

ASSE I – RICERCA, INNOVAZIONE E SVILUPPO
TECNOLOGICO del PO FESR 2014-2020- Azione 1B.1.2.1

PROGETTO MOBAS 4.0

Mobilità sostenibile in Basilicata 4.0

Work Package 6

**“GESTIONE INTEGRATA DELLE BATTERIE DEI VEICOLI
ELETTRICI SECONDO I PARADIGMI DELL’ECONOMIA
CIRCOLARE”**

Deliverable 6.6

“REPORT SU BEST PRACTICES”

Stato di avanzamento n. 2 dal 01/01/2023 al 31/12/2023

Data	Redazione a cura di:	Persona di contatto per il progetto:
29/12/2023	UNIBAS - Università della Basilicata Altri partner: TRAIN, consulenti esterni (INSTM-GISEL)	Mario Zagaria COM SCPA E-mail: mario.zagaria@com-scpa.it telefono: 0972 460130

INTRODUZIONE

In questo report si intende definire esperienze di riferimento (best practices) da utilizzare per lo sviluppo di azioni mirate per il potenziamento delle politiche e attività a supporto della modalità sostenibile

Nell'UE, l'unica tecnologia di riciclaggio per il recupero del litio su scala industriale è la pirolisi, in cui il litio rimane nella scoria e i costi per il suo recupero sono superiori ai costi di estrazione dai depositi minerali. La qualità dei materiali recuperati dai processi di riciclaggio delle batterie è determinante per la loro utilizzazione. Nei casi in cui, ad esempio, il litio viene recuperato, il suo grado di purezza non è sufficiente per essere utilizzato nelle batterie. Infatti, viene utilizzato in altri settori come la produzione di ceramica, vetro e leghe. Lo stesso accade, sebbene in misura minore, con gli altri metalli come il cobalto o il nichel. Il nichel e il manganese recuperati dalle batterie vengono spesso utilizzati per altre applicazioni in un ciclo aperto, ad esempio nelle leghe d'acciaio, e quindi non vengono utilizzati per nuove batterie. Il cobalto recuperato dalle batterie, invece, è per lo più ha un grado di purezza tale da essere utilizzato per nuove batterie. La grafite è spesso utilizzata in processi pirometallurgici come agente riducente e non esiste un processo consolidato nell'UE per recuperarla come materiale anodico.

La domanda di queste sostanze provenienti dai settori al di fuori delle batterie crescerà tuttavia a un ritmo molto inferiore rispetto alla domanda delle batterie stesse. Pertanto, quando le batterie EV esauste inizieranno a diventare disponibili per il riciclaggio (dopo il 2035), l'offerta di materiali riciclati supererà la domanda dai settori diversi dalla produzione di batterie. D'altra parte, al momento, i materiali secondari provenienti dal riciclaggio delle batterie usate possono andare a sostituire solo una quantità relativamente piccola delle materie prime utilizzate e, in un contesto in cui la domanda totale continua a crescere, la produzione di materie prime dovrà per forza di cose aumentare notevolmente per soddisfare la domanda. Dunque si rende necessario rendere disponibili su larga scala metodi di recupero sostenibili di materiali da batterie esauste da destinare alla produzione di nuove batterie.

1. CONFRONTO FRA I PROCESSI DI RICICLO

I processi di natura fisica sono l'approccio più semplice per recuperare la componente di valore delle batterie litio ione, ovvero la black mass, che per essere sfruttata richiede comunque ulteriori processi di tipo pirometallurgico o idrometallurgico. I processi di natura fisica per quanto fondamentali per la successiva implementazione dei processi idrometallurgici o di riciclo diretto non possono essere considerati dei processi completi di riciclo ma hanno sicuramente costituito un approccio semplificato per ottenere black mass e rottami metallici da alimentare insieme a risorse primarie convenzionali ai processi di produzione metallurgici. Oggi questi processi riacquistano particolare interesse soprattutto in relazione al riciclo diretto in cui è fondamentale recuperare la black mass in modo selettivo rispetto alle altre componenti metalliche e carboniose per garantire l'efficienza delle operazioni di rigenerazione di catodo e anodo e quindi le prestazioni elettrochimiche delle batterie nuove.

