **	Batteries	✓
FLUORESCENT POWDERS Fluorescent lamps CRT monitors and TVs	WEEE	Eu ^{III} Tb ^{III} Y ^{III} Ce ^{III} La ^{III} Y ^{III} Tb ^{III} Eu ^{III} Gd ^{III} La ^{III} Ce ^{III}	Fluorescent Powder	✗
Nd-MAGNETS Laptops (HDD) Desktop computers, professional IT (HDD) E-bikes BEV, (P)HEV (electro engine)	WEEE ELV	Nd ^{III} + Dy ^{III} Gd ^{III} Pr ^{III} Tb ^{III}	Magnets	✗

Le tecnologie e i processi di recupero per alcuni CRM sono ben consolidati: recupero del palladio dai circuiti stampati e del cobalto dalle batterie agli ioni di litio. Ma per altri non è così.

Al fine di sviluppare la conoscenza del riciclaggio CMR è importante concentrare la ricerca sulle categorie di prodotti elettronici con tassi di riciclaggio efficaci.

La valutazione è correlata alle strutture di raccolta, trasporto e trattamento dei principali tipi di rifiuti elettronici

Il progetto CEWASTE ha selezionato alcuni componenti dei rifiuti elettronici ([CEWASTE-Final-Public-Raport.pdf](#))

4.0 RI-USO E RICICLO DEI MATERIALI CRITICI

Sviluppo di nuove tecnologie di recupero

- **Sea4Value** è una società che sta disegnando e implementando tecnologie per recuperare minerali e metalli dalle salamoie di desalinizzazione dell'acqua di mare. 7 su 9 elementi che saranno concentrate da Sea4Value sono classificati da EU come CRM: Litio, Indio, Boro, Gallio, Vanadio, Scandio, Magnesio.

[Sea4value - Mining value from brines - Sea4value](#)



- **LIBAT** è un Progetto volto alla dimostrazione di un processo innovativo per il riciclo delle batterie al Litio-Manganese (LMO – LiMn_2O_4). Il processo integra pre-trattamenti meccanici con un trattamento idrometallurgico per recuperare plastica e metalli ferrosi e non ferrosi.

[LifeLiBat | LIBAT project is aimed at the demonstration of an innovative process for the recycling of primary Li batteries](#)



4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri: dall'esperienza di una azienda italiana

Di seguito alcuni esempi di materiali potenzialmente trattati in cui vengono recuperati i metalli al loro interno:

Catalizzatore LC Finer						
ton/anno=			ton	% Recupero	Quotazione Giugno (€/kg)	M€
	3500					
Mo	2,5%		87,5	90%	35,91	2,828
V	8,5%		297,5	85%	35,19	8,899
Ni	3,5%		122,5	90%	24,44	2,695

Catalizzatore Desolforazione Ni-Mo Co-Mo						
ton/anno=			ton	% Recupero	Quotazione Giugno (€/kg)	M€
	1000					
Mo	12,0%		120	90%	35,91	3,878
Co	4,0%		40	70%	72,40	2,027
Ni	3,5%		35	75%	24,44	0,642

Filter Cake						
ton/anno=			ton	% Recupero	Quotazione Giugno (€/kg)	M€
	200					
V	17,0%		34	97%	35,19	1,161
Ni	5,1%		10,18	90%	24,44	0,224

Batterie LiFePo						
ton/anno=			ton	% Recupero	Quotazione Giugno (€/kg)	M€
	1000					
Cu	15,0%		150	98%	8,56	1,258
Grafite	28,1%		281	98%	2,00	0,551
Li	2,3%		23	90%	70,00	1,449

Catalizzatori al Mo industria farmaceutica						
ton/anno=			ton	% Recupero	Quotazione Giugno (€/kg)	M€
	200					
Mo	42,8%		85,6	90%	35,91	2,767

Polveri Ferodi						
ton/anno=			ton	% Recupero	Quotazione Giugno (€/kg)	M€
	3000					
Cu	13,0%		390	80%	8,56	2,671

4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

VANADIO

Concentrazione nei minerali: 0,05 - 0,1% V

Catalizzatori esausti: 5 - 15 % V

➔ Il Catalizzatore è 100-150 volte più concentrato

Per produrre 1 tonnellata di VANADIO:

scelta 1: 10 tonnellate di catalizzatore esausto

scelta 2: 1000-1500 tonnellate di minerale



➔ L'impatto ambientale della miniera!
Si risparmia fino a 5 volte in emissioni
di kg CO₂/kg V recuperato

