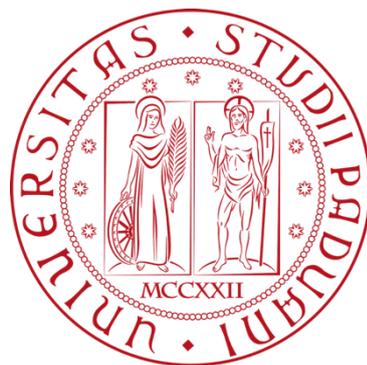


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE POLITICHE, GIURIDICHE E STUDI
INTERNAZIONALI

Corso di laurea *Triennale* in
Scienze politiche, Relazioni internazionali, Diritti umani



TITOLO TESI: TRANSIZIONE ENERGETICA? IMPLICAZIONI GEO-
POLITICHE E AMBIENTALI DEGLI ACCUMULATORI

Relatore: Prof. ARRIGO OPOCHER

Laureanda: ROSSELLA BOVO

matricola N. 1230751

A.A. 2021/2022

INDICE

Introduzione.....	3
Capitolo 1 - ACCUMULATORI ENERGETICI: PROTAGONISTI DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA	
1.1. Le energie rinnovabili nel cambiamento climatico.....	5
1.2. Problema dello stoccaggio energetico dell'energia prodotta da fonti rinnovabili	10
1.3. Il mercato degli accumulatori energetici e il litio come materiale principale...	12
Capitolo 2 - GEOPOLITICA DEL LITIO	
2.1 Il triangolo del litio e le politiche strategiche di Argentina, Cile e Bolivia.....	17
2.2. Sottosviluppo e teoria della dipendenza.....	21
2.3. Rapporti tra Cina e Repubblica Democratica del Congo per l'approvvigionamento di cobalto.....	22
2.4. La Cina e la geopolitica delle terre rare.....	24
Capitolo 3 - VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ E IMPATTO AMBIENTALE DELL'ESTRAZIONE DI COBALTO E LITIO	
3.1. Componenti tecniche e materiali per la realizzazione di batterie al litio.....	33
3.2. Metodi di estrazione del litio e del cobalto.....	34
3.3. Impatto ambientale e sostenibilità dell'estrazione di minerali.....	36
3.4. Politica di riciclo e di riuso dell'Unione Europea.....	43
Considerazioni conclusive.....	48
Riferimenti bibliografici.....	49

Introduzione

Nel contesto della transizione energetica, gli accumulatori sono fondamentali per garantire un flusso di energia costante da impiegare nella nostra società dipendente dall'energia elettrica. Uno dei più grandi ostacoli dell'energia prodotta da fonti rinnovabili è l'incertezza delle fonti primarie da cui si genera, che dipendono dalle condizioni atmosferiche. La soluzione risiede negli accumulatori energetici. Il mercato delle batterie, però, è fatto da relazioni molto complesse e caratterizzato da monopoli, che non permettono di esercitare la libera concorrenza, creando condizioni di dipendenza, sia nei confronti di Paesi in via di sviluppo, sia verso i Paesi sviluppati. Allo stesso tempo, l'oggetto che dovrebbe permettere di facilitare la transizione energetica, ovvero gli accumulatori, ha delle implicazioni importanti in termini, di impatto ambientale, sin dall'estrazione fino alla fase dello smaltimento. In questa tesi si ripercorrono le relazioni geopolitiche tra gli Stati, nel mercato degli accumulatori e l'impatto ambientale di questi strumenti, cercando di capire se il beneficio supera il costo, che ricade ancora una volta sull'ambiente.

Ho deciso di affrontare questo argomento perché il tema della tutela ambientale e della necessaria transizione energetica devono avere centralità nel dibattito sociale e politico e vorrei che il ragionamento vertesse anche sulle conseguenze della transizione ecologica, affinché essa sia tale dall'inizio alla fine, ovvero dalla produzione, passando per lo stoccaggio fino allo smaltimento degli strumenti utilizzati nel precedente passaggio. Succede spesso che si realizzino progetti rivoluzionari e grandiosi senza considerare in toto gli impatti e le possibili conseguenze collaterali, concentrandosi solo nell'obiettivo da raggiungere. Così potrebbe accadere anche per la transizione energetica, ovvero estrarre materiali che servono per produrre accumulatori energetici senza limiti e senza considerazioni di tipo etico-ambientale e stoccare grandi quantitativi di energia da fonte rinnovabile, non curanti dello smaltimento delle batterie utilizzate. Sicuramente si è ottenuta e utilizzata energia prodotta da fonti rinnovabili, ma si sono realizzati altrettanti e forse più dannosi impatti sull'ambiente, senza aver dato preventivamente una grande considerazione all'intero processo produttivo.

In questa analisi, suddivisa in tre capitoli, si vuole inizialmente fare una panoramica sulla transizione energetica, in riferimento alla sua urgenza e per capire anche a che punto siamo con l'implementazione delle energie rinnovabili. Di seguito si andrà a spiegare l'importanza degli accumulatori energetici al fine di garantire un flusso di energia elettrica costante e come la batteria al litio sia la più prestante. Inoltre, si analizzerà il mercato delle batterie al litio e di come esso sia cresciuto esponenzialmente negli ultimi anni. L'analisi del mercato di questo prodotto è propedeutica allo studio proposto nel secondo capitolo delle complesse

relazioni geopolitiche del litio, segnate ancora da una dipendenza quasi coloniale tra chi detiene le risorse e chi le sfrutta. Infatti, è presente un focus sulla zona denominata “Triangolo del litio” in cui sono conservate il 58% delle riserve mondiali di litio, spartite tra Cile, Bolivia e Argentina, sulla base del libro “La geopolitica del litio” di Bruno Fornillo. In quest’analisi di osserveranno le strategie commerciali e politiche dell’estrazione, produzione e vendita di litio, sottolineando quali sono le relazioni che ostacolano questi tre Paesi a diventare leader mondiali di esportazione di litio.

Un altro elemento fondamentale per la realizzazione di accumulatori energetici è il cobalto, di cui la Repubblica Democratica del Congo ne produce il 64% del totale mondiale e la Cina ne detiene il monopolio delle importazioni, con il 72% delle riserve del minerale raro, secondo il rapporto del U.S. Geological Survey. Il rapporto che lega i due Paesi si basa su una politica di “finanziamenti e sostegni in cambio di risorse”, che lega imprescindibilmente la RDC alla Cina, attraverso la realizzazione di infrastrutture e servizi, senza garantire però libertà di investimento direttamente nazionale e nemmeno un potere negoziale nei confronti di Paesi terzi, essendo tutti questi aspetti sono delegati alla Cina. La Cina non è solo monopolista in Congo, ma anche nei confronti di tutti gli altri partner commerciali riguardo le terre rare, bloccando a priori ogni tipo di concorrenza.

Nell’ultimo capitolo la tesi propone uno studio sulla sostenibilità dell’estrazione di litio, cobalto e più in generale di terre rare, pensando a delle alternative all’estrazione, attraverso il riuso e il riciclo. L’Unione Europea ha reso centrale la ricerca in questa direzione, da un lato perché è consapevole della poca sostenibilità degli accumulatori e dall’altro perché sa di non avere le risorse necessarie per realizzarle. Inoltre, essendo la Cina canale unico di importazioni di terre rare è bene avere pronta una strategia in caso di interruzione delle forniture.

Grazie a questo lavoro di ricerca è stato possibile capire quali sono le problematiche precedenti e successive alla realizzazione di accumulatori energetici per rendere sostanziale la transizione energetica. Inoltre, si sono identificati gli ambiti in cui è più necessario intervenire e prevenire. Le possibili soluzioni, al netto dell’analisi complessiva qui di seguito, sono riportate nella conclusione.

CAPITOLO 1 - ACCUMULATORI ENERGETICI: PROTAGONISTI DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA

1.1 Le energie rinnovabili nel cambiamento climatico

Siamo nell'era della transizione energetica. Il pianeta ce lo chiede, la nostra salute anche, o unendo le due cose, c'è in gioco la possibilità di rimanere sulla Terra, in salute.

La società moderna è dipendente dall'energia, infatti serve per muovere persone, animali, oggetti, a mantenere una temperatura stabile negli edifici, a conservare gli alimenti, a recuperare materie prime. L'energia è essenziale per l'agricoltura e per far funzionare l'industria. Inoltre, l'energia è indispensabile anche per eliminare ogni tipo di scarto che viene prodotto. Con transizione energetica si indica il passaggio da un sistema di produzione energetica da fonti fossili non rinnovabili, come petrolio, metano, gas naturale, carbone, ad uno che utilizza fonti rinnovabili, come eolico, fotovoltaico e geotermico. La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili richiede, inoltre, l'impiego di sistemi di stoccaggio energetico, per garantire stabilità e affidabilità della rete elettrica.

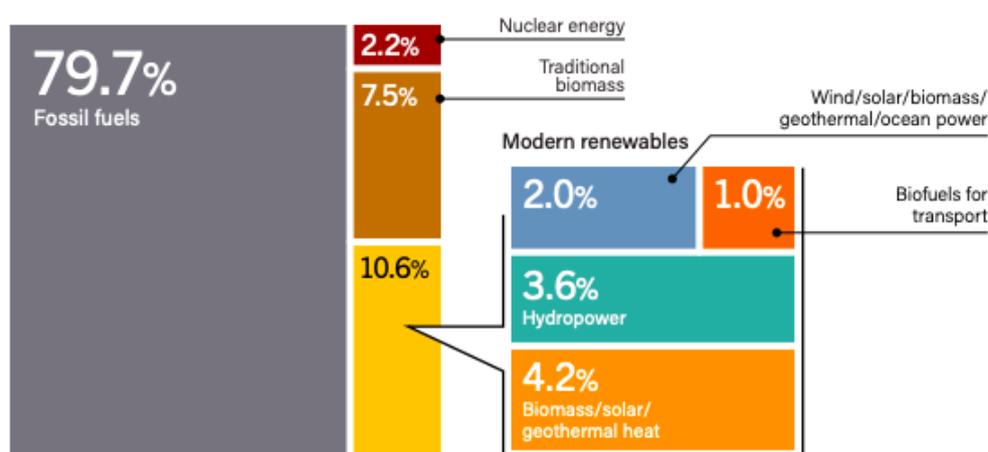


Figura 1: Quota rinnovabile stimata del consumo totale di energia finale, 2019

FONTE: Rapporto annuale sullo stato attuale delle energie rinnovabili (pag.31), basato su OECD/IEA and IEA SHC

Visionando i dati del Rapporto annuale sullo stato attuale delle energie rinnovabili del 2019 (Renewables 2019, Global Status Report) è chiaro che l'energia viene prodotta per più dei $\frac{3}{4}$ da combustibili fossili, il 10,6% dalle moderne fonti rinnovabili, il 7,5% da biomasse e circa il 2% da energia nucleare.

È opinione diffusa da tutta la comunità scientifica che l'aumento della temperatura atmosferica, rispetto all'era preindustriale di 1,5°C, comporterebbe conseguenze catastrofiche.

Ad esempio, il Rapporto Speciale IPCC su Oceano e Criosfera (IPCC 2019) riporta che nel periodo 2005-2015, l'aumento dei livelli dei mari è cresciuto di 3,6 mm all'anno. Questo può

sembrare un valore irrisorio, ma bisogna proiettarlo in riferimento a tutta la superficie marina del pianeta. L'innalzamento dei livelli del mare mette a rischio la popolazione che vive in zone costiere, in piccole isole, ma anche vicino alle foci di grandi fiumi. Ovviamente, questa condizione distrugge abitazioni, colture, mette a rischio impianti produttivi ed elettrici e incentiva l'immigrazione verso l'entroterra o verso altri Paesi, alimentando flussi migratori regionali e la densità abitativa delle città (IPCC 2019).

Fondamentale nell'ecosistema terrestre è anche la vita nel mare. Il rapporto IPCC del 2019 in riferimento agli oceani e la criosfera nell'ambito del cambiamento climatico sostiene che un aumento di 1,5°C della temperatura del pianeta provocherebbe la scomparsa del 70% barriere coralline; invece, un aumento di 2°C farebbe scomparire di circa il 90% delle barriere coralline mondiali. La causa centrale è del riscaldamento delle acque marine. L'impoverimento della flora marina ha tante cause, ma altrettante conseguenze. Molte delle conseguenze sono riconducibili all'acidificazione delle acque, che ne riduce la salinità, rendendo più difficile la lenta formazione di coralli e trasformando l'ecosistema marino e la sua capacità di assorbire CO₂. Ad oggi, sappiamo che il 50% delle barriere coralline nel mondo è già morto, perché quando la temperatura del mare cresce uccide le alghe da cui si nutrono i coralli e a cui a loro volta danno sostentamento a diverse specie marine (Michael Oppenheimer, IPCC Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities 2019). Gli oceani sono il mezzo più efficace per ridurre il carbonio presente sul pianeta Terra, infatti il 40% delle emissioni dall'inizio dell'era industriale, fino ad oggi, sono state assorbite dalle acque di laghi, mari e oceani. Infatti, una delle ragioni per mantenere efficiente il suo ecosistema è proprio questa (Tim DeVries 2017).

Un'altra conseguenza dell'aumento della temperatura terrestre è il verificarsi di eventi idrologici estremi, come inondazioni, uragani, forti piogge per lunghi periodi, alternati a tempi di siccità prolungati. Dall'analisi portata avanti da Cloud to Street, che ospita il Global Flood Database, ovvero una piattaforma globale di monitoraggio delle inondazioni e analisi dei rischi, si ricava che, dal 2000, la popolazione mondiale esposta alle inondazioni è aumentata del 24%, specialmente nell'Asia del Sud e nell'Africa Sub-Sahariana (The Global Flood Database s.d.).

Nelle aree più a rischio sono in aumento sia la quantità, che l'intensità di alluvioni e siccità. Questo fenomeno comporta elevate perdite economiche, sia in termini di investimenti per mitigare gli effetti di questi fenomeni, sia per ricostruire ciò che è stato distrutto.

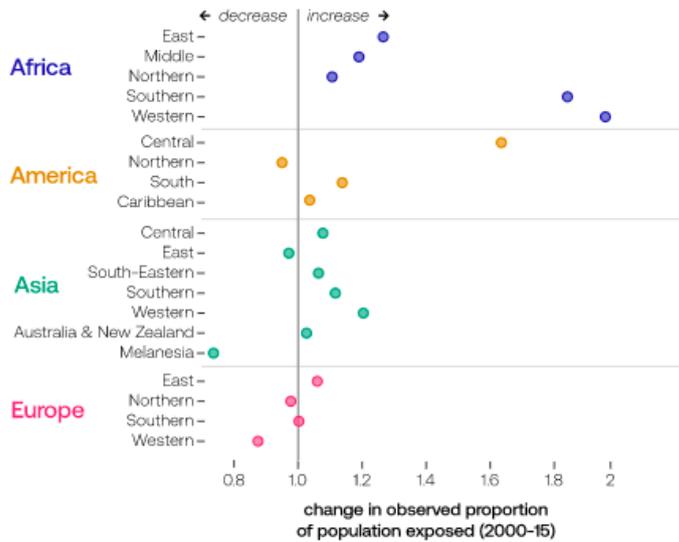


Figura 2 - Monitoraggio popolazione affetta da eventi metereologici estremi nei continenti
 FONTE: Global Flood Database

Secondo uno studio dell'Advancing Earth and Space Scienze, i Paesi con le perdite economiche più elevate, derivate da eventi idrologici estremi o extreme hydrological events (EHEs) sono Cina, Stati Uniti, Canada, Australia e India. Per citare un esempio, l'uragano atlantico Katrina, che nel 2005 si è abbattuto sugli Stati Uniti, ha comportato una perdita economica di 149 miliardi di \$ (Gao, Tao, Miao).

Ormai è consolidato e diffuso tra la comunità scientifica, che i cambiamenti climatici siano frutto di cause antropiche e non solo di naturali cambiamenti ecosistemici. A questo proposito, il consenso sull'anthropogenic global warming (AGW) nella letteratura scientifica si attesta al 97,1% (su 11.944 estratti sul clima dal 1991 al 2011) (Cook 2013). L'accelerazione di questi mutamenti è originata ed è responsabilità dell'attività umana. L'International Panel in Climate Change del 2018 (IPCC 2018) riporta una stima per cui le attività umane hanno causato l'innalzamento di approssimativamente 1°C del riscaldamento globale rispetto all'era preindustriale e si raggiungerà un aumento di altri 0,5°C tra il 2030 e il 2052 se si manterrà il tasso di incremento attuale. Il seguente grafico (Judith L. Lean 2008) mostra le ricostruzioni dei contributi alle temperature globali medie mensili della superficie da parte delle singole influenze naturali e antropogeniche. Le ordinate di destra forniscono le scale di ciascuna influenza, mentre quelle di sinistra mostrano le variazioni di temperatura. Un dato significativo è rappresentato dalle linee grigie, che mostrano le tendenze per l'intero intervallo di tempo (1900-2000) e come si può osservare la tendenza dei primi tre fattori, quelli naturali, rimane stabile nel tempo, un po' meno per l'irradiazione solare, che incrementa lentamente, a causa dell'assottigliamento dell'atmosfera terrestre, che ci protegge dai raggi solari più nocivi. L'ultimo asse rappresenta le forze antropogeniche che spingono

sull'innalzamento della temperatura e la linea grigia di tendenza ha un trend visibilmente in crescita, arrivando a + 0,18 agli inizi degli anni 2000.