I processi pirometallurgici che storicamente hanno trattato per primi le batterie a fine vita non richiedono il pretrattamento fisico per il recupero della black mass potendo trattare direttamente le batterie integre, né processi di sorting rispetto al formato e alla chimica essendo molto flessibili rispetto alla composizione in ingresso delle materie prime che possono essere trattate in impianti di alta potenzialità con recuperi efficienti dei metalli nobili quali cobalto, nichel e rame. Di contro i processi pirometallurgici, essendo sostenibili solo in larga scala, richiedono ingenti costi di investimento e elevati costi operativi associati agli alti consumi energetici (che determinano quindi alti impatti ambientali associati all'utilizzo di fonti fossili) e agli alti costi di trattamento dei gas emessi. I processi pirometallurgici inoltre non consentono di recuperare tutti i componenti essendo bruciate la grafite e i solventi elettrolitici ed essendo scorificati alluminio, manganese e litio che, a valle di questa trasformazione, non sono recuperabili in modo sostenibile a livello economico. Ulteriore svantaggio per il comparto produttivo delle batterie è che la lega metallica prodotta non è idonea all'utilizzo diretto per la produzione di catodi: i metalli devono essere separati attraverso metodologie idrometallurgiche e quindi usati nella forma di sali per produrre precursori catodici. Alcune evoluzioni dei processi pirometallurgici mirano al recupero del litio effettuando un arrostitimento sottovuoto o assistito da sali sulla black mass prima dello smelting o sulla scoria dello smelting: tali processi non sono al momento implementati su scala industriale ma solo validati in scala pilota da un punto di vista tecnico.

I processi idrometallurgici sono effettuati sulla black mass recuperata dai processi fisici che costituiscono quindi un passaggio necessario; anche la suddivisione delle batterie sulla base della loro tipologia chimica è un'operazione che semplifica la gestione del processo ottimizzato sulla base di una composizione in ingresso prestabilita. I processi idrometallurgici possono consentire il riciclo integrale di tutte le componenti delle batterie sia catodiche che anodiche (l'anodo rimane come residuo del leaching) e si possono ottenere direttamente i precursori dei materiali catodici nelle strategie più innovative di re-sintesi in cui la separazione dei diversi metalli mediante precipitazione ed estrazione con solvente è evitata e si procede, previa purificazione dalle impurezze metalliche, alla coprecipitazione di un precursore misto NMC (Nichel Manganese Cobalto Ossido) con stechiometria aggiustata secondo l'alimentazione del processo e le richieste del mercato. I costi operativi associati ai consumi energetici (e quindi gli impatti ambientali) sono inferiori rispetto a quelli dei processi pirometallurgici ma, aumentando il numero di operazioni di downstream per la separazione dei metalli, aumentano i reattivi consumati e i reflui prodotti e quindi i costi relativi di trattamento.

I processi di riciclo diretto sono l'ultima frontiera del riciclo delle batterie litio ione che punta a ridurre estremamente i trattamenti della black mass per riottenere materiali catodici e anodici direttamente utilizzabili per la produzione di nuove batterie. In questi processi diventa fondamentale l'operazione di sorting delle batterie rispetto alla chimica e le operazioni fisiche di separazione e raffinazione della black mass per eliminare componenti carboniose differenti dalla grafite e componenti metalliche dei portacorrente e dell'involucro esterno. Le metodologie di separazione dei componenti elettrodici e di rigenerazione sono al momento implementate pressoché in scala laboratorio e quindi mancano elementi per la valutazione della fattibilità tecnica ed economica del riciclo diretto.