4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

MOLIBDENO

Concentrazione minerale: 0,05 - 0,10% Mo

Catalizzatore esausto: 10% Mo

➔ Il Catalizzatore è 100-200 volte più concentrato

Per produrre 1 tonnellata di MOLIBDENO:

scelta 1: 10 tonnellate di catalizzatore esausto

scelta 2: 1000-2000 tonnellate di minerale

➔ L'impatto ambientale della miniera!
60-88% Risparmio Energetico



4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

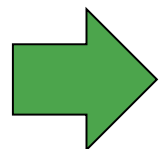
NICKEL

25% della produzione mondiale proviene dal recupero
350.000 t/a Ni recuperate in rottami ed altri rifiuti

I METALLI POSSONO ESSERE RECUPERATI INFINITAMENTE

Alluminio: 95% Energia Risparmiata se riciclato

Molibdeno: 60-88% Risparmio Energetico



Il recupero influenza la richiesta ed i prezzi

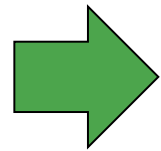


4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

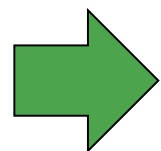
RAME

Concentrazione minerale: 0,2% Cu w/w
Pasticche freno: 10% Cu w/w
Batterie LiFePO: 15-17% Cu w/w



Per produrre 1 tonnellata di RAME:

- scelta 1: 6 tonnellate di batterie
- scelta 2: 10 tonnellate di pasticche freno
- scelta 3: 500 tonnes di minerale



Impatto ambientale del minerale!

Si risparmia fino a 1,5 volte in emissioni di
kg CO₂/kg Cu recuperato (7)

4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

Recupero Sali di stagno - Analisi

Parametri	U.M.	Risultati
Azoto Totale	mg/kg	2 800±300
Acetati	mg/kg	9 600±1 600
Cloruri	mg/kg	168 000±24 000
TOC	mg/kg	36 700±8 300
Carbonati	% w/w	30,0±1,4
Stagno	mg/kg	199 000±54 000
Sodio	mg/kg	197 000±32 000



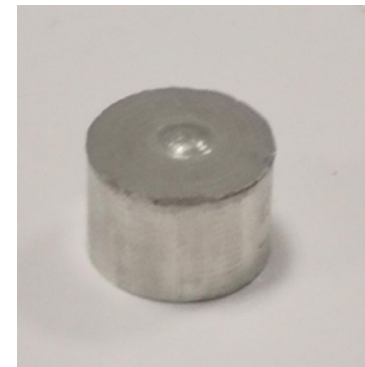
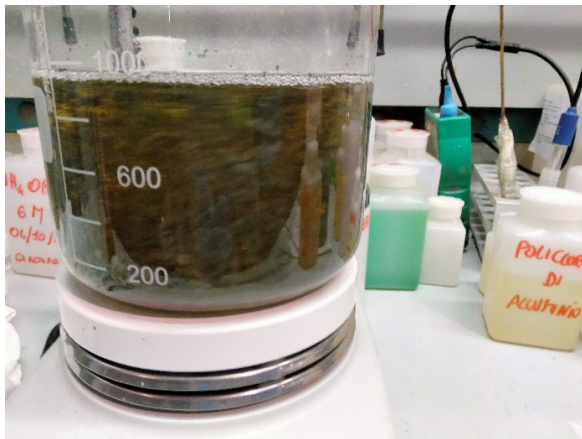
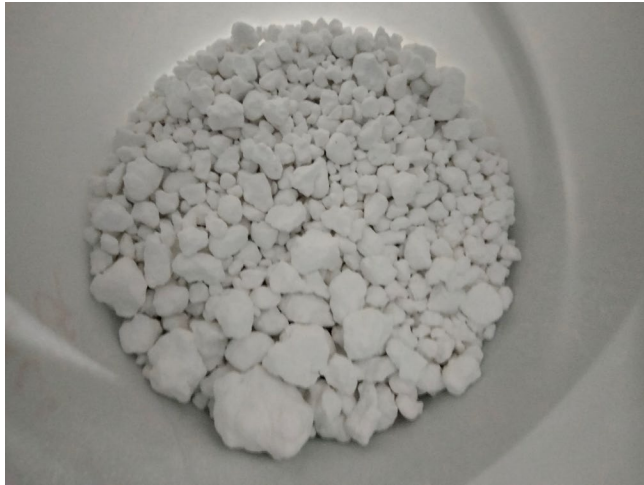
4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