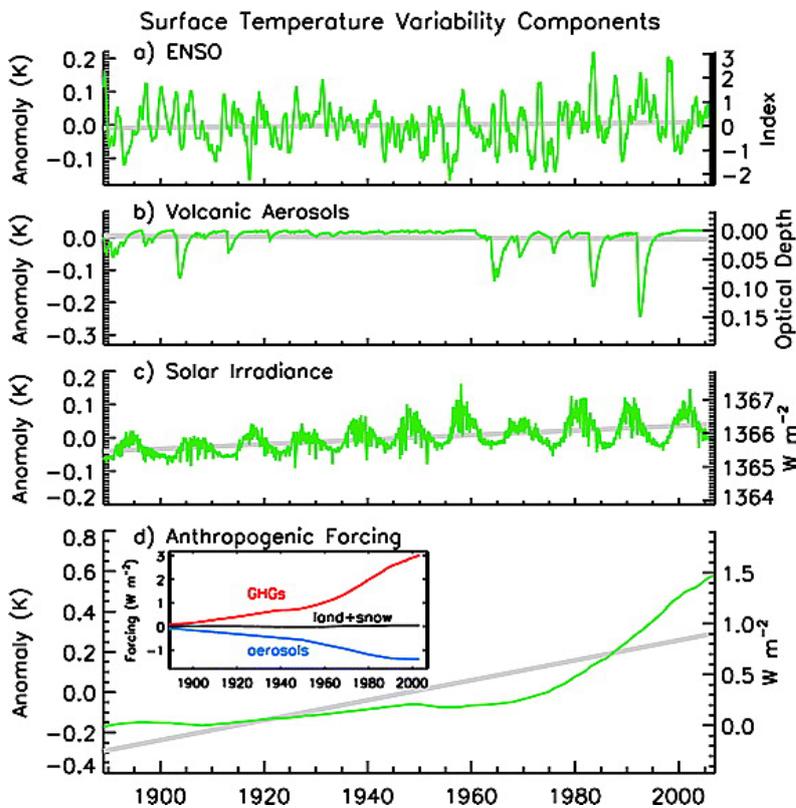


Figura 3 - Come le influenze naturali e antropogeniche alterano le temperature superficiali globali e regionali: dal 1889 al 2006

FONTE: Geophysical Research Letters, Volume: 35, Issue: 18, First published: 16 September 2008

Essendo l'essere umano ad essere l'artefice del disastro ambientale che si sta realizzando, è anche suo dovere prenderne consapevolezza e agire di conseguenza. L'unico modo per evitare gli scenari elencati prima è ridurre le emissioni di CO₂ e contemporaneamente adottare misure per assorbire la CO₂ in eccesso. Secondo il rapporto IPCC del 2018 (IPCC 2018) è necessario, entro il 2050, ridurre del 25% le emissioni e scendere a 0 nel 2070 per evitare l'aumento di 2°C della temperatura terrestre; invece, bisognerebbe ridurre del 45% le emissioni entro 2030 e arrivare a 0 entro 2070 per limitare l'incremento a 1,5°C (COP 21, Paris 2015).

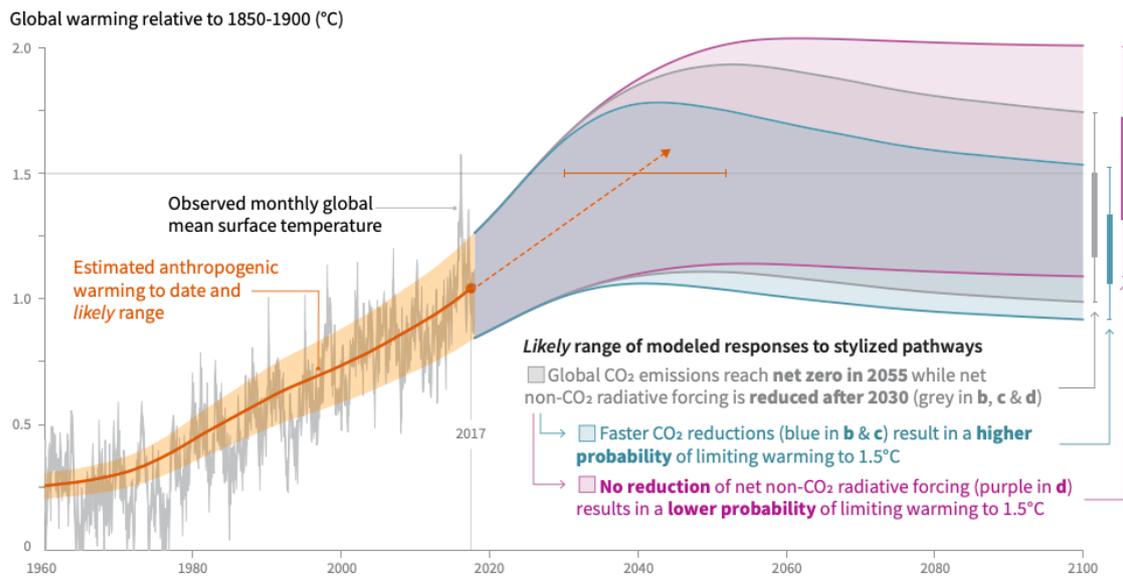


Figura 4 - Impatto antropogenico attuale e previsionale sull'incremento della temperatura terrestre
 FONTE: IPCC 2018, Summary for policymaker

Purtroppo, però, a livello globale le azioni adottate per contrastare il cambiamento climatico non sono sostanzialmente vincolanti, ma sono solo linea generali di indirizzo, come l'obiettivo 7 dell'Agenda 2030 dell'ONU chiamato "Energia pulita e accessibile". Le Nazioni Unite parlano di aumentare notevolmente la quota di energie rinnovabili nel mix energetico, ma non parlano di come facilitare la rimodulazione degli accordi internazionali tra potenze petrolifere e Stati dipendenti da essi, ad esempio. Più d'impatto è stato l'accordo storico di Parigi (COP 21, Paris 2015), che ha redatto il primo testo universale per "mantenere l'aumento della temperatura media mondiale ben al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli preindustriali e proseguire l'azione volta a limitare tale aumento a 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali, riconoscendo che ciò potrebbe ridurre in modo significativo i rischi e gli effetti dei cambiamenti climatici" (Art. 2, comma 1 a, Accordo di Parigi, 2016). Gli obiettivi vengono rivisti in piani di impegno nazionale ogni 5 anni. L'accordo è formalmente vincolante ed è in vigore dal 2016. Comprende 55 Paesi, che rappresentano il 55% delle emissioni globali di gas serra. Però, tra le nazioni del mondo c'è una sensibilità estremamente differente al tema, ad esempio l'Europa è ai primi posti per impegno nella lotta al cambiamento climatico e tutti i Paesi dell'UE hanno ratificato l'accordo, mentre i Paesi ex emergenti, tra cui Cina e India, che sono nel periodo di crescita più florido, non pensano di potersi permettere di unire la crescita economica a metodi alternativi di produzione di energia, basando la loro economia principalmente su carbone e petrolio.

Nel contesto normativo della COP 21 e dell'agenda 2030, a livello regionale, l'Unione Europea ha delineato le sue misure di azione, esplicate nel Green Deal Europeo su otto filoni di azione: clima, energia, agricoltura, industria, ambiente, trasporti, finanza e ricerca. La

produzione e l'utilizzo di energia contribuiscono per il 75% alle emissioni di gas a effetto serra dell'UE; quindi, è un ambito che richiede un intervento mirato (The European Green Deal 2019). Le linee direttive proposte dal Green Deal europeo si concentrano sull'approvvigionamento sicuro e a prezzi accessibili dell'energia, sullo sviluppo di un mercato integrato e interconnesso e sull'efficientamento energetico degli edifici. Più in generale, il settore energetico si deve basare su fonti rinnovabili.

1.2 Problema dello stoccaggio energetico dell'energia prodotta da fonti rinnovabili

La produzione di energia da fonti rinnovabili come sole e vento dipende dalle condizioni atmosferiche e non sempre viene garantito un flusso di energia stabile. Quindi, si necessitano sistemi che compensino la non dispacciabilità e l'imprevedibilità della fonte primaria. In altre parole, è necessaria una maggiore flessibilità del sistema elettrico per l'efficace integrazione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili, attraverso sistemi di accumulo energetico. Più dettagliatamente, lo stoccaggio energetico garantisce la compensazione di generazione e carico, tra i diversi momenti della giornata, ad esempio giorno e notte per il fotovoltaico; inoltre, permette di regolare la frequenza e la tensione energetica per garantire la stabilità della rete. Garantire un flusso di energia continuo è l'elemento fondamentale, che rende competitiva l'energia prodotta da fonti rinnovabili, rispetto a quella prodotta da fonti fossili. Quindi, risolvendo questo "problema" l'energia a impatto zero (o quasi) può rientrare nel mercato. Esistono diverse tecnologie di accumulo e allo stato attuale, la tecnologia elettrochimica al litio è in grado di fornire potenza in un range esteso e si posiziona meglio delle altre tecnologie, in termini di densità energetica e densità di potenza (Figura 5).

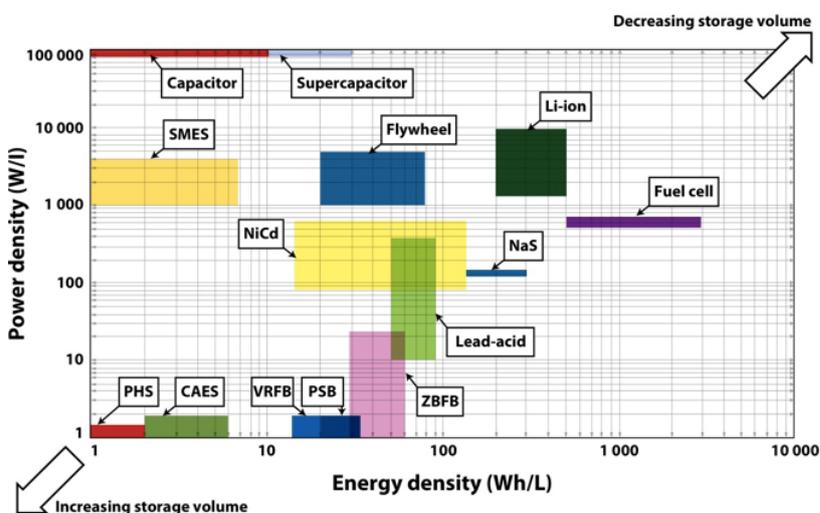


Figura 5 - Confronto di prestazioni tra batterie realizzate da componenti diverse

FONTE: Luo et al. 2015, Geophysical Research Letters

NOTE: SMES= superconducting magnetic energy storage; NiCd= nickel cadmium; NaS= sodium sulphur; PHS= pumped hydro storage; CAES= compressed air energy storage; VRFB= vanadium redox flow battery; PSB= polysulfide flow battery; ZBFB= zinc bromine flow battery

Questi sistemi di accumulo vengono inseriti in un nuovo modello di distribuzione energetica, che integra energetica sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili e non, coerentemente con la fase di transizione energetica.

La tradizionale struttura della rete elettrica a causa dei mutamenti da anni in atto sarà sempre meno idonea alle necessità del futuro e dovrà modificarsi divenendo più "intelligente, affidabile, sostenibile ed economica". A questo proposito si inseriscono i sistemi smart grids, ovvero reti elettriche caratterizzate da un controllo delocalizzato, da flussi in energia multidirezionali e della possibilità di interazione con carichi da fonti rinnovabili. Con questo sistema si possono collegare impianti fotovoltaici con grandi centrali di produzione di energia da fonti fossili. In Italia, dal 2012, secondo i dati dei Gestori di Rete, sono stati connessi più di 400.000 impianti da fonti rinnovabili, visto la loro scarsa affidabilità di dispacciamento continuo (Altomonte 2013).

Questo ha prodotto un radicale cambiamento del sistema elettrico di distribuzione, che in passato era centralizzato e prevedeva un flusso di energia unidirezionale verso i centri di consumo. Infatti, se nei sistemi tradizionali, l'energia veniva generata da pochi nodi, adesso molti nodi di generazione sono presenti sul territorio in modo "randomizzato", anche in base alla richiesta del consumatore. Quest'ultimo passa da avere un ruolo passivo di consumo ad un ruolo attivo, perché attraverso la produzione di energia, ad esempio da fotovoltaico, può immettere nella rete elettrica l'energia prodotta dalla sua centrale autonoma, che può derivare, ad esempio, dai pannelli sul tetto della propria casa.

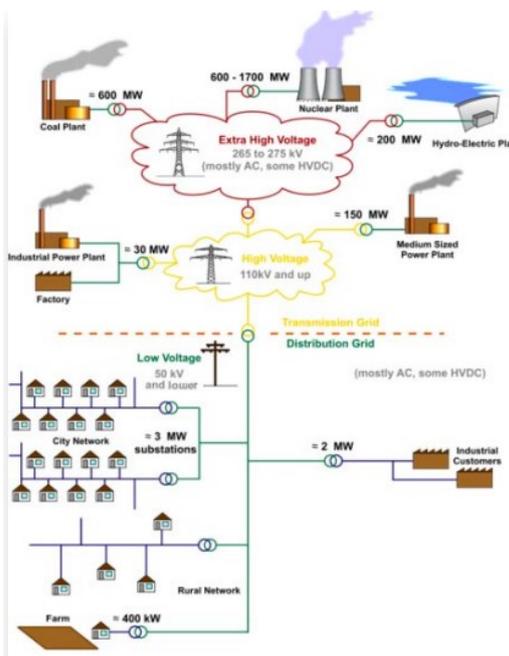


Figura 7: Schema di una rete tradizionale
 FONTE: Wikipedia

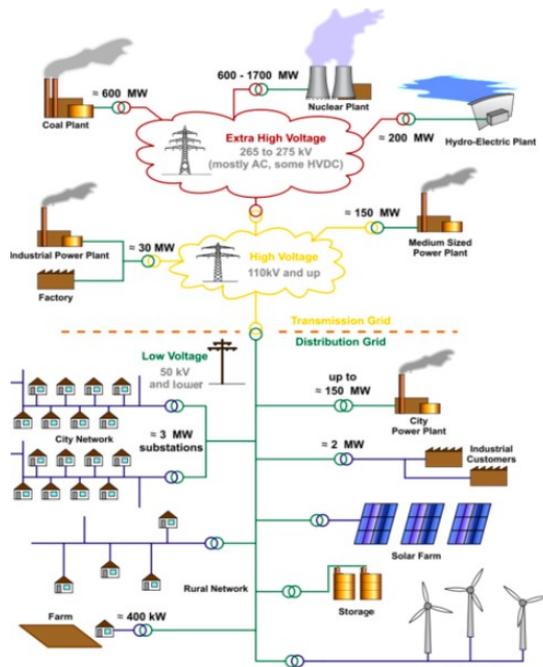


Figura 8: Schema di una rete caratterizzata da generazione distribuita
 FONTE: Wikipedia

Perciò, una società basata su energie alternative dovrà tenere conto di fonti di immagazzinamento decentrate su reti intelligenti, che calcolino l'energia necessaria da immettere e quella da conservare.

1.3 Il mercato degli accumulatori energetici e il litio come materiale principale

I recenti sviluppi del mercato tecnologico hanno collocato il litio come fonte strategica per il futuro, definendola addirittura "il petrolio del XXI secolo". Il litio è un metallo leggero, che permette di immagazzinare grandi quantità di energia.

Nelle saline andine di Argentina, Bolivia e Cile si trovano l'80% delle riserve utilizzabili di litio, elemento che anima tutti i dispositivi elettrici del mondo (Fornillo 2015). Questa zona di estrazione ha preso il nome di "Arabia Saudita del litio" per quanto è ricca di questo metallo, facilmente estraibile. Il litio si può trovare in diverse forme, che si determinano la sua efficienza di utilizzo: nell'acqua di mare, in giacimenti geotermici e petroliferi, in saline e in minerali rocciosi. Il modo per estrarlo più economicamente e senza danneggiare la sua qualità è tramite le saline, ed è proprio questo che differenzia il litio dei paesi del triangolo (Argentina, Bolivia e Cile) dagli altri. Più nello specifico, il carbonato di litio, quello che serve per la realizzazione di batterie a Ion-litio, si ricava dalla reazione chimica tra il cloruro di litio e il carbonato di sodio, che si ricava, appunto, dalle saline. Quindi, è proprio questa reazione chimica che rende il processo estrattivo del carbonato di litio dalle saline, più efficiente

rispetto agli altri metodi (Fornillo 2015). Al giorno d'oggi oggetti come cellulari, tablet, computer, bici, auto, bus elettrici funzionano grazie a sistemi di accumulazione energetica, quali le batterie Ion-litio. Fino alla fine degli anni '80 si utilizzavano batterie di nichel e cadmio, che non permettevano le stesse prestazioni del litio, impiegato nella costruzione di batterie, qualche anno dopo. Il litio è ottimo per sopportare cambiamenti di temperatura, si raffredda velocemente, permette numerosi cicli di rigenerazione e non comporta rischi cancerogeni. Infatti, nel 1995 le batterie di litio erano meno del 5% nel mercato mondiale e nel 2008, raggiungevano il 58% del totale delle batterie commercializzate (Fornillo 2015).

A livello globale, si stima un incremento di tonnellate richieste di carbonato di litio, per far fronte alla domanda di batterie, impiegate in diversi oggetti tecnologici.

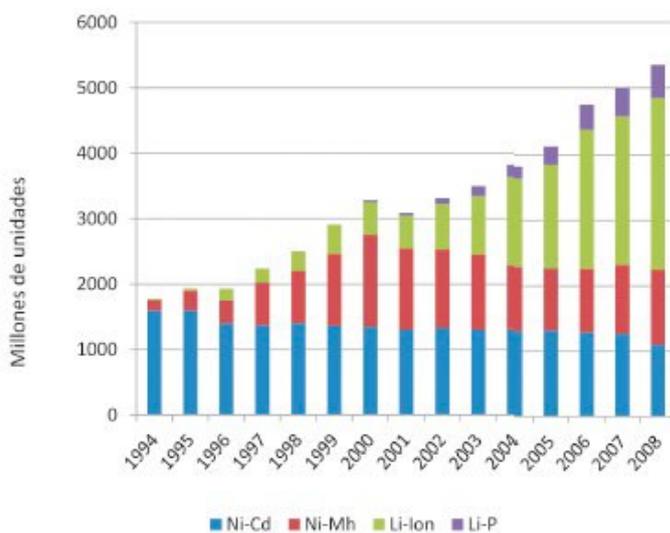


Figura 9: Mercato mondiale di batterie ricaricabili

FONTE: Bruckman (2012:88)

Stando ai dati dell'United States Geological Survey del 2021, l'uso del litio ha subito un balzo in avanti, soprattutto anche grazie, alla diffusione di veicoli elettrici. I dati mostrano, che il suo impiego industriale su scala mondiale, è legato per circa il 70% al settore delle batterie riciclabili (USGS 2021). Il litio fa parte dei metalli chiave per la transizione energetica e la decarbonizzazione. L'International Energy Agency stima, infatti, che nel 2040 la sua domanda legata alle batterie aumenterà 13 volte rispetto al 2020 (IEA 2021).