In Figura 1.1 vi è un confronto tra i processi sopra descritti in termini di differenti parametri, mentre in Tabella 1.1 sono riassunti i vantaggi e gli svantaggi dei vari processi.

Confronto dei differenti processi di riciclo di batterie litio ione a fine vita

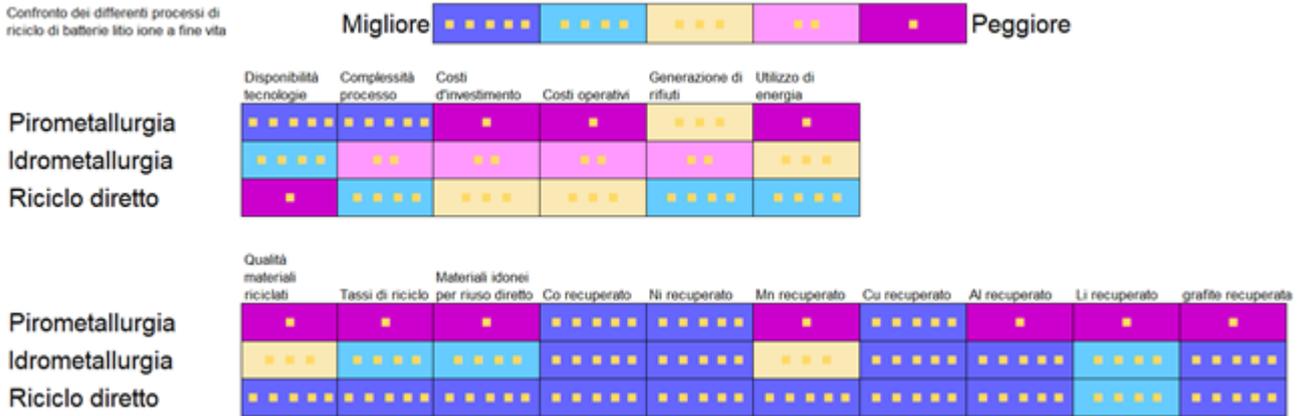


Figura 1.1. Confronto qualitativo dei differenti processi di riciclo in termini di caratteristiche dei processi e dei prodotti ottenuti.

I processi pirometallurgici sono quelli che sicuramente presentano la migliore disponibilità tecnologica (technology readiness) essendo già operanti in larga scala, mentre la capacità degli impianti idrometallurgici risulta ancora ridotta rispetto a quella dei pirometallurgici e, infine, i processi di riciclo diretto non hanno ancora impianti disponibili.

Sono state evidenziati in letteratura due casi di validazione in scala pilota del riciclo diretto per NMC [<https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00152>] e LFP [<https://doi.org/10.1039/C5GC02650D>] di cui solo il secondo al momento evidenzia caratteristiche compatibili per l'estensione di scala avendo ottenuto materiali con caratteristiche commerciali, utilizzando però un pretrattamento fisico la cui automazione sembra ancora limitata. Quindi non risultano al momento tecnologie di riciclo diretto efficaci in scala pilota per i materiali NMC che sono quelli più rilevanti per il comparto automobilistico.

Tabella 1.1. Principali vantaggi e svantaggi dei diversi processi di riciclo di batterie litio ione.