Processo Sali di Stagno

Via
idrometallurgica

Via
elettrochimica



4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

Recupero Catalizzatore Mo - Analisi

PARAMETRI	Unità di misura	Valore rilevato	Metodo di prova	STRUMENTAZIONE
→ Ferro	%	11,80	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
→ Molibdeno	%	42,80	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Triossido di Molibdeno	%	64,21	calcolo	
Alluminio	%	0,45	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Antimonio	mg/Kg	< 15,00	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Arsenico	mg/Kg	< 50,00	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Cadmio	mg/Kg	< 15,00	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Cobalto	mg/Kg	127,60	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Cromo	mg/Kg	< 15,00	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Magnesio	mg/Kg	< 240,00	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Manganese	mg/Kg	26,60	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Piombo	mg/Kg	< 175,00	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Potassio	mg/Kg	< 510,00	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Rame	mg/Kg	231,80	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Sodio	mg/Kg	920,50	UNI EN ISO 13657-11885	ICP
Zinco	mg/Kg	380,40	UNI EN ISO 13657-11885	ICP

4.0 Ri-uso e riciclo dei materiali: esperienze, concern e aree di sviluppo

Catalizzatori, batterie e polveri

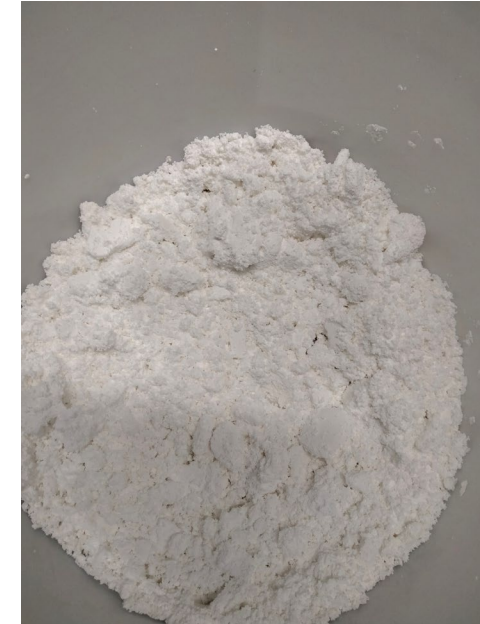
Processo Catalizzatore Mo



Catalizzatore
contenente Mo



Residuo dopo
lisciviazione



Sale di Molibdeno
risultante dopo
precipitazione

5.0 Conclusioni

Per l'UE, che ha scarso approvvigionamento interno di materia prima e punta alla neutralità del carbonio entro il 2050, il riciclo dei metalli critici diventerà un'opzione primaria al fine di ridurre la dipendenza dall'esterno e ridurre al minimo il suo impatto ambientale. Tuttavia, questo processo non è così semplice come potrebbe sembrare e comporta una serie di sfide.

Oggi numerose aziende sono impegnate nel riciclo di metalli critici. Sul volume complessivo di prodotti nel 2022 l'entità del riciclo nella UE è stata superiore al 42 %. Nonostante a livello mondiale questo sia il miglior risultato, non è ancora sufficiente per sostenere i cambiamenti economici, tecnologici e socio-politici in corso. I limiti più importanti alla crescita del tasso di riciclo sono economici, ambientali e tecnologici.

Un settore particolarmente critico per l'importanza che riveste è quello delle batterie al Litio, soprattutto per l'attesa crescita della domanda legata all'utilizzo di veicoli elettrici. Il riciclo delle batterie più utilizzate dall'industria automobilistica (NMC: Nichel-Manganese e Cobalto, NCA: Nichel-Cobalto e Alluminio) ha ancora un tasso di riciclo modesto rispetto alle aspettative del settore e questo potrebbe creare problemi soprattutto alla UE che è fuori dal controllo delle materie prime e delle tecniche di processamento.

5.0 Conclusioni

La catena del valore delle batterie è attualmente dominata dai paesi asiatici, in particolare dalla Cina. Con l'impennata della domanda guidata dallo sviluppo della mobilità elettrica in tutto il mondo, il mercato globale delle batterie e la fornitura di metalli saranno sempre più sollecitati.

Alla luce di tutto questo appare necessario:

aumentare l'impegno di ricerca e sviluppo nel riciclo di metalli,

incrementare lo studio delle batterie con contenuti minori di metalli o con metalli a minore criticità (es.LFP: Litio-Ferro-Fosfato),

incrementare l'attività di ricerca di nuove riserve minerarie dei metalli critici nella UE o al di fuori della UE, tramite adeguati accordi,

porre maggiore attenzione all'impiego nei trasporti di vettori energetici che richiedono quantità molto minori di metalli quali idrogeno o e-fuels.

Le scelte che sono state e che verranno prese in questi settori avranno un grosso peso sulla stabilità, sulla sicurezza e sull'indipendenza dell' UE per molti anni a venire.