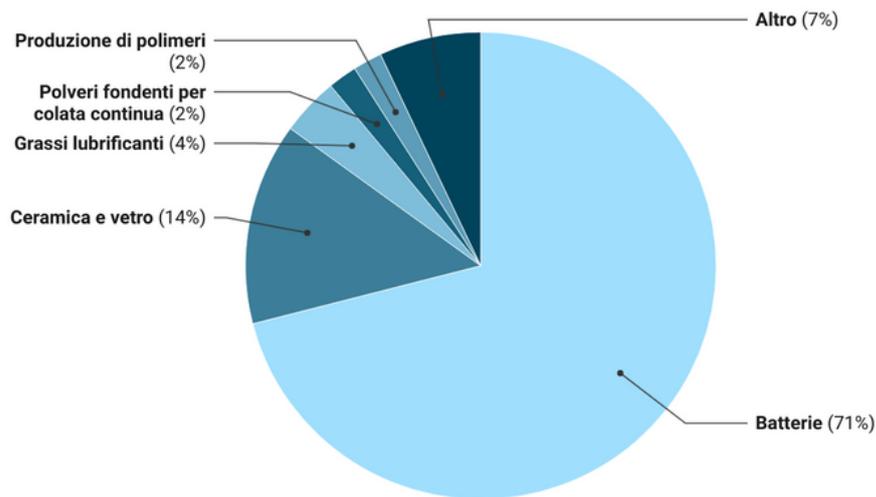


Figura 10: Mercato mondiale del litio per utilizzo finale

FONTE: United States Geological Survey, 2021

Nel 2020, l'Unione Europea ha inserito il litio, nella lista degli attuali 30 materiali critici, insieme alla bauxite, il titanio e lo stronzio (European Commission, 2020 "Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità"). Un materiale viene considerato critico quando è importante per l'economia dell'UE, in termini di applicazioni per uso e valore aggiunto (VA) e quando si registra un possibile rischio di interruzione di fornitura del materiale nell'UE. La garanzia di fornitura di alcuni materiali critici da parte dell'industria europea è sempre più difficile. Il 97% della fornitura globale di metalli delle terre rare (Rare Earth Metal o REMs) è prodotto dalla Cina, che ha di recente tagliato le esportazioni, giustificandole nell'ottica di protezione ambientale. Questo fattore ha decisamente aumentato il prezzo dei metalli rari causando tensioni e incertezza nel mercato degli hi-tech (European Commission, 2011 "Affrontare le sfide relative ai mercati dei prodotti di base e alle materie prime"). Nel panorama della transizione energetica e per la realizzazione del Green Deal Europeo, l'accesso alle risorse costituisce una questione di sicurezza strategica (European Commission, 2020). Nel documento di analisi dell'approvvigionamento di materie prime critiche, del 2020, della Commissione europea, è inserito il Report sui materiali critici per tecnologie e settori strategici, fondamentale per definire i livelli di approvvigionamento di materiali critici, per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 (European Commission, 2020). Si stima che l'Unione europea " per le batterie dei veicoli elettrici e lo stoccaggio dell'energia avrebbe bisogno, rispetto all'attuale approvvigionamento della sua intera economia, di una quantità di litio fino a 18 volte superiore e di una quantità di cobalto fino a 5 volte superiore nel 2030 e di una quantità di litio 60 volte superiore e di una quantità di cobalto 15 volte superiore nel 2050. Se non affrontato, questo aumento della domanda potrebbe causare problemi di approvvigionamento" (European

Commission, 2020). Secondo il quadro di valutazione delle materie prime del 2018 Commissione europea, (Raw materials scoreboard 2018: European innovation partnership on raw materials, Publications Office, 2018), l'Unione europea è dipendente, per la maggior parte dei metalli, dalle importazioni, per una percentuale compresa tra il 75 e il 100%.

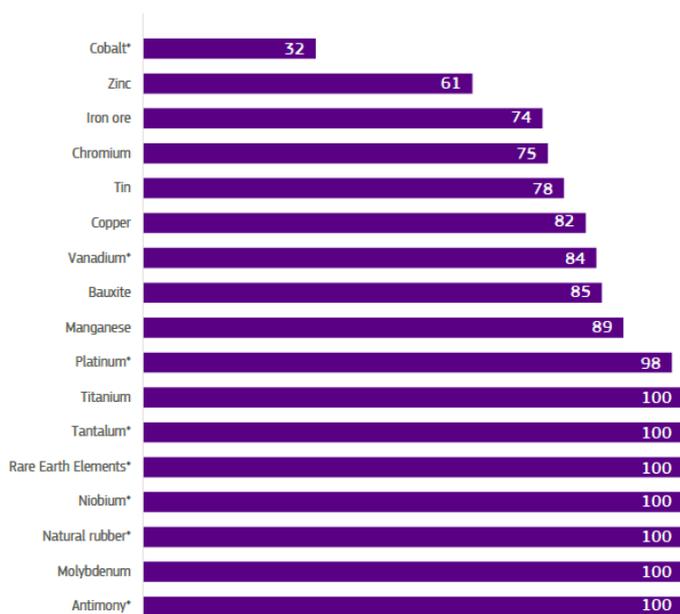


Figura 11: Dipendenza dall'importazione per materie prime selezionate

FONTE: Elaborazione del JRC, sulla base dei dati della Commissione europea, 2017, "Studio sulla revisione dell'elenco delle Materie Prime Critiche"

Invece, il seguente grafico vuole comunicare che l'Unione europea L'UE rimane un produttore di diversi metalli di base come rame, piombo, minerale di ferro e metalli preziosi e che possiede anche miniere di diverse materie prime critiche come grafite, terre rare (lantanidi), tungsteno, fosfato e vanadio. La maggior parte di queste miniere sono concentrate in Finlandia, Svezia e Spagna.

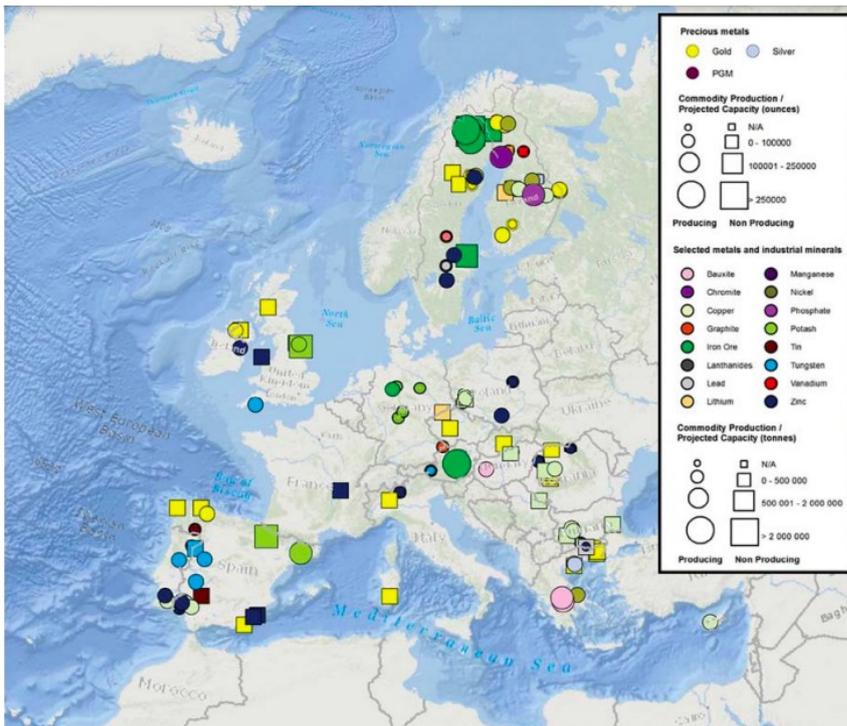


Figura 12: Produzione mineraria di metalli e minerali industriali selezionati nell'UE

FONTE: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, DeLorme, HERE, Geonames.org

Comunque, l'espansione delle attività estrattive minerali e la relativa produzione domestica non sono sufficienti per soddisfare la domanda e l'importazione rimane alta, in particolare per i minerali metallici (Commissione europea, Raw materials scoreboard 2018).

CAPITOLO 2 - GEOPOLITICA DEL LITIO

2.1 Il triangolo del litio e le politiche strategiche di Argentina, Cile e Bolivia

Ad oggi Argentina, Bolivia e Cile detengono il 58% delle risorse mondiali di litio. Dal punto di vista minerario esiste una porzione di territorio che costituisce il cosiddetto “Triangolo del litio” sudamericano, che ha ai vertici il Salar de Uyuni in Bolivia, i Salares de Atacama in Cile e i Salares de Hombre Muerto, de Olaroz-Cauchari e le Salinas Grandes in Argentina.

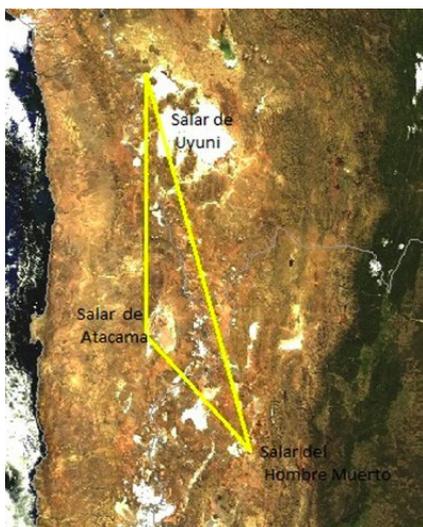


Figura 13 - Triangolo del litio (Bolivia, Cile, Argentina)

FONTE: Libro Bruno Fornillo, Geopolitica del Litio Industria, Ciencia y Energia en Argentina

Come prima cosa, per comprendere al meglio i grafici, è importante capire la distinzione tra le definizioni riserve, risorse e produzione. Per *riserve* s'intendono tutti i siti minerari, scoperti, funzionanti e che sono sfruttati con diversi metodi di estrazione dai Paesi proprietari. Invece, le *risorse* includono le riserve conosciute e quelle non ancora scoperte o che non è conveniente sfruttare con le attuali tecnologie e conoscenze a disposizione.

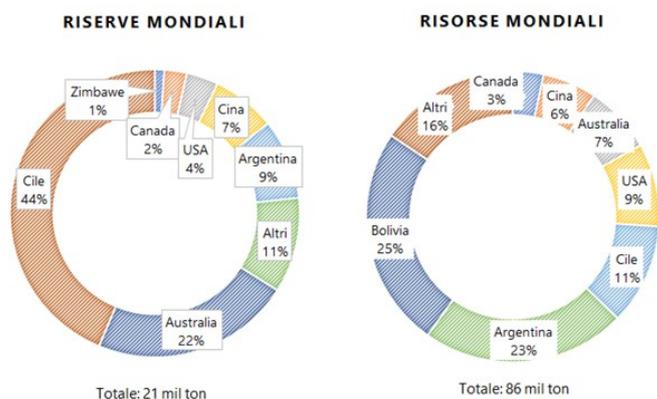


Figura 14 - Riserve mondiali e risorse mondiali di litio

FONTE: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2021

Invece, la *produzione* riguarda un processo di approvvigionamento e lavorazione del minerale, in modo da essere pronto da utilizzare per i beni finali. Il processo produttivo del litio non comprende solo il semplice sfruttamento delle risorse, ma anche la capacità di delinare una politica strategica, fiscale ed economica per lo sfruttamento e la gestione delle riserve minerarie, che aggiunge una variabile complessa e graviosa per tutti quei Paesi, nello specifico, dell'America latina, che non hanno una politica stabile e non sono riusciti ancora ad omogenizzarsi a livello politico/strategico, nonostante diversi tentativi, che analizzeremo in seguito. Inoltre, è decisivo anche il know-how e le conoscenze tecnologiche per trattare il materiale. Il ministero degli interni statunitense in collaborazione con l'ufficio di indagine geologica raccoglie ogni anno, in un sommario, la quantità di materie prime minerarie, analizzandone la produzione e le riserve, comparando i dati con quelli dell'anno precedente. Se si osservano i valori, analizzando le riserve minerarie detenute dai diversi paesi, al primo posto troviamo il Cile, raggiungendo le 9.2 milioni di tonnellate, al secondo posto si posiziona l'Australia con 4.7 milioni di tonnellate e al terzo posto l'Argentina con 1.9 milioni di tonnellate (USGS 2021). Se si analizzano i dati della produzione, invece, la visione cambia. Infatti, l'Australia raggiunge il primo posto per paese produttore di litio, superando il Cile per riserve detenute, al secondo posto troviamo, appunto, il Cile, al terzo la Cina e al quarto troviamo l'Argentina (USGS 2021).

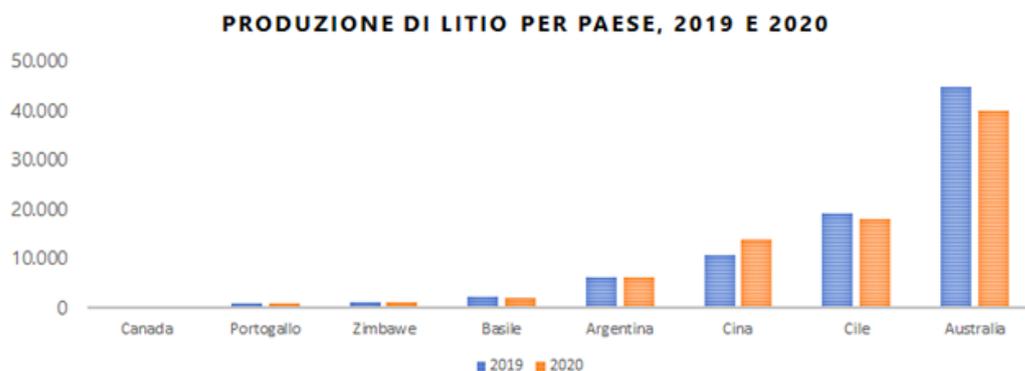


Figura 15 - Produzione di litio per Paese nel 2019 e nel 2020

FONTE: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2021

Dopo questa premessa, sorge spontanea una domanda. Perché avendo così tante riserve di litio, Argentina, Bolivia e Cile non riescono a produrlo e a commercialarlo agli stessi livelli di Australia o ancora di più Cina, che ha il 7% delle riserve mondiali contro il 68% di Argentina e Cile, ma si attesta al terzo posto per paese produttore?

Come anticipato precedentemente la fase della produzione è molto complessa e in un mondo globalizzato e interdipendente è, ormai, impossibile pensare che quello che si scopre in un Paese, rimanga così facilmente nei suoi confini in termini di sfruttamento. La

vera ricchezza del litio non sta solo nel materiale in se, ma anche nella capacità di saperlo commerciare e questo richiede un supporto legislativo ad hoc, una linea strategica politica specializzata e una conoscenza tecnologica per saper maneggiare e manutentire le nuove tecnologie. Nei paragrafi seguenti analizzeremo questi aspetti nei tre paesi del “triangolo del litio”.

L'Argentina non possiede un quadro normativo specifico in materia di litio, ma ha un corpo di leggi che regolano, in generale, il settore minerario. Il Codice minerario prevede, attraverso un meccanismo di concessioni, il permesso di esplorazione, per le province che lo richiedono. Questo Codice è stato elaborato negli anni Novanta, in un periodo di forti liberalizzazioni e in seguito alla riforma costituzionale del 1994, che assegnava la podestà legislativa, in materia mineraria, alle regioni (Mazzuca 2022). Secondo, le ultime riforme legislative, tutte le fasi dall'esplorazione, all'avvio di estrazione e produzione su larga scala di cloruro o carbonato di litio, richiedono l'approvazione del Comitato di esperti per l'analisi dei progetti sul litio, che valuteranno le prospettive sociali, ambientali, economiche e tecnologiche del progetto in questione. Per incentivare l'estrattivismo regionale, il governo centrale ha introdotto una tassazione ridotta per le imprese operanti nella miniera litifera, permettendo anche di dedurre varie spese amministrative dalla base imponibile da tassare. Le province o regioni coinvolte nell'estrazione del litio sono principalmente tre: Catamarca, Salta e Jujuy. L'espansione dei progetti economici di estrazione del litio hanno portato benefici e trasformazioni multidimensionali, ad esempio sull'offerta di corsi accademici e professionalizzanti in materia, l'aumento della produttività locale e l'aumento dei posti di lavoro diretti e indiretti. Infatti, nella provincia di Catamarca, nel 2012, le attività minerarie e petrolifere hanno generato il 6,2% di tutti i posti di lavoro totali della provincia (Fornillo 2015) e il 95% delle esportazioni totali, per cui il litio contribuiva per il 2,4% (Fornillo 2015).

Nel caso del *Cile*, invece, l'estrazione del litio, inizialmente, aveva preso più un orientamento geostrategico e militare, per il suo uso nucleare. Di conseguenza, nella seconda metà degli anni Settanta, durante la dittatura di Pinochet, questo metallo venne dichiarato di uso esclusivo dello Stato e non concessionabile, annullando tutte le concessioni precedentemente valide. Questa nuova clausola suscitò un intenso dibattito tra funzionari statali, legislatori, imprese, fino ad arrivare all'inizio degli anni Novanta in cui l'agenzia pubblica COFRO (Corporación de Fomento de la Producción) cedette le sue partecipazioni alle due maggiori imprese produttrici, che ancora oggi operano nel Paese: Albemarle e la Sociedad Química de Chile (SQM) (Fornillo 2015).