PROCESSO	VANTAGGI	SVANTAGGI
Pirometallurgico o	Versatile: applicabile a batterie di differenti formati e chimiche	Grafite, plastiche e elettroliti persi nella combustione
	Impianti per alte produttività	Litio, alluminio e manganese persi nella scoria
	Non necessita di sorting deattivazione e altri processi fisici di separazione	Alti costi energetici a cui sono associate alte emissioni di gas serra e quindi alti impatti ambientali
	Alto recupero di metalli nobili	Costosi trattamenti dei gas per evitare rilascio di sostanze tossiche nell'aria
	Procedura industriale nota e consolidata	Prodotti che richiedono ulteriori trattamenti idrometallurgici per poter essere utilizzati
Idrometallurgico o	Alti tassi di riciclo che possono potenzialmente includere tutti i componenti delle batterie inclusi grafite ed elettroliti	Necessità di effettuare il sorting delle batterie e processi fisici di separazione dei componenti
	Prodotti ad elevata purezza che in processi di re-sintesi sono direttamente i precursori dei materiali catodici	Capacità di trattamento disponibili con potenzialità limitata
	Bassi consumi energetici a cui sono associati basse emissioni di gas serra	Alti costi operativi legati alla complessità dei processi di downstream e quindi all'alto costo dell'impianto, dei reattivi e del trattamento di ingenti quantità di reflui
Riciclo diretto	Processo semplice	Necessità di sorting per selezionare il tipo di batteria per chimica
	Produzione diretta di materiali elettrodi	Necessità di pretrattamento fisico per ridurre sensibilmente le impurezze carboniose e metalliche
	Ridotti consumi energetici e di reattivi	Mancanza di impianti operanti in piena scala
	Ridotti impatti ambientali	

I processi pirometallurgici non includendo nessun pretrattamento fisico e consistendo essenzialmente in un altoforno convenzionale sono i processi più semplici, mentre gli idrometallurgici con i loro complessi schemi di separazione e purificazione (che del resto devono essere inclusi in parte anche a valle dei pirometallurgici) richiedono impianti più articolati ma potenzialmente semplificabili con i processi che includono la re-sintesi di precursori misti per coprecipitazione. I processi di riciclo diretto potenzialmente presentano procedure più semplici caratterizzate preferenzialmente da operazioni fisiche ma che, come visto al momento, non sono state ancora validate dal punto di vista tecnico in larga scala.

I costi d'investimento per l'acquisto dell'impianto sono alti per gli impianti pirometallurgici che operano necessariamente in larga scala e non sono sostenibili per basse potenzialità; i costi dei processi idrometallurgici sono paragonabili per la complessità degli schemi di separazione e recupero dei sali. I costi di investimento sono potenzialmente abbattuti nel riciclo diretto che utilizza un processo semplice essenzialmente fisico per ottenere materiali elettrodici attivi di elevato valore. I processi pirometallurgici hanno elevati consumi energetici rispetto ai processi idrometallurgici e di riciclo diretto, tuttavia considerando i costi operativi per unità di prodotto essendo gli impianti pirometallurgici di grande potenzialità questi risultano comparabili con quelli dei processi idrometallurgici (complessi e di scala più piccola). I processi di riciclo diretto sono potenzialmente i migliori in termini di generazione dei rifiuti la cui produzione peggiora per i processi pirometallurgici e ulteriormente per gli idrometallurgici con la produzione di larghi volumi di soluzioni acquose.

I consumi più elevati di energia si hanno per i processi pirometallurgici decrescenti per idrometallurgici e di riciclo diretto.

La qualità dei materiali riciclati è ottimale per il processo di riciclo diretto e peggiore per il riciclo pirometallurgico in cui si producono leghe da trattare ulteriormente; il riciclo idrometallurgico producendo precursori misti costituisce una situazione intermedia fra processi pirometallurgici e di riciclo diretto. I tassi di riciclo sono massimi per il riciclo diretto, minimi per il pirometallurgico e intermedi nel caso di processi idrometallurgici considerando che sia per quest'ultimi che per il riciclo diretto si recuperano tutti i rottami metallici di portacorrente e involucro esterno, gli elettroliti, la grafite e i metalli catodici incluso il litio. I metalli recuperati sono solo quelli nobili nel caso del pirometallurgico, mentre nel caso di riciclo diretto tutti i metalli e la grafite sono recuperati. I rottami e la grafite sono recuperati anche nel processo idrometallurgico in cui il manganese è recuperato preferenzialmente in processi di coprecipitazione.