In *Bolivia*, invece, il sistema di governance del litio è passato da una collaborazione tra Stato e imprese, negli anni '80 a un controllo assoluto statale, con la riforma di Evo Morales nel 2006. Più nello specifico, dopo che nel 1986 el Salar de Uyuni è stato dichiarato strategicamente importante per l'economia del Paese, il governo decise con scarsi risultati

di occuparsi dell'amministrazione, della produzione e della commercializzazione del litio, rendendosi conto di non riuscire, però, a controllare tutte le fasi della catena. Due anni dopo, i successivi governi di Paz Estenssoro e Paz Zamora negoziarono con la FMC, un'azienda statunitense, che si occupa di produrre e commercializzare litio, ancora oggi leader nel settore, ma sotto il nome di Livent. Questo accordo di estrazione delle riserve di litio nel Salar de Uyuni fallì poco dopo, perché il governo boliviano non rispettò le aliquote IVA, che aveva concordato con l'azienda e quest'ultima decise di recedere dal contratto (Fornillo 2015). Come accennato precedentemente, nel 2006, il governo di Evo Morales elaborò una strategia di sfruttamento del litio, in cui lo Stato aveva il compito di gestire le tre fasi principali del processo: estrazione, industrializzazione e commercializzazione. Per l'esecuzione di questa politica di industrializzazione statale del litio, il governo istituì la Dirigenza nazionale delle risorse evaporative. Nella strategia presentata le aziende private transnazionali potevano partecipare solo alle terza delle tre fasi: la commercializzazione. Infatti, ad oggi, il governo negozia lo sfruttamento delle riserve con imprese cinesi e sud-coreane (Fornillo 2015). Dal momento in cui i tre paesi del "Triangolo del litio" hanno una concentrazione del circa l'85% delle riserve di litio in saline, si sono generate importanti aspettative rispetto al fatto che Cile, Bolivia e Argentina conformassero un cartello simile all'OPEP (Organization of the Petroleum Exporting Countries). Questa strategia permetterebbe l'adozione di politiche comuni di estrazione e commercializzazione del litio. A questo proposito, nel 2014, il Segretario delle Miniere argentino propose di istituire l'Organizzazione dei Paesi Produttori di Litio (OPPROLI), che per numerosi ostacoli politico, economici, strategici e tecnologici, non si realizzò (Fornillo 2015). Molto spesso, gli obiettivi sono troppo ambiziosi rispetto alle risorse a disposizione. Infatti, la Bolivia, inizialmente, aveva intenzione di controllare tutte le fasi dall'estrazione, all'industrializzazione e alla commercializzazione del litio, ma dal 2011 le difficoltà divennero sempre più ostacolanti e il governo dovette, non solo, abbandonare l'obiettivo di produrre una batteria integralmente boliviana, ma anzi, dovette anche cercare imprese associate per esternalizzare l'estrazione del litio, ovvero la prima fase (Fornillo 2015). Un altro aspetto che rende difficile la realizzazione di un OPPROLI sono le interferenze dall'estero per la gestione delle fasi della catena dello sfruttamento del litio. Infatti, molte delle maggiori aziende richiedenti di litio al mondo sono associate con le imprese che si occupano dell'estrazione, principalmente in Argentina e in Cina, quindi questo genera un meccanismo per cui l'interesse del produttore non è quello di alzare il prezzo, ma di tenerlo basso per vedersi garantiti acquirenti. Questo è il meccanismo che prende il nome di "profitto differenziale" (Fornillo 2015). Attraverso questa strategia, le imprese transnazionali di vendita di carbonato di litio, eliminano ogni tipo di concorrenza e ancora più all'origine, disincentivando la ricerca

e l'estrazione di altre regioni in cui è presente il litio in saline, generando una perdita ancora ulteriore.

Come ultimo fattore ostacolante alla realizzazione di una politica strategica comune del litio è la forte scordinazione politica dei paesi limitrofi, che più di ogni altra cosa, limitano le possibilità di appropriarsi del valore generato dall'estrazione e dal resto della catena produttiva (Fornillo 2015).

2.2 Sottosviluppo e teoria della dipendenza

Il meccanismo del "profitto differenziale" conferma una dinamica sviluppatasi ormai da decenni, che rende difficile per i Paesi emergenti affermarsi a livello internazionale, sia dal punto di vista negoziale, che politico. Questa dinamica ostacola i Paesi a svilupparsi e a crescere, perché lo sviluppo arriva solo se c'è una stabile condizione di crescita, come se una fosse la conseguenza dell'altra. A partire dagli anni Cinquanta e gli anni Sessanta del '900 diversi economisti e scienziati sociali si sono interrogati sul motivo del ristagnamento economico latino-americano, analizzando il sistema capitalistico e confrontando le diverse teorie di crescita e di sviluppo. Il punto di arrivo si è concretizzato nell'elaborazione della teoria della dipendenza, ovvero la "teoria che illustra le conseguenze economiche di una eccessiva subordinazione dei paesi sottosviluppati ai paesi sviluppati: tale dipendenza non permette ai primi di creare le condizioni ideali per promuovere il proprio sviluppo economico" (Dizionari Simone). La teoria della dipendenza è una delle teorie che spiegano lo sviluppo (e lo sottosviluppo), che si contrappone chiaramente alla teoria della crescita per stadi di Rostow, per cui la crescita si raggiunge seguendo delle fasi di un modello predefinito, che parte dalla povertà e da un modello di produzione tradizionale, fino ad arrivare ad una condizione di benessere economico, grazie al consumo di massa. Non solo, la teoria della dipendenza smonta il precetto della teoria di David Ricardo del vantaggio comparato, che prevede che la specializzazione nella produzione di beni alcuni beni primari, differenziati in base al Paese, sia la chiave per raggiungere un livello di crescita e di sviluppo diffuso. Al contrario, la teoria della dipendenza è originata dal fatto che il paese emergente specializza la propria produzione in funzione della domanda proveniente dai paesi avanzati (prevalentemente in ambito agricolo e minerario). A causa di questa loro dipendenza, i Paesi emergenti concentrano la loro produzione soltanto in alcuni settori, impendendo di fatto lo sviluppo di una naturale diversificazione dell'industria nazionale e della domanda interna.

Tra i maggiori studiosi della teoria della dipendenza, troviamo André Gunter Frank, che nel libro "Capitalismo e sottosviluppo in America latina", elabora i fattori che hanno portato lo sviluppo in alcune aree del mondo e in altre no, creando una forte disparità. Gunter Frank ha individuato alcuni aspetti contraddittori fondamentali, che inquadrano le società

sottosviluppate. In primo luogo, calzante rispetto all'esempio del litio in Sudamerica, è il meccanismo di espropriazione-appropriazione del surplus economico, per cui i Paesi ricchi o le aziende monopolistiche, estendono ed esercitano il loro approccio capitalista in tutta la catena produttiva e su tutti i soggetti sottostanti. Questo sistema capitalista mondiale è organizzato come una catena interdipendente, per cui da un lato ci sono le nazioni benestanti, le "metropoli" o le "centrali" (nazioni europee), e dall'altro le nazioni "satellite" o la "periferia", non sviluppate. Le nazioni centrali sono in grado di sfruttare le nazioni periferiche a causa del loro superiore potere economico e militare (Giorgi 1975). In questo contesto, si crea il meccanismo per cui la "metropoli" espropria il surplus dei suoi "satelliti", così che questi ultimi restino sottosviluppati perché non possono usufruire del surplus che producono. Facendo un parallelismo con l'esempio del litio, l'economia locale del paese "satellite" viene svuotata dal paese "metropoli" che ha più potere negoziale e crea in loco una rete di imprese internazionali e associate, decidendo internamente in prezzo di compravendita e tenendo poco conto delle richieste del governo locale, che è difficilmente preponderante a causa della politica e dell'economia del paese, ma anche dell'influenza dell'impresa (legata al paese) più ricca (Giorgi 1975). Se prima era diffuso il colonialismo politico, questo è mutato, diventando ora, un neocolonialismo di tipo economico, caratterizzato da nazioni indipendenti, dal punto di vista politico, ma dipendenti dallo sfruttamento economico delle potenze occidentali. Un aspetto interessante della teoria della dipendenza di Frank è che i Paesi in via di sviluppo sono tenuti legati da quelli ricchi, anche attraverso degli "aiuti economici" sotto forma di prestiti, accompagnati, però da condizioni contraddittorie e che esulano palesemente dalla reale volontà di incentivare allo sviluppo. Infatti, questi prestiti vengono concessi a condizione di insediamento produttivo alle società occidentali. Dopo queste analisi, Frank sostiene che questa condizione non sia transitoria, ma statica, perché parte integrante e organica del sistema capitalistico; quindi, l'unico modo per sfuggire alla dipendenza consiste nel fuggire dall'intero sistema capitalista (Giorgi 1975).

2.3 Rapporti tra Cina e Repubblica Democratica del Congo per l'approvvigionamento di cobalto

La Cina anche in Congo è la variabile indipendente, che fa dipendere l'economia congolese da lei, attraverso una tecnica, già elaborata nella teoria della dipendenza di Frank, ovvero la concessione di aiuti finanziari. Più nello specifico, ad oggi, la Cina sta elargendo prestiti a fondo perduto, finanziando infrastrutture, in cambio di risorse, rimodulando i debiti nei suoi confronti e sostenendo economicamente progetti per aiutare il Paese a superare l'impatto della pandemia da coronavirus.

I rapporti tra Cina e Congo sembrano essere di mutuo interesse, ma sarebbe un'utopia dire che la Cina voglia aiutare il Congo ad essere autonomo e indipendente, perché è evidente

che il rapporto di “finanziamenti e sostegni in cambio di risorse” sia più conveniente per la Cina e che anche il Congo non abbia un’alternativa migliore. I due paesi sono in buoni rapporti dal punto di vista politico e nei diversi incontri tra i Ministri degli Esteri dei rispettivi Paesi, il Congo incita sempre al benvenuto per le aziende cinesi a “investire e a rafforzare la cooperazione nel settore delle infrastrutture e non solo” (LUISS 2021). Il governo della RDC sostiene coerentemente questo, perché dal 2008 ha firmato un accordo con la Sicomines, un consorzio di società statali cinesi, per la garanzia dei diritti di estrazione di rame e di cobalto fino al 2033. Ad oggi, sulla base dei dati del U.S. Geological Survey, la Repubblica Democratica del Congo è il maggior produttore di cobalto al mondo, registrando il 64% della produzione totale e la Cina detiene il monopolio delle importazioni dal paese africano con il 72% delle riserve del minerale raro.

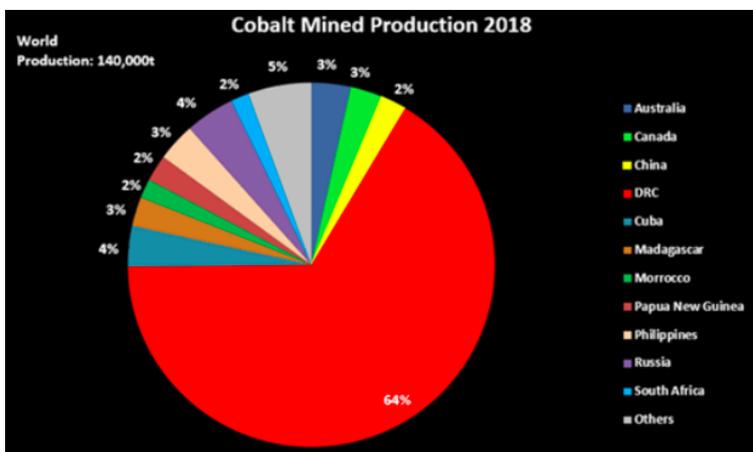


Figura 16 - Produzione mondiale di cobalto nel 2018

FONTE: USGS 2018

Le aziende cinesi hanno investito notevolmente nel Paese, soprattutto in seguito all’entrata in vigore, nel 2016, dell’Accordo bilaterale per la promozione e la protezione degli investimenti, necessari in seguito ad un innalzamento dei prezzi dei metalli rari a fronte dell’incremento di batterie per dispositivi tecnologici e macchine elettriche. Questo accordo ha permesso a molte aziende cinesi di collocare i propri investimenti in Congo, principalmente negli ambiti delle telecomunicazioni, del settore estrattivo e della lavorazione del legno, in cambio di agevolazioni economiche e fiscali al Congo. Infatti, dal 2016, le esportazioni congolese alla Cina non vengono sottoposte a dazi (LUISS 2021). La strategia cinese ha prodotto un monopolio della catena del valore, posizionandosi ai primi posti in tutte le fasi della lavorazione del prodotto, in primo luogo l’estrazione dalle miniere in Congo, poi la lavorazione del cobalto; infatti, circa il 70% del metallo estratto a livello mondiale è raffinato in Cina, fino ad arrivare alle fabbriche che producono e vendono auto elettriche (Mahmud 2019).

2.4 La Cina e la geopolitica delle terre rare

Gli approvvigionamenti di terre rare, nel contesto attuale di decarbonizzazione e di digitalizzazione dell'economia sono fondamentali e strategici per l'economia. Come abbiamo mostrato nei paragrafi precedenti, i maggiori metalli richiesti sono litio e cobalto, fondamentali nella produzione di sistemi di stoccaggio energetico complessi e batterie semplici. Anche il nichel è fondamentale, specialmente nella produzione di magneti permanenti, utilizzati negli alternatori degli impianti eolici.

La geopolitica di oggi, in generale, ma anche in riferimento al campo delle terre rare, si evolve nella competizione tra Cina e Stati Uniti, vedendo un vantaggio assoluto (di monopolio) nei confronti della Cina. In passato non è sempre stato così. Nella prima metà del Novecento la maggior parte delle terre rare proveniva da siti di estrazione indiani e brasiliani. Negli anni '50 il primo produttore divenne il Sudafrica e qualche anno dopo il primato lo ebbero gli Stati Uniti, attraverso la produzione nella miniera di Mountain Pass in California (Moccia 2021).



Figura 17 - Fotografia della miniera di terre rare di Mountain Pass in California

FONTE: US Geological Survey

Invece, negli anni Novanta, la produzione cinese, grazie a costi di produzione bassi e investimenti da parte dello Stato in infrastrutture, tecnologie e formazione, aveva iniziato a raggiungere livelli competitivi e in grado di soddisfare la domanda globale di minerali ad un prezzo più basso. Gli Stati Uniti, ad un certo punto, non sono più stati in grado di competere. Negli anni Duemila, la Cina aveva quasi il completo monopolio della produzione delle terre rare. Ci sono diverse ragioni per spiegare questa superiorità. Prima di tutto, bisogna sapere che la Cina ha circa il 37% delle riserve globali di terre rare. Nel 1927, Ding Daoheng, un noto geologo cinese, scoprì diversi giacimenti di terre rare a Bayan Obo, nella Mongolia Interna e a partire dagli anni '50, i cinesi hanno iniziato ad estrarre i materiali maggiormente richiesti al tempo: ferro e acciaio. Negli anni successivi, il governo cinese ha investito in ricerca e sviluppo su quel sito minerario, scoprendo una vasta gamma di terre rare presenti

e ricercando tecnologie e metodi di recupero efficienti. Il giacimento di Bayan Obo diventò una priorità nella politica cinese, tanto che tra il 1979 e il 1989, in soli dieci anni, la produzione annua vide un incremento del 40%, divenendo uno dei maggiori produttori globali (Kalantzakos 2021). Quindi, la Cina parte già con una buona base, che è riuscita, però, a valorizzare, attraverso, ad esempio, la costruzione di fabbriche di produzione e raffinazione dei materiali nei pressi delle miniere, riducendo i costi di trasporto della materia estratta.



Figura 18 - Miniera di terre rare, Bayan Obo, Mongolia Interna

FONTE: Atlante dei conflitti ambientali

I cinesi, però non si sono fermati qui e hanno voluto espandere la loro produzione all'estero, ormai esperti delle tecniche estrattive e dell'uso di tecnologie, utilizzate fino a quel momento nel loro territorio nazionale. A partire dai primi anni Duemila, la Cina è riuscita ad acquisire i diritti esclusivi di estrazione in Africa, in cambio di finanziamenti per progetti per lo sviluppo e la costruzione di infrastrutture. Nello specifico, il governo cinese ha siglato importanti accordi con la Repubblica Democratica del Congo, maggior paese con riserve di cobalto, fornendo 700 milioni di dollari per la costruzione di un datacenter e di un'autostrada (Moccia 2021). In Africa e in America Latina ha creato un forum per il dialogo e la cooperazione, rispettivamente il Forum China-Africa Cooperation (FOCAC) e il China-CELAC-Forum con i paesi latino-americani e caraibici. La strategia adottata dalla Cina, nei paesi in via di sviluppo è sempre la stessa: accordi bilaterali in cui si offrono infrastrutture in cambio di estrazione di risorse e raffinazione delle terre rare. Il modo con cui le aziende cinesi si inseriscono nel mercato sudamericano, ad esempio, è l'acquisto di numerose azioni, che rendono le aziende cinesi azioniste di maggioranza e preponderanti nelle strategie aziendali. Ad esempio, l'azienda cinese Tianqi Lithium è diventata il secondo maggiore azionista nella Sociedad Química y Minera (SQM) in Cile (Kalantzakos 2021).

Dall'altro lato, Stati Uniti, i paesi dell'Unione Europea e il Giappone vedono il loro primato sull'innovazione e la produzione industriale mettersi all'angolo, per lasciare spazio alla Cina, che non lascia margine alla competizione (Kalantzakos 2021). Questo ha alimentato anche il sentimento anticinese, esternato durante l'amministrazione Trump. A questo punto, il governo degli Stati Uniti cerca delle soluzioni alternative per entrare in concorrenza con la

Cina e riequilibrare i ruoli, per esempio, rivolgendosi ai mercati di Vietnam e Australia, che dispone del circa il 3% delle riserve globali di terre rare ed è il maggiore produttore di litio (Moccia 2021). Generalmente e rilegandosi alla teoria della dipendenza, istituire un monopolio di una risorsa, significa rendere tutti gli altri Paesi, sia quelli da cui si estrae e sia quelli con cui si commercia, dipendente e più deboli.

Il maggior punto di forza della Cina, oltre a detenere una buona parte di riserve di terre rare, è stato quello dell'essere lungimirante e captare subito l'importanza strategica di questi metalli. Infatti, già nel 1990, il governo cinese ha dichiarato le terre rare "minerali protetti e strategici" (Kalantzakos 2021). È importante sottolineare l'interpretazione di questa dichiarazione, perché il governo cinese intendeva dichiarare che le aziende estere con l'intenzione di investire in territorio cinese, potevano farlo solo sotto forma di joint venture con imprese cinesi. Le joint venture richiedevano l'autorizzazione sia della Commissione Statale per lo sviluppo e la Pianificazione sia del Ministero del Commercio (Kalantzakos 2021). Inoltre, agli investitori stranieri era vietata l'estrazione mineraria delle terre rare. Da quel momento in poi, la Cina ha tentato di centralizzare il controllo dell'industria estrattiva e di raffinazione, ha creato un valore di mercato più elevato per questi elementi e ha sviluppato il know-how tecnico necessario, in modo da attirare la domanda delle aziende high-tech, che producono all'interno dei confini nazionali, tagliando drasticamente i costi e vendono all'esterno di essi. La Cina non si è fermata all'interno dei confini nazionale, ma ha sempre tentato di monopolizzare le risorse legate ai REE (Rare Earths Elements) in tutto il mondo, diventando azionaria di maggioranza in molte aziende estrattive strategiche negli Stati Uniti, in Australia e in Cile. Il vantaggio che la Cina ha rispetto agli altri competitor, e nello specifico rispetto agli Stati Uniti, è derivato dal trasferimento della produzione di magneti permanenti, ossidi, leghe, batterie in territorio cinese, così da usufruire del know-how, delle infrastrutture e delle attrezzature in loco (Kalantzakos 2021). La ricollocazione delle risorse della produzione in Cina e lo sgretolamento delle competenze tecnologiche minerarie hanno lasciato indietro gli Stati Uniti. Nel seguente grafico si può notare come la Cina sia leader nella maggior parte dei settori di lavorazione di terre rare e metalli, riducendo la concorrenza al minimo e soppiantando il ruolo degli altri Paesi. L'aver capito prima di tutti la potenzialità di questi materiali, la ricerca, la formazione, lo sviluppo di tecnologie avanzate e gli accordi commerciali per essere già preparati sul mercato sono stati i fattori principali che hanno reso tale la situazione descritta nel grafico.

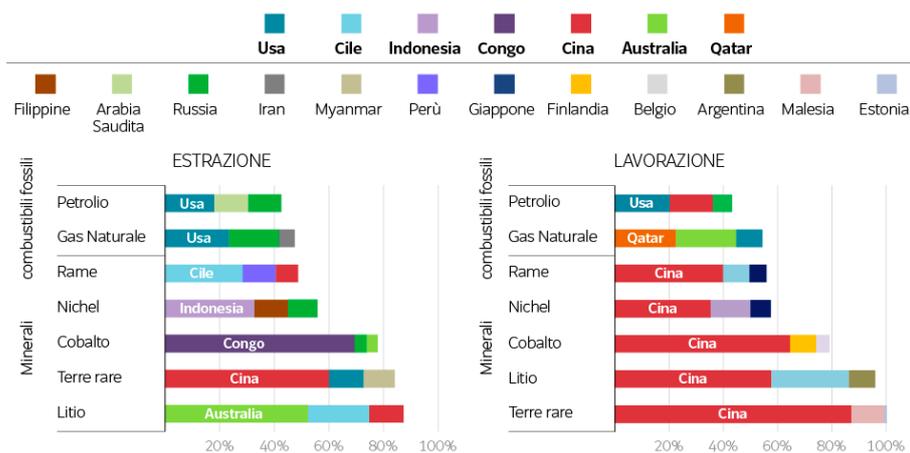


Figura 20 - I primi paesi per estrazione e lavorazione delle principali materie prime, 2019

FONTE: IEA, Agenzia Internazionale dell'Energia

Non solo la Cina ha preceduto gli altri Paesi nella ricerca e negli investimenti in terre rare, ma ha anche accelerato il loro utilizzo nei sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili (Kalantzakos 2021). Secondo il rapporto REN21, (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*) nel 2016 la Cina era già leader globale per le nuove installazioni per la produzione di energia eolica. Secondo il Report Globale delle Energie Rinnovabili del 2017, nel 2016, la capacità installata totale di energia eolica in GigaWatt in Cina era pari a 168,7 GW, a fronte di un totale di 153,7 GW per l'Unione Europea e di 82,1 GW per gli Stati Uniti (REN21 2017).

Nel 2009, un anno dopo lo scoppio della crisi finanziaria, la Cina propose di adottare una politica protezionistica sull'esportazione di terre rare, che mise gli altri Paesi alle strette e "incrementò l'interesse per esaminare la possibilità di coltivare miniere di terre rare al di fuori della Cina", rilevava Frederic Bastien, un analista della Raymond James, durante un'intervista con il NYT.

La bozza di rapporto del Ministero cinese dell'Industria e della Tecnologia dell'informazione indicava che le esportazioni di terre rare sarebbero state vietate nei successivi 5 anni. Alla fine non si è registrata una chiusura totale, ma una riduzione drastica negli anni delle esportazioni, che si può osservare nella seguente tabella.

Anno	Tonnellate di ossidi di terre rare	Variazione annua
2005	65.580	-
2006	61.070	- 6,9%
2007	59.643	- 2,3%
2008	49.990	- 16,2%
2009	48.155	- 3,7%
2010	30.259	- 37,2%

Figura 21 - Quote all'esportazione di terre rare dalla Cina 2005-2010

FONTE: USGS

A partire dalla fine del 2011, il Ministero del Commercio cinese, annunciò una politica protezionistica di esportazioni di terre rare più precisa, attraverso un pacchetto di quote alle esportazioni per il 2012. Il Ministero stabilì anche la divisione tra terre rare leggere e terre rare pesanti e il primo gruppo rappresentava l'80% delle allocazioni per il 2012 (Kalantzakos 2021). Le terre rare leggere sono anche le più abbondanti e più trattabili a prezzi inferiori, rispetto alle terre rare pesanti, utilizzate principalmente in prodotti high-tech. Uno dei criteri per essere inseriti in uno dei pacchetti di allocazione di esportazioni cinesi era l'ottenimento di progressi dimostrabili nell'implementazione delle nuove regole per il controllo dell'inquinamento. In caso di mancato adempimento, le quote sarebbero state riallocate alle imprese già in regola (Kalantzakos 2021).

I programmi cinesi per il settore delle terre rare andavano in questa direzione per accumulare scorte per il futuro e per sostenere i prezzi. I cinesi sembravano aver preso seriamente l'impegno per la tutela ambientale, sia nell'inserimento del criterio di rispetto della normativa ambientale, sia nell'approvvigionamento di risorse, per costruire impianti per produrre energia da fonti rinnovabili in futuro, comunque sempre nel suo interesse.

Ma come hanno reagito gli altri paesi del mondo a questo monopolio cinese?

Sicuramente è stata una sorpresa rendersi conto di essere dipendente da un solo paese, a questo livello e soprattutto nel momento storico in cui la domanda di oggetti realizzati principalmente con materiali strategici è alta. La collaborazione economica e diplomatica tra UE, Stati Uniti e Giappone si è dovuta inevitabilmente rafforzare a fronte del vantaggio, talvolta sleale, raggiunto dalla Cina. A questo proposito, questi tre paesi hanno sin da subito intrapreso delle contromisure. La prima iniziativa messa in azione riguarda un procedimento contro la Cina alla WTO e in secondo luogo un tentativo di realizzare un "workshop trilaterale dedicato alla collaborazione per la sostituzione, la diversificazione, la conservazione, riuso e riciclo come modalità per ridurre la loro dipendenza dalle terre rare cinesi (Kalantzakos 2021). Anche in quest'occasione la tempistica ha giocato a loro sfavore,

perché la Cina si era già adoperata nel ridurre i prezzi di esportazione di molti materiali, arrivando nel luglio del 2011, dopo quasi 3 anni dalla crisi, al loro minimo storico (Kalantzakos 2021).

I tre paesi si sono uniti nel capire come affrontare la concorrenza cinese, spinti da diverse motivazioni, ad esempio, l'*Unione Europea* vede come strategiche le terre rare per avere un'economia sempre più "carbon free", assumendosi la leadership della lotta al cambiamento climatico. Questo ruolo si concretizza negli obiettivi ambiziosi che l'Unione Europea ha identificato nel piano strategico europeo per le tecnologie energetiche (SET), nel Green New Deal, ma anche nel più attuale piano NextGeneration EU. In questo ambito, però, l'Unione Europea è ben consapevole di non poter essere indipendente e che il mantenimento delle azioni contro il cambiamento climatico non dipendono solo ed esclusivamente da lei. Infatti, come primo passo l'Europa ha formalizzato la sua posizione di vulnerabilità, attraverso i report annui "Critical Raw Material", in cui si contestualizza la situazione attuale di dipendenza e di scarsità di materiali, perseguendo una serie di indicazioni politiche e proponendo soluzioni, attraverso l'accumulazione di scorte e la firma di contratti internazionali per ripararsi dalla volatilità dei prezzi.

Insieme a quest'azione l'UE ha portato avanti "un'offensiva diplomatica" in sede di diversi colloqui con le grandi potenze del mondo, ad esempio durante il G20 del 2010, ponendo l'attenzione sulle conseguenze di una potenziale scarsità di terre rare, auspicando il blocco di ulteriori restrizioni alle esportazioni dalla Cina. Nel 2010, gli scienziati del Centro Comune di Ricerca (CCR) hanno stilato una lista di azioni raccomandate per raggiungere gli obiettivi identificati nel SET, che comprendevano il riuso, il riciclo e, dove possibile, la sostituzione con materiali meno critici e tecnologie alternative. Benché l'Europa desideri essere preponderante nelle scelte di commercio globale, non si posiziona nei confronti della Cina come una potenza rivale, cercando di mantenere equilibrate le posizioni con la Cina.

A differenza dell'Unione Europea, il *Giappone* si considera vulnerabile nell'accesso alle risorse di terre rare, per l'impiego che ne fa nell'industria della difesa e meno nelle applicazioni high-tech e alle fonti di energia rinnovabile (Kalantzakos 2021). Il governo giapponese è stato spinto all'azione perché le componenti che produce il suo mercato sono fondamentali nelle catene di produzione dislocate in tutto il mondo e la scarsità potrebbe portare a tensioni geopolitiche gravi.

Il settore giapponese delle terre rare è estremamente legato alla Cina: al Giappone è destinato il 40% delle esportazioni cinesi di REE, a fronte del 18% diretto negli Stati Uniti. Secondo il Servizio di ricerca del Congresso statunitense, l'82% delle terre rare utilizzate in Giappone, proviene dalla Cina (Humphries 2013). Due dei modi con cui il Giappone ha cercato di confrontarsi con la dipendenza dalla Cina riguardano principalmente il mercato illegale di terre rare, di cui il Giappone è sempre stato capofila e dalla stipula di un accordo

di partenariato con l'India. Nello specifico, l'azienda giapponese JOGMEC, che gestisce le scorte di petrolio, gas liquefatto e terre rare, effettuando revisioni periodiche delle riserve ha stipulato una collaborazione con l'India per esplorare più attivamente le riserve di terre rare e creare un impianto di trasformazione (Kalantzakos 2021). Nel 2011, la JOGMEC ha investito anche nell'industria australiana Lynas Corporation un totale di \$250 milioni, in cambio della garanzia della fornitura di 8.500 tonnellate di prodotti di terre rare per dieci anni (Kalantzakos 2021). Il seguente grafico mostra dei miglioramenti in termini di diversificazione di zone di approvvigionamento e di importazioni di terre rare, che significano che le strategie messe in atto dal Giappone funzionano, ma, nonostante ciò, i dati mostrano, che sarà molto difficile liberarsi dalla dipendenza cinese, perché le importazioni sono per circa metà provenienti ancora da lì.

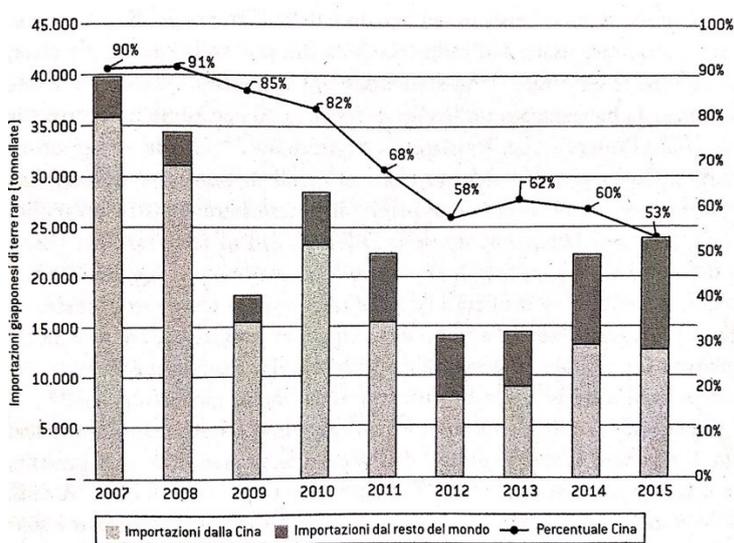


Figura 22 - Importazioni giapponesi di terre rare dalla Cina e dal resto del mondo

FONTE: Statistiche sul commercio con l'estero del Giappone, Ministero delle Finanze

Negli *Stati Uniti* le reazioni alla crisi percepita delle terre rare si sono manifestati a più livelli: rapporti geopolitici tra le potenze, nel settore della difesa, nelle infrastrutture nelle tecnologie di alto livello. Ciò che contraddistingue gli USA dall'EU e dal Giappone, è che gli Stati Uniti possiedono un considerevole numero di riserve nel proprio territorio e quindi, potrebbero considerare di sviluppare le proprie risorse interne, anziché investire in attività minerarie all'estero. In seguito alle presentazioni di analisi riguardanti la scarsità delle risorse e l'allarmismo prodotto dai media, è stato presentato al Congresso statunitense un elevato numero di progetti legislativi, principalmente incentrati sull'impatto che la condizioni di dipendenza e di scarsità ha nel settore della difesa e della sicurezza. Molte di queste proposte, però, purtroppo, sono state insabbiate e bloccate o dalla Commissione, o dal Senato o dalla Camera dei Rappresentanti e per il momento non hanno prodotto ancora nessun tipo

di risultato. Inoltre, nella prima presidenza Obama è stato firmato un decreto presidenziale sulla preparazione in materia di risorse, ponendo l'accento sull'espansione della capacità produttiva e dell'offerta, sulle garanzie di prestito e sussidi. Purtroppo, però, tutte queste decisioni giungevano tanto tempo dopo la crisi iniziale e nel 2012 si arrivò ad una decisione che scosse gli assetti commerciali tra Stati Uniti e Cina. Il governo degli USA ha deciso di applicare dazi antidumping sui pannelli solari cinesi, in seguito ad una lunga indagine sul sovvenzionamento dell'industria cinese del solare, che aveva spiegato il ribasso dei prezzi di circa il 30%, nel momento in cui il governo cinese aveva pubblicizzato molte delle aziende operanti nel settore fotovoltaico. Per rispondere, la Cina avviò anch'essa un'indagine sui sovvenzionamenti delle aziende statunitensi, concludendo che anche negli Stati Uniti avveniva la stessa cosa; quindi, la Repubblica Popolare Cinese decise di tassare il polisilicio, il principale materiale utilizzato nella produzione di solare, che gli Stati Uniti esportano in Cina. In linea generale, queste azioni sono state intraprese perché gli Stati Uniti stavano perdendo di vantaggio negoziale e anche nella svolta green, soppiantati dalla Cina.

In definitiva, quindi, le due iniziative più solide e mirate per affrontare le conseguenze della crisi delle terre rare furono la cooperazione trilaterale tra Stati Uniti, Unione Europea e Giappone e l'azione intentata contro la Cina davanti alla WTO.

La cooperazione si impegnava per trovare soluzioni vantaggiose alla crisi delle terre rare, analizzando la possibilità di sostituire i materiali strategici e l'allocatione di investimenti in ricerca e sviluppo delle tecnologie per il riciclo e riutilizzo dei materiali. La cooperazione trilaterale si è organizzata in diversi workshop sia politici, che tecnici e il dialogo ha facilitato lo scambio di best practice e lo sviluppo di approcci comuni alle potenziali scarsità di metalli critici. Inizialmente, i workshop hanno attirato grande attenzione tra i media, ma dopo la fine della crisi delle terre rare sono passati in secondo piano.

Invece, i rapporti tra la Cina e l'Organizzazione Mondiale del Commercio iniziarono nel 2001, quando il Paese ne divenne membro attivo nell'ottica di un sistema globale ed efficace. Sin dall'inizio i Paesi già membri dell'Organizzazione erano preoccupati e impreparati per il radicale cambiamento che l'ingresso della Cina avrebbe portato negli scambi commerciali. Con questo presupposto gli Stati Uniti e l'Europa monitorarono il comportamento della Cina nella WTO, operando attraverso due meccanismi: il Meccanismo di revisione delle politiche commerciali e l'Organismo di risoluzione delle controversie. Comunque, l'ingresso della RPC nell'Organizzazione ha incontrato un consenso generalizzato e consapevole della sua posizione, la Cina ha agito in modo cauto, inizialmente, essendo, però, molto attiva nell'Organismo per la Risoluzione delle Controversie, usando sempre di più questo meccanismo contro gli Stati Uniti, inasprendo il clima e rendendolo adatto per future guerre commerciali. Arrivando al punto, nel 2012, USA, Giappone e Unione Europea hanno scelto

di agire uniti e presentare ricorso alla WTO per “chiedere consultazioni alla Cina sulle restrizioni da essa imposte all’esportazione di terre rare, tungsteno e molibdeno” (Kalantzakos 2021). Le tre potenze sostenevano che le azioni della Cina non erano in linea con il regolamento della WTO, nei termini di “imposizione di dazi all’esportazione, impostazione di quote all’esportazione e altre restrizioni quantitative, il mantenimento di prezzi minimi all’esportazione” (Kalantzakos 2021). Da un lato, il Commissario per il Commercio dell’Unione Europea Karel De Gucht affermò che le restrizioni della Cina sulle terre rare “danneggiano imprese e i consumatori dell’Unione Europea e del mondo, compresi i produttori all’avanguardia nell’innovazione tecnologica e nelle applicazioni aziendali green” e in risposta, la Cina ha affermato che le limitazioni dell’attività mineraria di terre rare erano dovute a preoccupazioni ambientali. Il 30 gennaio del 2012, un panel della WTO ha sentenziato che la Cina aveva effettivamente violato le regole dell’organizzazione, comportando un’inflazione dei prezzi al di fuori dei suoi confini nazionali. La controparte cinese, inoltre, oltre a adattarsi all’esito della sentenza, doveva anche provare alla WTO, che le sue politiche erano state applicate equamente alle imprese estere come alle imprese interne, perseguendo la clausola della nazione più favorita. Come atto di impegno finale, la Cina ha presentato ai membri della WTO un libro bianco sulle terre rare, con lo scopo di fornire alla comunità internazionale una maggiore comprensione della questione (Kalantzakos 2021). Gli argomenti e le prove portate dalla Cina non sono stati abbastanza e il Paese non è riuscito a vincere la controversia alla WTO. Secondo uno studio pubblicato su Resources Policy, nel 2015, si constata che le politiche di esportazione delle terre rare della Cina hanno funzionato, aumentando il potere del prezzo di vendita da parte della Cina. Gli autori aggiungono, prevedendo quello che poi sarebbe davvero successo, che “la Cina potrebbe spostarsi dal controllo delle esportazioni al controllo della produzione” (Lu 2015). Comunque, anche nel periodo della controversia, la Cina non era in una condizione vulnerabile, perché i prezzi erano al minimo storico, ma lei aveva avuto il tempo di preparare le scorte per consolidare il settore domestico al fine di riposizionarsi in futuro. Il famoso stratega cinese Sun Tzu, ne “L’arte della guerra” scrive: “ il combattere e conquistare non sono segno di suprema eccellenza. La suprema eccellenza consiste nel piegare la resistenza del nemico senza combattere” (Tzu VI-V secolo a.C.).