Le differenze fra i vari processi di riciclo in termini di vantaggi e svantaggi discusse e semiquantificate precedentemente possono essere analizzate con maggior rigore mediante analisi sistematiche sui costi e sugli impatti ambientali ottenuti con metodologie quali la Life Cycle Cost (LCC) e la Life Cycle Analysis (LCA).

Queste analisi evidenziano che, prendendo come unità funzionale la produzione di 1 kg di materiale catodico del tipo NMC111, il riciclo diretto presenta un costo di produzione che è il 56% rispetto al costo di produzione da materie prime primarie. Inoltre, i valori di impatto su tutte le categorie analizzate sono inferiori nel caso del direct recycling rispetto ai processi di riciclo pirometallurgici e idrometallurgici [<https://doi.org/10.3390/recycling6020031>] (Figura 1.2).

In particolare, prendendo come scenario di riferimento la produzione di NMC da risorse primarie, i processi pirometallurgici di riciclo di batterie presentano l'83% di consumi energetici mentre il riciclo diretto ha un consumo energetico pari al 27% di quello per la produzione da primarie. Il consumo di

acqua associato ai processi idrometallurgici di riciclo di batterie è il 60% rispetto al processo da primarie, mentre il consumo di acqua con il riciclo diretto è stimato al 31% rispetto alle primarie. Le emissioni di gas climalteranti sono stimate fra 82 e 90% per i processi di riciclo idrometallurgici e pirometallurgici rispettivamente, mentre per il riciclo diretto questi scendono al 32% rispetto alla produzione da primarie. Infine, considerando la categoria di impatto in emissioni di SOx equivalenti i processi di riciclo idrometallurgici e pirometallurgici garantiscono riduzioni rispetto alla produzione da primarie di circa un ordine di grandezza (10-24%) mentre il riciclo diretto consente di scendere di 2 ordini di grandezza (1%) [https://doi.org/10.3390/recycling6020031].

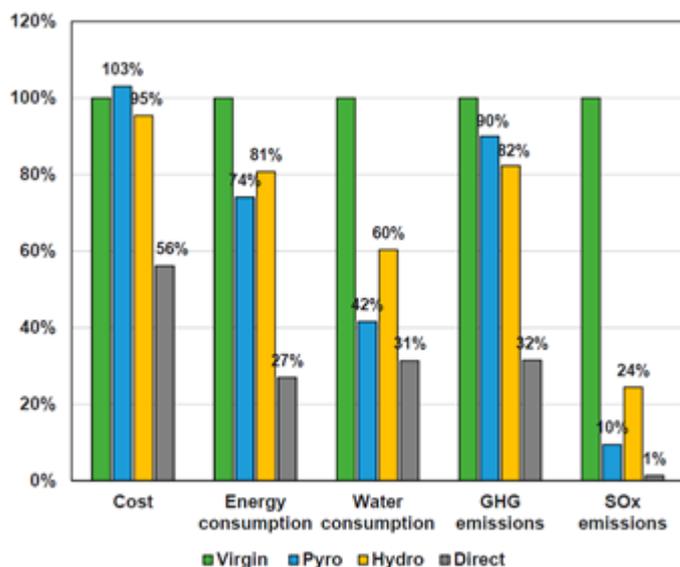


Figura 1.2. Costi e impatti ambientali correlate alla produzione di 1 kg NMC111 [https://doi.org/10.3390/recycling6020031].

E' da notare che questa di analisi soffre della mancanza di dati diretti riferiti ai processi e quindi ci sono molte incertezze e approssimazioni. Inoltre, come abbiamo visto, esistono diverse varianti di processi o tecnologie per ogni tipologia e al momento nessun processo o tecnologia di trattamento è stata identificata come BAT (Best Available Technology) e quindi non esistono BREF (Best reference technology) di riferimento. Questo vuol dire che il confronto fra le varie tipologie di processo è dipendente dal riferimento scelto ma il panorama è variegato e se lo smelting è il "riferimento" per i processi pirometallurgici, la via della coprecipitazione in ambito idrometallurgico è la più innovativa ma ancora non del tutto affermata. Quindi elaborazioni diverse con assunzioni o riferimenti diversi possono portare a risultati finali diversi.