CAPITOLO 3 - VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ E IMPATTO AMBIENTALE DELL'ESTRAZIONE DI COBALTO E LITIO

3.1. - Componenti tecniche e materiali per la realizzazione di batterie al litio

Nelle analisi precedenti si è compresa la strategica importanza degli accumulatori energetici nella direzione di decarbonizzazione e sviluppo di high-tech, diffuse sempre in più ambiti. Ora, analizzeremo da vicino le componenti per realizzare la batteria più efficiente, quella a Ion-litio, in termini di densità di energia, velocità di carica e bassa autoscarica (vedi Figura 4). Le batterie agli ioni di litio sono composte da celle. Ogni cella è costituita da due elettrodi: anodo (elettrodo negativo) e catodo (elettrodo positivo), uniti tra loro da un elettrolita. Nella versione più recente, l'anodo è formato da una lamina di rame, sopra la quale si inserisce una pasta di grafite, integrata con il litio. Il catodo, invece, è formato da una lamina di alluminio e una pasta di litio cobalto ossido (LiCoO_2). La lamina e la pasta, sia dell'anodo, che del catodo si uniscono attraverso polimeri plastici. L'elettrolita, ciò quello che unisce l'elettrodo negativo e quello positivo, è realizzato con fluoruro di litio (Fornillo 2015).

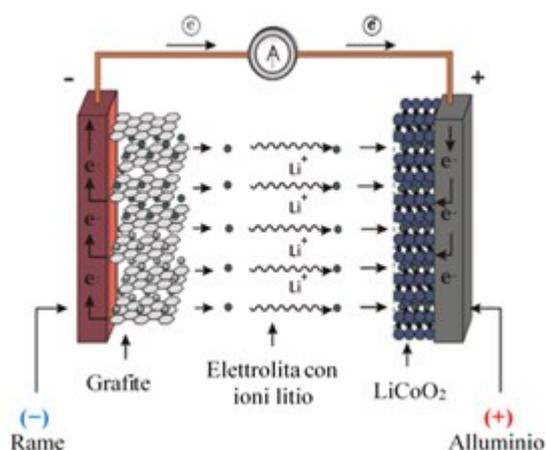


Figura 23 - Accumulatore Ion-litio convenzionale (in fase di scarica)

FONTE: motus-e.org

Nell'assemblaggio per far funzionare una batteria, le celle devono connettersi e insieme a loro si unisce un driver, ovvero un chip, che controlla la tensione, la temperatura, la corrente e la carica di ciascuna cella. Con questi dati, il driver monitora e interviene per ottimizzare l'uso della batteria, evitando che venga superato il voltaggio massimo e si incorra in pericolo di incendio (Motus-E 2020).

Per riassumere, i materiali e i minerali principale per la costruzione di batterie a ioni di litio sono: litio, grafite, carbonato di sodio, rame e alluminio.

3.2. Metodi di estrazione del litio e del cobalto

Il *litio* è un elemento chimico, che in natura, si può trovare in diverse forme, come ad esempio in rocce pegmatitiche, come in salamoia in ambienti vaporosi, ad esempio le saline del "Triangolo del litio", ma anche nell'acqua del mare. L'estrazione da saline, ad oggi, è la più efficiente e le caratteristiche che rendono attrattivo il litio da saline sono: il grado di concentrazione dell'elemento chimico, misurato in parti per milione (ppm); il basso livello di contaminazione con gli altri elementi chimici, che si trovano nelle saline, come alabastro e magnesio; il volume totale di risorse da utilizzare; il clima arido, con bassi livelli di precipitazioni ed elevati livelli di radiazione solare (Fornillo 2015). Queste differenze sono rilevanti ai fini dei costi e della redditività. Quest'ultima, però, non dipende solo dal prezzo di questo prodotto, ma anche dalla disponibilità di tecnologie per la sua estrazione. È proprio la presenza di saline di litio, che ha rivestito di rilevanza economica e geopolitica l'area del "triangolo del litio".

Il metodo di estrazione di litio da salina non è omogeneo, ma ci sono ben cinque modelli di estrazione differenti, tra cui l'evaporazione solare classica, l'assorbimento selettivo, la osmosi inversa, l'estrazione chimica e l'estrazione tramite solventi. Per tutti e cinque i modelli di estrazione, l'obiettivo finale è quello di concentrare il litio, che si trova disperso e separarlo dagli altri elementi chimici (Fornillo 2015). Più nel dettaglio, la concentrazione di litio attraverso il metodo di evaporazione solare richiede l'installazione di tubi flessibili che possono raggiungere una profondità tra i 30 e i 200 metri sottoterra, dove si trova la maggiore concentrazione di litio. Il litio viene portato in superficie, drenando il sottosuolo, e lasciato per diversi mesi in grandi piscine, così che l'acqua possa evaporare e rimanga solo la sostanza. Dopo il processo di evaporazione naturale, la separazione del litio dagli altri elementi si ottiene attraverso la deposizione degli stessi nelle piscine, insieme al cloruro di litio ottenuto. In seguito, il cloruro di litio, dev'essere trasformato in carbonato di litio, che è la sostanza che serve nel mercato, da impiegare nei prodotti finali. Quindi, per ottenerlo, alla salina si aggiunge il carbonato di sodio, che produce una reazione chimica, che inter-cambia gli ioni di litio con quelli di sodio, così da ottenere dal procedimento il carbonato di litio e il cloruro di sodio, quello che noi conosciamo come sale da cucina (Fornillo 2015). Infine, per poter separare i minerali e alcuni residui di carbonato e trasportarli all'impianto, si utilizza acqua dolce, che non proviene dalla salina. Attraverso questo metodo di estrazione, si ottiene un litio puro altri elementi chimici, tra cui il magnesio. Per impiegare questo elemento chimico nella fabbricazione di batterie a Ion-litio, il grado di purezza dell'elemento dev'essere superiore a 99,6%.



Figura 24 - Litio estratto da saline per evaporazione solare

FONTE: National Geographic España

Il metodo di estrazione tramite assorbimento selettivo vede la collocazione di colonne a membrana, sopra la superficie della salina. La salamoia passa attraverso queste colonne, che trattengono selettivamente il litio. A questo punto, l'acqua con gli altri componenti ritorna nella salina. L'aspetto interessante di questo metodo è che si ottiene una concentrazione di carbonato di litio con un'infima contaminazione di magnesio, raggiungendo una purezza del 99,7% con un altro recupero del minerale. Momento, l'unica impresa che estrae il carbonato, il cloruro o il fluoruro di litio tramite questa tecnica è l'azienda statunitense FMC Lithium Corporation, che sostiene il Progetto Femix, nel Salar del Hombre Muerto nelle province argentine di Catamarca e Salta. Invece, tecnica dell'estrazione chimica, si è diffusa molto poco. Questo procedimento permette di estrarre il litio solo in otto ore, a differenza dei mesi, che necessita l'evaporazione per radiazione solare. L'azienda sudcoreana Ploto sta operando un progetto pilota con questo metodo estrattivo, nel Salar di Maricuga, in Cile, prospettando di implementarlo anche in Bolivia e in Argentina. Attraverso questo metodo si ottiene un carbonato di litio estratto, puro al 99,9%. L'azienda Posto recupera dalle saline e 80% del litio, decisamente superiore rispetto al 50% delle saline in cui si utilizza il metodo di evaporazione solare (Fornillo 2015).

Come ultima considerata, l'estrazione tramite solvente è una tecnica progettata dall'azienda olandese Bateman Litwin Group. In questa procedura, si mescola un solvente organico nella soluzione che permette di separare il litio dall'acqua. Poi si procede alla separazione del litio dal solvente utilizzando un acido, il quale permette di separare il cloruro di litio e solvente impiegato, nelle stesse condizioni iniziali, così da essere riutilizzato. In seguito, il cloruro di litio può essere processato per ottenere carbonato, facendolo reagire come nel primo metodo di estrazione con il carbonato di sodio (Fornillo 2015).

L'altro elemento fondamentale per realizzare batterie è il *cobalto*. Le metodologie di estrazione del cobalto sono, essenzialmente, di due tipi: miniere a cielo aperto o sotterraneo. Talvolta, si verifica una combinazione di estrazione open-pit e sotterranea a seconda delle

dimensioni e del tipo di superficie del minerale. Ci si affida al primo metodo estrattivo, quindi quello delle miniere a cielo aperto, quando il minerale è vicino alla superficie. Camion o altri macchinari rimuovono massi di roccia, per estrarre i metalli desiderati, in questo caso il cobalto, che si trova accompagnato a rame e nichel, essendo un loro sottoprodotto (Mahmud 2019). "Esistono diversi modi per separare il cobalto dal rame e dal nichel, a seconda della concentrazione di cobalto e dell'esatta composizione del minerale utilizzato. Un metodo è il galleggiamento della schiuma, in cui i tensioattivi si legano a vari componenti minerali, portando ad un accumulo di sali di cobalto. Il cobalto può anche essere lisciviato dal rame fuso" (Istituto di Terre Rare e Metalli Strategici).

Invece, quando il materiale si trova a più di 100 metri di profondità è necessaria un'estrazione sotterranea. In questo caso si sviluppano delle vere e proprie miniere, scavando pozzi, costruendo ascensori e mettendo in sicurezza l'area attraverso una valutazione dei rischi di crollo e di incendio. Infatti, la zona mineraria dev'essere abbastanza areata per evitare esplosioni dovute alla polvere e gas nocivo prodotto dall'estrazione. Sviluppare una miniera sotterranea è decisamente più costoso rispetto ad una cava a cielo aperto, perché oltre al costo dei macchinari, si accumulano ingenti costi di studio e progettazione della miniera, per valutare i costi/benefici e la redditività del progetto (Mahmud 2019).

3.3. *Impatto ambientale e sostenibilità dell'estrazione di minerali*

In linea di logica e azione con i 17 Sustainable Development Goals delle Nazioni Unite, l'utilizzo di accumulatori energetici è fondamentale per raggiungere l'obiettivo 7 riguardo "Energia pulita e accessibili", l'11 per il raggiungimento dello sviluppo di "Comunità e città sostenibili" e il traguardo 13 in riferimento all'impegno in "Azioni climatiche". Purtroppo, però, la produzione di batterie si sta rivelando nell'attuazione, incoerente con alcuni degli obiettivi di sviluppo sostenibile ed è un paradosso pensare di produrre oggetti che dovrebbero ridurre le emissioni di CO₂ e spingere alla transizione energetica, a discapito dell'ambiente stesso.



Figura 25 - Sustainable Development Goals

FONTE: United Nations, Department of Economic and Social Affairs

In riferimento all'ampia categoria delle terre rare "Ogni tonnellata di terre rare prodotta genera progressivamente 8,5 kg di fluorite e 13 kg di polvere e usare tecniche di calcinazione con acido solforico concentrato ad alta temperatura per produrre una tonnellata di minerale calcinato di terre rare genera tra 9.600 e 12.000 metri cubi di scarichi gassosi contenenti concentrazioni di polvere, acido fluoridrico e acido solforico, per approssimativamente 75 metri cubi di scarichi di acque acide più circa una tonnellata di residui radioattivi (contenenti acqua)": questo è quanto riporta un documento pubblicato dalla Chinese Society of Rare Earths e citato in un articolo del novembre del 2010 della "The Cutting Edge". (Hurst 2010). Perciò, senza un trattamento efficace, il rilascio delle acque inquinate nell'ambiente costituisce una minaccia diretta sia all'offerta di acqua potabile sia alle acque usate per irrigare i campi. La questione delle ripercussioni ambientali dell'attività delle miniere di terre rare non è stata affrontata in Cina in modo serio. La problematica più diffusa è che gran parte delle pratiche minerarie sono illegali e quindi il costo ambientale finora non è stato considerato nella formazione del prezzo delle terre rare. Le pratiche illegali sono al di fuori del circuito di protezione di conoscenze di sviluppo di tecnologie avanzate che possono limitare i danni ambientali grazie al know-how di trattamento acquisito. A Bayan Obo, ad esempio, la diga di contenimento in attività è una delle più grandi del mondo e le scorie tossiche e radioattive infiltrano nel suolo, minacciando la salute degli abitanti dei villaggi vicini (Kalantzakos 2021). Il sistema di filtraggio minaccia tutte le risorse idriche nelle circostanze e più nello specifico il Fiume Giallo, che scorre a soli 10 km dalla diga e rifornisce milioni di cinesi (Kalantzakos 2021). Anche il passaggio successivo all'estrazione, ovvero la raffinazione è molto problematico per l'ambiente, perché richiede l'utilizzo di prodotti chimici quali il bicarbonato di ammonio e l'acido ossalico, il cui uso comporta numerosi e gravi rischi per la salute. Ad esempio, l'inalazione di bicarbonato di ammonio può causare irritazione sia l'apparato respiratorio sia il tratto gastrointestinale. L'acido ossalico, se ingerito è velenoso e può essere mortale corrodendo e danneggiando i reni (Kalantzakos 2021). Non avendo la Cina, come altri Paesi che estraggono terre rare, applicato una stretta sorveglianza e una rigorosa regolazione dei siti minerari di processi di raffinazione, si sono sviluppati fenomeni di grave degrado ambientale come l'inquinamento delle aree intorno alle miniere e la contaminazione dei fiumi che attraversano le aree. Il motivo per cui finora l'industria delle terre rare in Cina ha operato senza regole è di ragione strettamente economica. Quando i prezzi delle terre rare erano bassi e non vi erano pressioni da parte del governo, i produttori hanno optato per mantenere un margine competitivo nel mercato. Come ulteriore fattore, in Cina la terra è proprietà del governo cinese e questo disincentiva ancora di più le imprese nell'intraprendere investimenti di bonifica nel territorio, anche perché non saprebbe come farlo visto che non è stato fornito alcun supporto per l'implementazione di norme ambientali. Per rimediare, la Cina ha mostrato di aver preso consapevolezza degli impatti e delle

conseguenze della lavorazione delle REE, attraverso un libro bianco distribuito a metà del 2012, per rispondere alle preoccupazioni della comunità internazionale (Kalantzakos 2021). In questo documento la Cina prende consapevolezza delle conseguenze e dei danni ambientali che l'estrazione di litio ha prodotto, come il danneggiamento della vegetazione, all'erosione del suolo, all'inquinamento e all'acidificazione delle acque, che ha azzerato la produzione agricola. Inoltre, le frane causate dall'estrazione massiva e le situazioni di emergenza dovuti all'inquinamento e agli incidenti hanno contribuito a minacciare la salute delle persone e la sicurezza dell'ambiente.

Anche in riferimento all'estrazione di cobalto, concentrata nella Repubblica Democratica del Congo, non c'è abbastanza regolamentazione e secondo il report di Amnesty International "This what we die for" il 15-20% dell'estrazione di cobalto è artigianale (Amnesty International, 2016). Questo fenomeno, per altro in crescita, oltre a portare elevate morti sul lavoro, sfruttamento del lavoro minorile e scarse tutele della salute produce danni ambientali gravissimi, perché il processo di estrazione richiede esplosioni continue che rilasciano nell'aria sostanze tossiche e minacciose sia per la salute dei lavoratori che per l'ambiente. Inoltre, l'estrazione non regolamentata e mal gestita inquina le acque di fiumi e ruscelli che sono fondamentali per la sopravvivenza delle comunità. Questo accade anche perché non ci sono degli studi che stabiliscono a che profondità si possa scavare senza raggiungere la falda acquifera, quante vibrazioni si possono produrre per non dissestare il terreno e come evitare che le sostanze di scarto dall'estrazione contaminino le acque circostanti.

In riferimento al litio, drenare il sottosuolo per estrarlo attraverso l'evaporazione significa privare le falde acquifere di tutta l'acqua disponibile, senza che questa torni indietro, perché evapora, ma anzi utilizzare ancora più acqua dolce, nella fase successiva, per separare il litio dal magnesio. Questo genera una rottura dell'equilibrio idrico perché l'acqua dalle falde viene spostata alle saline, provocando la riduzione del volume di acqua disponibile, fino ad arrivare ad una completa siccità (Fornillo 2015). La catena montuosa che attraversa la zona del "Triangolo del litio" e che garantisce il flusso di acqua preponderante della zona è la cordigliera delle Ande. Il suo ecosistema e il sistema lagunare sono molto sensibili e hanno un funzionamento per cui i flussi del disgelo dei ghiacciai alimentano le lagune e si infiltrano nei suoli sabbiosi formando un complesso sia di acque dolci sia salate. Se il livello della falda delle lagune si abbassa, a causa dell'utilizzo massivo di acqua, aumenta il ritmo del disgelo dei ghiacciai. La riduzione della portata di acqua genera un primo importante impatto globale, quale la ridotta capacità di regolare la temperatura a causa della perdita di ritenzione dell'anidride carbonica, ma anche diversi impatti locali. Infatti, il sistema di pompaggio delle acque sotterranee utilizzato dall'industria del litio mescola acque dolci con acque salate alterando la qualità dell'acqua e la salinità del suolo. A questo proposito, secondo il rapporto "Minería Transnacional de litio en Lagunas Altoandinas de Catamarca.