Come esempio si riporta un'altra elaborazione in cui si confrontano in termini di costi, consumi energetici e impatti ambientali i processi di riciclo pirometallurgici, idrometallurgici e di riciclo diretto [https://doi.org/10.1021/acsestengg.1c00425].

In Figura 1.3 il confronto è stato effettuato considerando la produzione di diversi materiali catodici: in contrasto con l'analisi precedente i costi di produzione dei catodi associati ai processi idrometallurgici sono inferiori rispetto a quelli pirometallurgici, mentre gli impatti ambientali in termini di emissione di gas serra equivalenti sono confrontabili per processi pirometallurgici e idrometallurgici. I consumi energetici associati ai processi piro e idrometallurgici sono confrontabili

con l'analisi precedente. Anche in questo confronto è comunque evidente il vantaggio sostanziale del riciclo diretto come impatti ambientali.

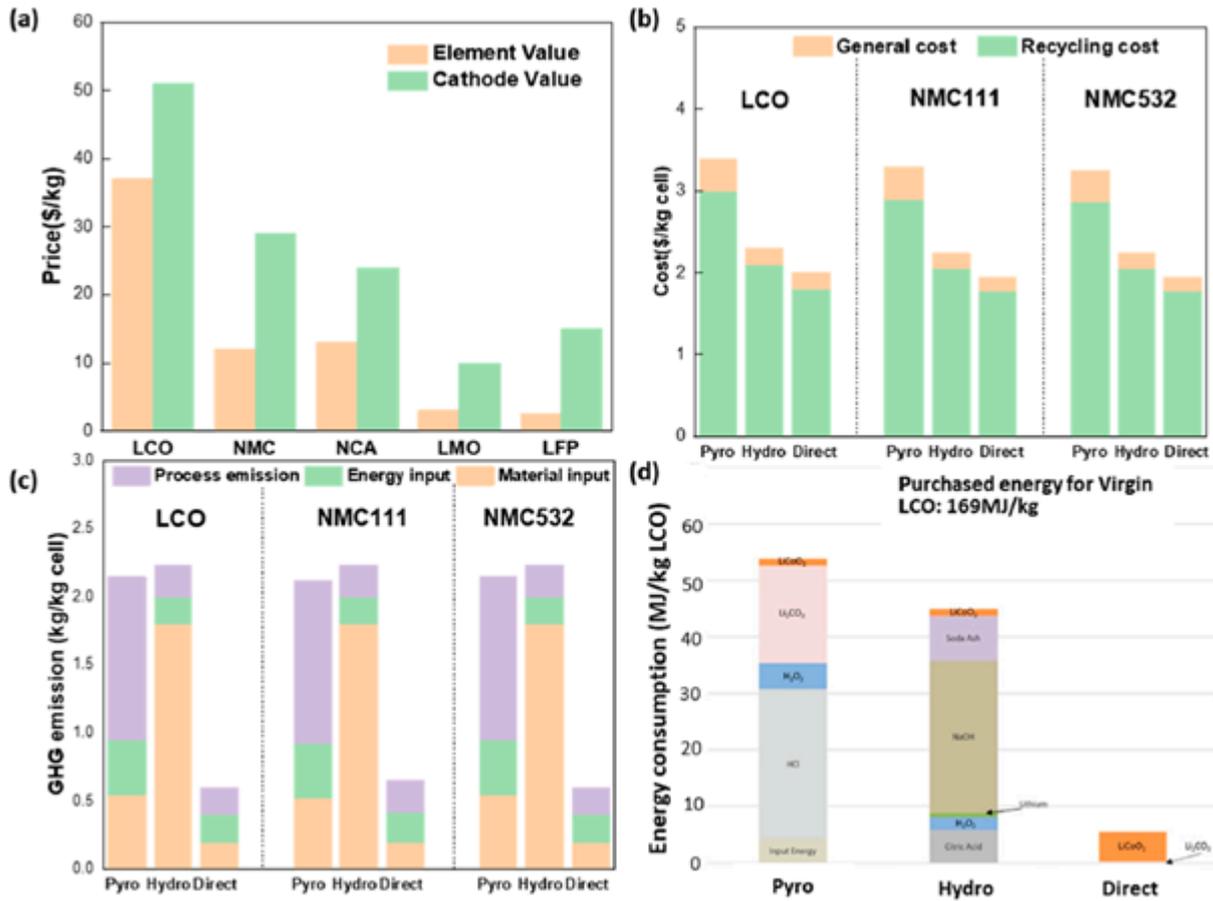


Figura 1.3. Costi e impatti ambientali relativi alla produzione di diversi materiali catodici mediante diversi processi di riciclo [https://doi.org/10.1021/acsestengg.1c00425]

La valutazione del costo di produzione è particolare perché influenzata dalla potenzialità dell'impianto per effetto dell'economia di scala e quindi il confronto di impianti con potenzialità tipicamente diverse presenta una problematica sostanziale. Infatti, i dati a disposizione per processi pirometallurgici sono riferiti ad impianti di alte potenzialità, quelli idrometallurgici a potenzialità medio basse e quelli dei processi di riciclo diretto sono desunti con elevati livelli di incertezza da dati di laboratorio. Va notato però che, nell'ottica di implementare con procedure di coprecipitazione, i processi idrometallurgici hanno ampio margine di diminuzione dei costi e, anche nel caso di riciclo diretto, l'idea generale di ridurre le operazioni di trattamento ed effettuare solo operazioni fisiche generalmente di basso costo lascia presagire che i costi di trattamento saranno inferiori di quelli dei processi alternativi.