Caso: Liex S.A.” realizzando dall'associazione catamarqueña Bienaventurados los Pobres (Be.Pe), nell'ambito di un progetto finanziato dall'Unione Europea che ha analizzato l'applicazione delle Linee Guida su Diritti Umani e le Imprese, approvate all'ONU nel 2011, "La qualità dell'acqua dopo i processi di estrazione del litio non è stata sufficientemente analizzata; alcuni casi nel nord del Cile e in Asia riportano la contaminazione dei sistemi lagunari da parte di litio e di altre sostanze chimiche utilizzate nella sua lavorazione, e si sono anche verificati casi di avvelenamento da litio nelle persone" (Be.Pe, 2019). La ricercatrice Senti-nelli, dell'associazione Be.Pe aggiunge che tra Stato e azienda, in questo caso la Liex S.A., "Non c'è accordo sulla profondità cui lavorano i pozzi. Si parla di 100 metri, ma raggiungono anche profondità di 250 metri, passando attraverso molti strati di acqua salata e forse di acqua dolce. Più vanno in profondità più le salamoie hanno concentrazioni di litio" (Be.Pe., 2019).

Gli ecosistemi nella regione del triangolo del litio hanno precipitazioni estremamente basse, con una media di 100–200 mm all'anno e tassi di evaporazione di 1300–1700 mm yr⁻¹, insieme a stagioni intermittenti di precipitazioni. In linea di massima, il flusso dalle montagne è l'unica fonte d'acqua, e i mezzi di sussistenza delle comunità locali dipendono dagli ecosistemi offerti dalle terre umide (Mary T. Kalin Arroyo 1988). Secondo uno studio pubblicato su "Journal of Cleaner Production" nel 2020, nel Salar di Atacama in Cile, negli anni tra il 2002 e il 2017 si è registrata una drastica riduzione di acqua disponibile (Wenjuan Liu 2020). Lo studio è partito da un'analisi dei dati raccolti dal sistema GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment), considerando le misurazioni prima del 2004 come periodo di inizializzazione, quelle dal 2004 al 2009 come linea di base e quelle dal 2010 come segnalazione di anomalie (Wenjuan Liu 2020).

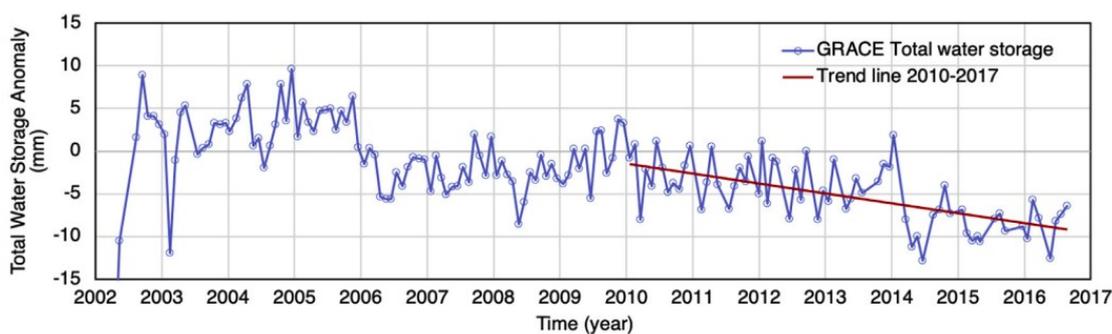


Figura 26 - Stoccaggio totale dell'acqua nell'area di studio dal 2002 al 2017

FONTE: Wenjuan Liu, Datu B. Agusdinata, Interdependencies of lithium mining and communities sustainability in Salar de Atacama, Chile, Journal of Cleaner Production, Volume 260, 2020

È evidente che lo stoccaggio totale dell'acqua mostra una tendenza all'esaurimento tra il 2010 e il 2017, rilevando una tendenza decrescente con pendenza di 1,16 mm/anno. Il consumo di acqua è aumentato costantemente dal 2002 al 2017 grazie all'espansione della

produzione mineraria, all'aumentato degli abitanti locali, e all'aumento del turismo. Il grafico successivo mostra come il consumo di acqua stimata utilizzato per i processi di estrazione è stato circa 50 volte l'uso domestico di acqua stimato, e 100 volte la stima del consumo di acqua dei turisti. Si parla di stime di consumo di acqua, perché la misurazione stimato dell'acqua si basa su alcune ipotesi di metodo. Nonostante non si possa esprimere con precisione l'utilizzo dell'acqua, si delinea comunque la differenza di grandezza nelle risorse idriche consumate dall'industria mineraria rispetto agli altri due impieghi presi in considerazione (Wenjuan Liu 2020).

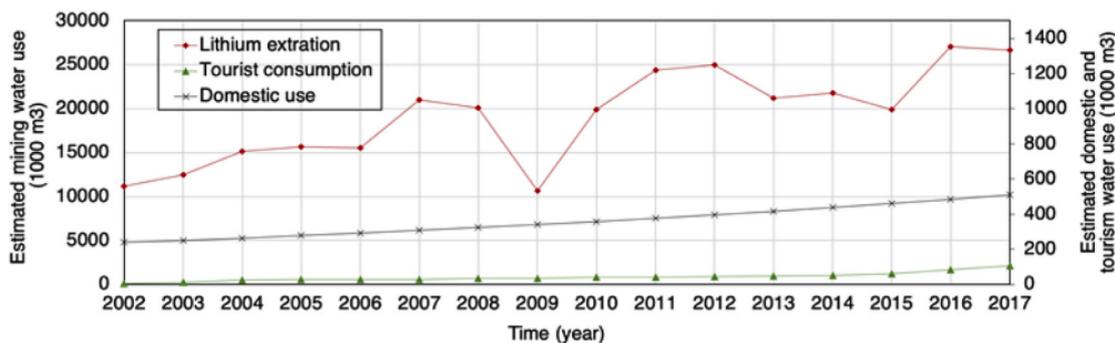


Figura 27 - Stima del consumo di acqua nelle miniere, nell'uso domestico e nel turismo nell'area di studio dal 2002 al 2017

FONTE: Wenjuan Liu, Datu B. Agusdinata, Interdependencies of lithium mining and communities sustainability in Salar de Atacama, Chile, Journal of Cleaner Production, Volume 260, 2020

È evidente come le ricadute ambientali agiscano in una panoramica più ampia di dinamiche sociali, che trasformano l'organizzazione quotidiana della vita delle persone. La riduzione di acqua disponibile implica l'estinzione di progetti di agricoltura familiare e allevamento, che garantiscono il sostentamento delle popolazioni indigene. Conseguentemente, lo sfruttamento delle risorse idriche diventa un fattore di conflitto tra la popolazione locale, lo Stato e le imprese di estrazione. Alla base del conflitto mancano attori collettivi, che sostengano le rivendicazioni ambientali. Affinché l'attività di estrazione divenga un fattore di sviluppo per tutti, è necessario, da un lato, difendere un modello di vita sostenibile che ponga delle garanzie di tutela ambientale per le generazioni future e dall'altro lato, garantire una redistribuzione delle risorse, attraverso la partecipazione effettiva dei proventi, delle royalties e delle esportazioni (Fornillo 2015). Il 7 aprile dello scorso anno è stato formato, da parte del Ministero dello sviluppo produttivo argentino, il Tavolo Nazionale del Litio. Il Tavolo mette in comunicazione il governo centrale con le tre province (Jujuy, Catamarca, Salta) dove sono concentrate 23 saline o lagune con il potenziale per l'estrazione del litio dalle salamoie. Insieme si sono definiti cinque punti per lo sviluppo scientifico e tecnologico dell'estrazione di litio, in ottica sostenibile, con lo scopo di incrementare posti di lavoro e conseguente ricchezza nelle comunità. I governatori di tutte e tre le province sostengono l'incremento

della trasparenza in riferimento alle regole giuridiche di produzione, così da uniformare a livello nazionale i processi di estrazione e produzione. Inoltre, i governatori riconoscono l'importanza di lavorare congiuntamente per intensificare questo settore produttivo e creare maggiori opportunità per tutti, facendo convergere la ricchezza mineraria con la tutela degli aspetti ambientali e sociali.

La poca attenzione verso l'ecosistema andino danneggia anche la ricca avifauna dell'area del "triangolo del litio", che ospita tre delle sei specie mondiali di fenicotteri. In America latina possiamo trovare la specie del fenicottero cileno, del fenicottero andino e del fenicottero di James. Gli habitat caratteristici del fenicottero sono i grandi laghi alcalini o salini. Di solito i fenicotteri non migrano, ma a causa dei cambiamenti climatici e della riduzione dei livelli di acqua disponibile non rimangono nelle zone di origine. Non avendo più la possibilità di vivere nel loro habitat naturale, modificato dall'attività estrattiva, i fenicotteri hanno difficoltà a cibarsi, riprodursi e sopravvivere. Secondo lo studio "Climate change and lithium mining influence flamingo abundance in the Lithium Triangle", l'acqua superficiale, la disponibilità di cibo e l'estrazione del litio possono tutti influenzare separatamente e interattivamente l'ecosistema dei fenicotteri (Gutiérrez JS 2022). I seguenti grafici mostrano come l'incremento della produzione di litio, dell'ampiezza delle zone stagnanti per il litio e l'aumento della popolazione sia negativamente correlato con la riduzione di acqua disponibile.

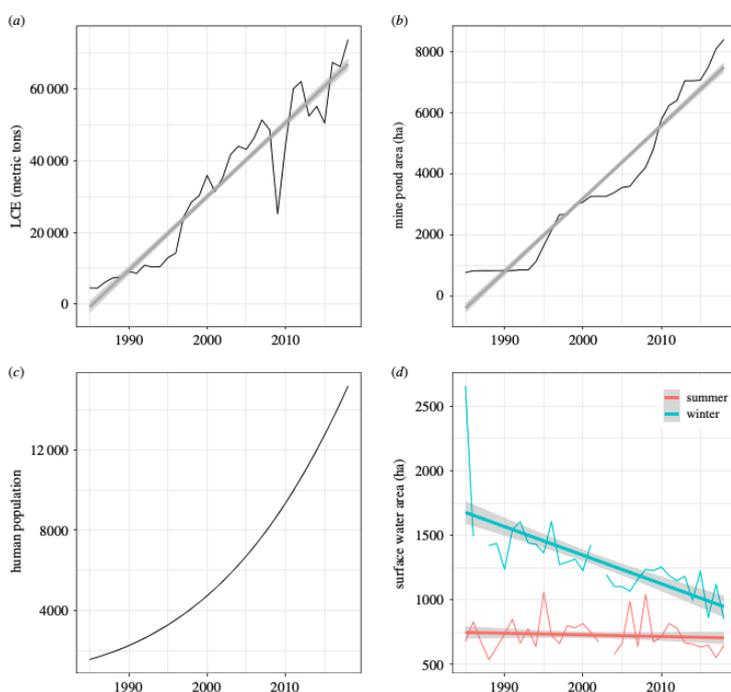


Figura 28 - Andamento delle attività umane all'interno del Salar de Atacama. (a) produzione cilena di litio (dati dell'US Geological Survey); (b) area dello stagno minerario, (c) popolazione umana e (d) area delle acque superficiali.

FONTE: Gutiérrez JS, Moore JN, Donnelly JP, Dorador C, Navedo JG, Senner NR. 2022 Climate change and lithium mining influence flamingo abundance in the Lithium Triangle

Nello specifico, la specie del fenicottero di James e la specie del fenicottero andino sono in declino negli ultimi anni (Gutiérrez JS 2022). I seguenti grafici, sempre prodotti dallo studio “Climate change and lithium mining influence flamingo abundance in the Lithium Triangle”, mostrano che nel Salar di Atacama in Cile, l'estrazione di litio è negativamente correlata con l'abbondanza delle due specie endemiche. Anche se i fenicotteri cileni non sono stati influenzati, forse perché la loro popolazione è la più ampia a livello globale e più dislocata, quelli di James e andini sono diminuiti di circa 10 e il 12%, rispettivamente, in soli 11 anni (Gutiérrez JS 2022).

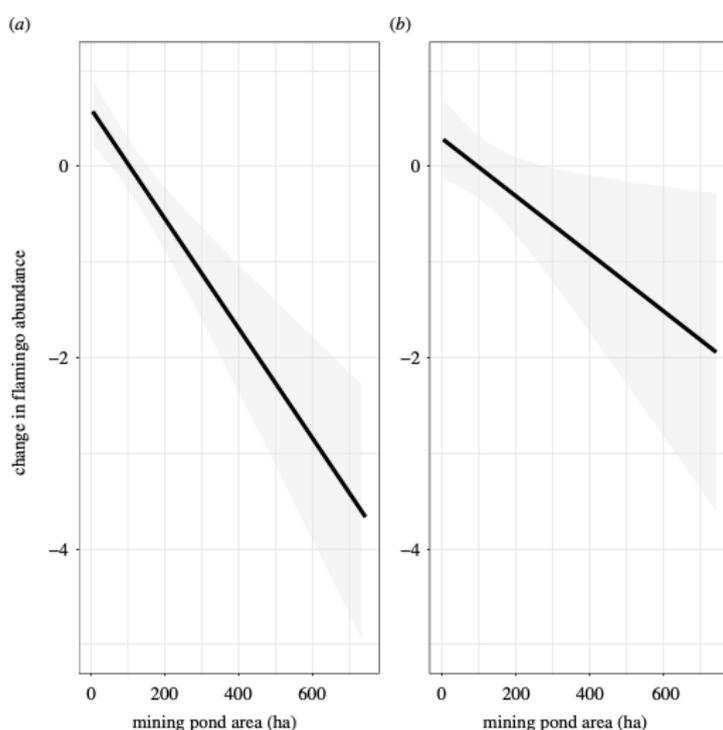


Figura 29 - Andamento dell'abbondanza di fenicotteri nelle aree stagnanti della specie di fenicotteri andini (a) e fenicotteri di James (b).

FONTI: Gutiérrez JS, Moore JN, Donnelly JP, Dorador C, Navedo JG, Senner NR. 2022 Climate change and lithium mining influence flamingo abundance in the Lithium Triangle

Secondo lo studio in questione potrebbe esserci ancora tempo per evitare una drastica riduzione della popolazione di fenicotteri, perché l'estrazione mineraria di litio in Cile è ancora in gran parte limitata al Salar de Atacama. Il governo cileno, nel Piano Nazionale della protezione delle zone umide 2018–2022 ha raccomandato di evitare l'estrazione nel Salar de Huasco per la protezione a lungo termine dell'ecosistema. Incoerentemente, però, ha anche annunciato che farà aprire una gara per l'esplorazione e la produzione aggiuntiva di 400 000 tonnellate di litio metallico al di fuori del Salar de Atacama (Gutiérrez JS 2022). Inoltre, l'estrazione di litio si sta espandendo ad altre porzioni del Triangolo del Litio,

compreso il Salar de Uyuni, dove c'è un'importante area di riproduzione di fenicotteri in Bolivia. Pertanto, per sostenere le popolazioni di fenicotteri a lungo termine, sono necessari sforzi transnazionali per rallentare la diffusione dell'estrazione del litio, per migliorare la conservazione delle acque sotterranee e ridurre al minimo altre forme di disturbo antropico. La questione dell'estrazione mineraria di litio è un contraddittorio, perché si crea tensione tra la domanda di tecnologie verdi e gli effetti che la loro produzione ha sugli ecosistemi e le economie locali. Infatti, un detto popolare diffuso tra la comunità del "Triangolo del litio", dice che "la miniera è pane per oggi, ma fame per domani" (Fornillo 2015). In conclusione, ad oggi non esiste una prospettiva di estrazione del litio sostenibile, perché per definizione la miniera distrugge la natura e l'ambiente, condanna le popolazioni al conflitto e la mancata regolamentazione non permette di raccogliere le istanze dei destinatari degli effetti negativi di questa attività.

3.4. Politica di riciclo e di riuso dell'Unione Europea

In questo scenario l'Unione Europea si colloca in una posizione provinciale e non è protagonista del commercio di terre rare, ma anzi è totalmente dipendente dall'import cinese, più precisamente il 98% della fornitura UE di terre rare arriva dalla Cina. Con questa premessa l'Unione Europea e tutti i Paesi industriali al di fuori della Cina hanno preso in considerazione il riciclo come alternativa per fronteggiare la scarsità di terre rare e per colmare l'eventuale interruzione di accessibilità ai rifornimenti delle risorse.

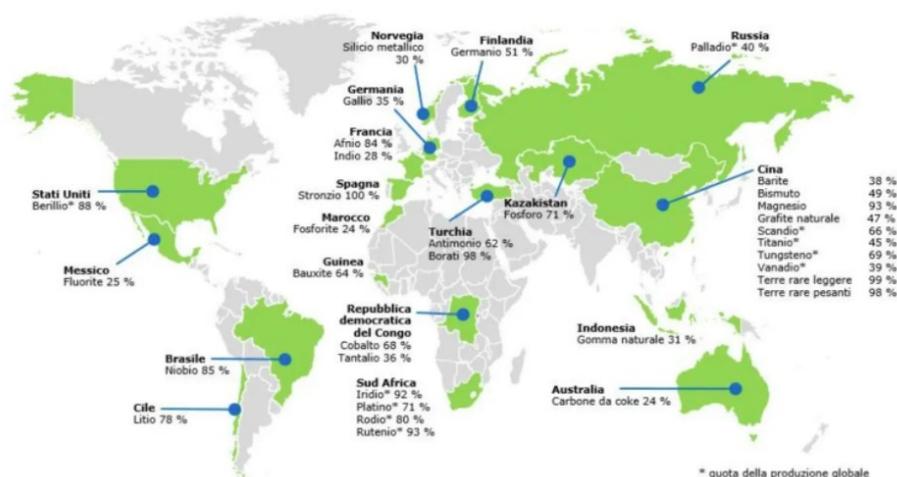


Figura 30 - Principali paesi fornitori di materie prime critiche all'UE

FONTE: Relazione della Commissione europea sulla valutazione della criticità per il 2020

Il 24 novembre del 2021, su spinta di una comunicazione della Commissione europea mandata un anno prima, chiamata "Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità", il Parlamento europeo ha definito la "

Strategia europea per le materie prime critiche”. Con questa risoluzione, l’Unione europea ha posto l’accento sugli ambiti di intervento per limitare la scarsità di approvvigionamento di metalli critici. Nello specifico per l’UE è importante agire sul riciclo, partendo dal modo in cui si raccolgono, si separano e poi si riciclano gli oggetti che contengono materiali critici. Il Parlamento europeo ha pensato ad un meccanismo premiante di cauzione-rimborso nella legislazione dei rifiuti dell’UE, in modo da incentivare i consumatori a portare le loro apparecchiature elettriche ed elettroniche inutilizzate in specifici centri di raccolta. Secondo l’UE, il settore dell’economia circolare potrebbe portare all’incirca 700.000 nuovi posti di lavoro tra i Paesi membri dell’Unione (Parlamento europeo, 2021). Un altro fronte dell’azione strategica europea è la diversificazione della catena di approvvigionamento, attraverso il rafforzamento di partenariati con gli attori dei bacini minerari, in particolare con l’Africa, portando avanti una logica di sostenibilità dal punto di vista etico, ambientale e tecnologico. La Commissione ha richiesto all’OMC la possibilità di avviare un dialogo con l’Africa per garantire accordi di libero scambio, tenendo presente il vincolo di divieto per cui non è ammessa “l’importazione di materie prime critiche connesse a gravi violazioni dei diritti umani e dei diritti dei lavoratori, come il lavoro forzato o il lavoro minorile”(Parlamento europeo, 2021). L’intento di cooperazione non si limita solo all’Africa, ma anche agli altri principali fornitori internazionali, tra cui i Paesi dei Balcani Occidentali, dell’Europa orientale, dell’America latina e ovviamente della Cina. Inoltre, consapevole del fatto che il riciclo dei materiali non possa soddisfare la domanda interna di terre rare, l’UE vuole incrementare il finanziamento ad attività di ricerca, innovazione e sviluppo sia nel riciclaggio che nella ricerca di siti estrattivi nei Paesi europei. Infatti, l’UE ha individuato quattro progetti di estrazione di litio, che dovrebbero essere operativi tra il 2022 e il 2024 e dovrebbero soddisfare fino all’80% del fabbisogno di litio dell’UE nel settore delle batterie entro il 2025. Questi progetti, però, incontrano dei limiti di fattibilità, nel senso di rispetto della sostenibilità ambientale e della legislazione molto rigida dell’UE. Infatti, questi nuovi progetti devono essere attentamente valutati, al fine di ridurre al minimo l’impatto ambientale.

Nella direzione dell’autonomia strategica e della resilienza, il Parlamento europeo ha accolto la proposta della Commissione di istituire l’alleanza europea per le materie prime (o European Raw Materials Alliance -ERMA). L’ERMA opera per garantire un approvvigionamento di materiali critici stabile e l’alleanza ha il compito di riunire diversi stakeholder, rafforzando l’autonomia strategica dell’Unione, individuando ostacoli, sfide e opportunità d’azione e investimento in tutte le fasi della catena del valore delle materie prime critiche. Ad oggi, si sono unite ad ERMA 600 organizzazioni da 50 Paesi diversi e anche il Ministero dello Sviluppo economico italiano ha avviato un Tavolo Tecnico Materie Prime Critiche per rafforzare il coordinamento sul tema, potenziare la progettualità e contribuire alla creazione di condizioni normative e socioeconomiche che permettano un approvvigionamento sicuro

e sostenibile delle materie prime. Il lavoro di ERMA è ben organizzato e si divide in due linee di azione, una sul tema di consultazioni specifiche alle catene del valore e uno sulla ricerca di investimenti e della loro collocazione. La prima area si divide ulteriormente in due gruppi di lavoro, il primo sulle terre rare e materiali per motori a magneti permanenti, come quelli utilizzati negli impianti fotovoltaici e il secondo sulle materie prime per la produzione e lo stoccaggio di energia. Una delle 600 organizzazioni che operano in questo sistema di Alleanza è ENEA, l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Ad esempio, ENEA, perseguendo l'approccio "Life Cycle Thinking" promosso dall'UE, ha sviluppato, in Italia, il primo impianto pilota per il recupero di materiali preziosi dalle schede elettroniche di vecchi computer e cellulari. Si chiama ROMEO (Recovery Of METals by hydrOmetallurgy) che è in grado di estrarre fino al 95% di oro, argento, platino, palladio, rame, stagno e piombo. Con questa metodologia si riescono a trasformare i Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) in una preziosa fonte di materie prime. Secondo alcune stime di ENEA, dal trattamento di 1 tonnellata di schede elettroniche è possibile ricavare 129 kg di rame, 43 kg di stagno, 15 kg di piombo, 0.35 kg di argento e 0.24 kg di oro, per un valore complessivo di oltre 10 mila euro, al prezzo attuale di mercato. In linea con la Strategia europea per le materie critiche, l'obiettivo di ENEA è di trasferire all'industria questa tecnologia innovativa che può consentire al nostro Paese di ridurre le importazioni dall'estero di risorse strategiche (Fontana 2021). ENEA ha prodotto anche un interessante studio sullo sviluppo di un processo eco-sostenibile di recupero diretto di materiali da batterie al litio ione usate. Per recuperare materiali da batterie è fondamentale conoscere quanta disponibilità ci sarà, ma è molto complicato prevederlo perché non è ancora ben nota la durata di una batteria e quante di esse saranno rigenerate, riciclate e riutilizzate. Per rigenerazione s'intende il riutilizzo di batterie nei veicoli dopo la sostituzione di celle danneggiate all'interno di esse, per riutilizzo, il riuso della batteria, dopo eventuali riparazioni dei danni, mentre l'operazione di riciclo prevede che ogni cella della batteria sia smontata per il recupero dei materiali (ENEA 2015). Le prospettive di disponibilità di batterie esauste, visto il trend in aumento, rende il riciclo delle batterie necessario sia per le implicazioni ambientali sia per i legami economici, che stanno assumendo un ruolo sempre più strategico. Una previsione media di disponibilità di batterie esauste disponibili entro il 2050 prevede 3773 milioni i dispositivi disponibili, come mostrato nella figura 29 (ENEA 2015).

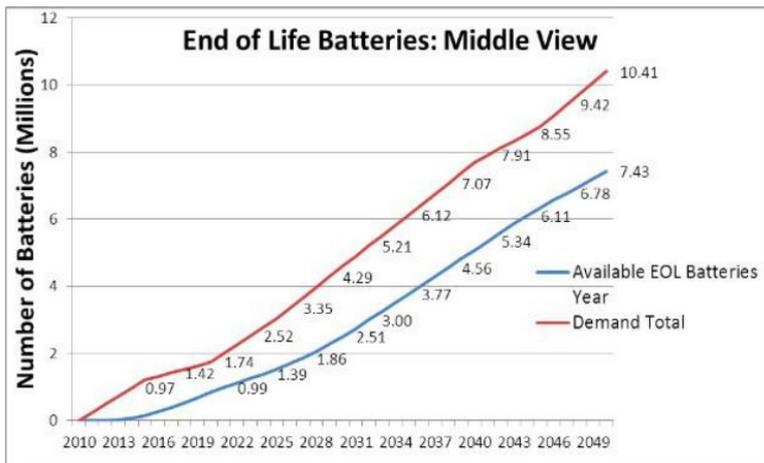


Figura 31 - Previsione media del numero di batterie esauste disponibili entro il 2050

FONTE: FOSTER, Meaghan et al. Feasibility assessment of remanufacturing, repurposing, and recycling of end of vehicle application lithium-ion batteries. Journal of Industrial Engineering and Management, PAGE 698-715

Questo dimostra come il ruolo di finanziamento dell'Unione europea in progetti di ricerca e sviluppo tecnologico sono fondamentali per rimediare agli assetti geopolitici attuali, che non permettono agli altri Stati, oltre la Cina, di concorrere alla vendita di prodotti realizzati da terre rare. All'interno del programma Horizon 2020, circa 600 milioni di euro di fondi sono destinati a studi e ricerche sulle materie prime. Il Programma H2020 è un programma di finanziamento creato dalla Commissione europea per promuovere e sostenere la ricerca, l'innovazione e lo sviluppo tecnologico nello spazio europeo della ricerca (ERA). Questo programma si è concluso nel 2020, ma è stato un esempio fondamentale per incrementare la ricerca e l'ideazione di nuove strategie di stoccaggio di materie prime, partendo dalle risorse disponibili. Qui di seguito sono elencati i progetti di ricerca finanziati dal programma H2020:

- GeoERA - Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe
- SMART GROUND SMART data collection and inteGRation platform to enhance availability and accessibility of data and infOrmation in the EU territory on SecoN-Dary Raw Materials
- SCRREEN Solutions for CRITICAL Raw materials - a European Expert Network
- MinFuture Global material flows and demand-supply forecasting for mineral strategies

Dell'ultimo progetto è partner e coordinatore ENEA, che ha studiato i materiali sostitutivi e i gap tecnologici nella produzione di materie secondarie. Questi progetti di ricerca hanno aiutato le istituzioni europee ad avere una base di analisi per identificare le azioni da

intraprendere per colmare le problematiche delineate. Infatti, la " Strategia europea per le materie prime critiche" interviene nell'ambito della diversificazione delle risorse e della miglior pratica di gestione, delle nuove esplorazioni per giacimenti sconosciuti o non totalmente sfruttati all'interno dell'Unione Europea, nell'ambito dello sviluppo di nuovi processi per l'estrazione e per il trattamento dei minerali e in quello dello sviluppo di tecnologie e procedure per il riciclo e nuovi processi per il recupero e la separazione dei materiali (Giovanni Di Girolamo 2018).

Considerazioni conclusive

Questo studio ha cercato di mettere in luce le problematiche di sostenibilità ambientale ed economica di un mercato sempre più in crescita vista la transizione energetica in avvio, con lo scopo di creare consapevolezza prima che sia troppo tardi e prima di optare per una soluzione non al massimo sostenibile, tra le possibili. La prima soluzione per evitare gli scenari catastrofici elencati, di cui già, purtroppo, conosciamo qualche assaggio è quella di produrre energia da fonti rinnovabili. Questa risposta appare troppo semplicistica e infatti, il percorso di questa tesi ha voluto dimostrare come anche la produzione di energia pulita non lo sia fino in fondo e quindi, per stare al passo con gli attuali sviluppi si può sostenere che una delle soluzioni più sostenibili tra le attuali, è l'implementazione di sistemi elettrici smart grids o multidirezionali. Nei sistemi smart grids il consumatore di energia diventa attore attivo, producendo esso stesso energia e scambiandola con altri fruitori, ad esempio attraverso l'installazione di impianti fotovoltaici e la produzione di energia da essi. Però, l'energia prodotta dal sole non è abbastanza e quindi, seguendo il modello di sistema multidirezionale è prevista una diversificazione delle fonti di produzione energetica, il che risulta anche realistico e fattibile in riferimento allo stato attuale delle cose. Però, per rendere efficace il sistema smart grids è necessario un forte coordinamento tra gli enti locali, quindi è su questo che bisogna insistere molto per vedere funzionante questo tipo di sistema. Inoltre, questo nuovo modello risponde anche alle esigenze di diversificazione degli approvvigionamenti, nell'ottica di ridurre sempre di più la dipendenza dalla Cina monopolista e quindi diminuire la minaccia di scarsità di materie prime. Per completare il quadro delle possibili soluzioni è importante anche l'impegno verso il finanziamento a progetti di ricerca sul riuso e sul riciclo di batterie, estendendo quindi il modus operandi dell'Unione Europea. È importante anche investire nella ricerca di nuovi siti estrattivi più vicini al luogo di produzione e in nuovi metodi estrattivi il più sostenibili possibili. A livello di geopolitica, la questione è molto più complessa e va a coincidere con sfide storiche riguardo la dipendenza economica. In un'ottica transnazionale e globale, sarebbe necessario, ad esempio, chiedere l'intervento di organismo internazionale per far fronte allo schiacciante monopolio cinese sul mercato delle terre rare, ad esempio attraverso una raccomandazione alla Cina da parte della WTO o elaborando una regolamentazione ad hoc sul commercio di terre rare, a protezione sia degli Stati che possiedono risorse sia a quelli che li commerciano. Fino a quando gli altri partner commerciali non dimostrano un sostanziale disaccordo e presa di posizione, rischiando di essere accondiscendenti e passivi al monopolio cinese sarà difficile cambiare l'assetto attuale. Senza volontà politica e mancanza di collaborazione non è possibile cambiare rotta.

Riferimenti bibliografici

- Altomonte, Daniele. 2013. «Ottimizzazione dei Sistemi Smart Grids ed Energy Harvesting nelle Smart Cities.» Tesi di dottorato, Roma.
- European Commission. 2020. «Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità.» Bruxelles.
- UN Climate Change Conference. 2015. «Paris 2015, COP 21.» Paris.
- Cook, Nuccitelli, A Green. 2013. «Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature.» IOPScience 8.
- Di Girolamo, Giovanni e Della Sala Dario. 2018. "Quadro attuale delle problematiche europee sulle materie prime critiche e azioni in corso". Spazio Aperto, ENEA
- ENEA. 2015. «Recupero di componenti da batterie al litio-ione esauste: processo eco-sostenibile e innovativo.»
- Commissione europea. 2018. «Raw materials scoreboard 2018.»
- European Commission. 2011. «AFFRONTARE LE SFIDE RELATIVE AI MERCATI DEI PRODOTTI DI BASE E ALLE MATERIE PRIME .» Bruxelles.
- Parlamento europeo. 2021. «Strategia europea per le materie critiche.»
- Fontana, Federica Forte e Danilo. 2021. «Ma quali rifiuti! I nostri vecchi computer sono una vera e propria miniera.» Focus ENEA.
- Fornillo, Bruno. 2015. Geopolitica del Litio Industria, Ciencia y Energía en Argentina. Buenos Aires: Editorial El Coletivo.
- Gao, Tao, Miao. 2019. «A Global Data Set for Economic Losses of Extreme Hydrological Events During 1960-2014.» Water Resources Research 11.
- Giorgi, Umberto di. 1975. Quaderni Storici, TEORIE DELLA DIPENDENZA E PROCESSI D'INDUSTRIALIZZAZIONE IN AMERICA LATINA. Il Mulino SPA.
- Gutiérrez JS, Moore JN, Donnelly JP, Dorador C, Navedo JG, Senner NR. 2022. «Climate change and lithium mining influence flamingo abundance in the Lithium Triangle.»
- Humphries, Marc. 2013. «Rare Earth Elements: The Global Supply Chain.»
- Hurst, Cindy. 2010. «The Rare Earth Dilemma: China's Rare Earth Environmental and Safety Nightmare.» The cutting Edge.
- IEA. 2021. «The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions.»
- Amnesty International. 2016. This is what we die for. United Kingdom: Amnesty International.
- IPCC. 2018. «IPCC Summary for policy maker.»
- Judith L. Lean, David H. Rind. 2008. « How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006. .» Geophysical Research Letters, Volume 35, Issue 18.

- Kalantzakos, Sophia. 2021. Terre rare. La Cina e la geopolitica dei minerali strategici. Milano : Università Bocconi Editore.
- Lu, Zahng. 2015. Did China's rare earth export policies work? — Empirical evidence from USA and Japan. *Resources Policy* .
- LUISS, Osservatorio sulla Sicurezza Internazionale. 2021. «Le relazioni tra Cina e Rep. Dem. del Congo, gli ultimi sviluppi.» Roma .
- Mahmud, Shahjadi Hisan FarjanaNazmul HudaM.A. Parvez. 2019. «Life cycle assessment of cobalt extraction process.» *Journal of Sustainable Mining*.
- Mary T. Kalin Arroyo, Francisco A. Squeo, Juan J. Armesto and Carolina Villagran. 1988. «Effects of Aridity on Plant Diversity in the Northern Chilean Andes: Results of a Natural Experiment.» *Annals of the Missouri Botanical Garden* Vol. 75.
- Mazzuca, Alberto. 2022. «Il triangolo del litio: peculiarità e problemi comuni dell'estrattivismo verde.» AMIStaDeS.
- Michael Oppenheimer, Bruce C. Glavovic. 2019. «IPCC Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities.»
- Michael Oppenheimer, Bruce C. Glavovic. 2019. «IPCC Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities.»
- Moccia, Andrea. 2021. Un tesoro al piano terra. La geologia che non ti aspetti. Cairo .
- Motus-E. 2020. Motus-E. <https://www.motus-e.org/tecnologia/le-batterie-litio-ione>.
- Pazik, P. M., Chmielewski, T., Glass, H. J., & Kowalczyk,. 2016. «World production and possible recovery of cobalt from the Kupferschiefer stratiform copper ore.» *E3S web of conferences* Volume 8 .
- Be.Pe., Bienaventurados los Pobres – 2019. «Minería Transnacional de litio en Lagunas Altoandinas de Catamarca Caso: Liex S.A.»
- REN21. 2017. RENEWABLES 2017 GLOBAL STATUS REPORT. PARIS: REN21 Secretaria. Secretariat, REN21. 2019. «Renewables 2019 Global Status Report.» Paris.
2019. «The European Green Deal .» Brussels.
- s.d. The Global Flood Database. <http://global-flood-database.cloudtostreet.ai/#interactive-map>.
- Tim DeVries, Mark Holzer, Francois Primeau. 2017. «Recent increase in oceanic carbon uptake driven by weaker upper-ocean overturning.» *Nature (Springer Nature)* 17.
- Tzu, Sun. VI-V secolo a.C. L'arte della guerra .
- USGS. 2021. «U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, .» Scientifico .
- Wenjuan Liu, Datu B. Agusdinata. 2020. «Interdependencies of lithium mining and communities sustainability in Salar de Atacama, Chile.» *Journal of Cleaner Production*.