Nella Tabella 2 si riporta una fotografia dei diversi impianti presenti a livello globale per il riciclo di batterie litio ione, la localizzazione, la potenzialità e la tipologia principale di processo di tipo fisico (F), pirometallurgico (P), idrometallurgico (H), idrometallurgico con re-sintesi (RS) e loro combinazioni (&). Nella tabella non sono censiti i processi di riciclo diretto che al momento sembrano portati avanti su scala pilota senza riscontro circa le potenzialità effettive.

Tabella 1.2. Principali processi di riciclo di batterie litio ione su scala globale.

AZIENDA	LUOGO	AREA	CAPACITA' (ton/y)	PROCES SO	Note	Riferimento
Umicore	Belgio	Europa	7000	P&H		https://doi.org/10.3390/batteries5040068
Accurec	Germania	Europa	5000	F&P&H		https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Glencore (Xtrata)	Norvegia	Europa	7000	P	anche NiMH	https://doi.org/10.3390/batteries5040068
Duesenfeld	Germania	Europa	2000	F	H in implementazione	https://www.duesenfeld.com/recycling_en.html
Akkuser	Finlandia	Europa	1000	F		Akkuser Patent US8979006
Recupyl Valibat	Francia	Europa	110	F&H	anche NiMH e NiCd	https://patents.google.com/patent/US7820317B2/en
SNAM	Francia	Europa	300	P		https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Erasteel Recycling	Francia	Europa	20000	P	principalmente altri tipi ma accettano LIB	https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Batrec Industries	Svizzera	Europa	200	F		https://doi.org/10.3390/batteries5040068
Euro Dieuze Industrie	Francia	Europa	200	F	Veolia	https://elibama.files.wordpress.com/2013/01/euro_dieuze_industrie.pdf
Saubermacher	Austria	Europa	10000	F	ha acquisito anche tedesca Redux	https://www.redux-recycling.com/de
Neometals	Germania	Europa	10000	F&H	in joint Venture con Primobius e SMS	https://www.neometals.com.au/business-units/core-divisions/lib/
Northvolt	Norvegia	Europa	8000	F&H	125000 nel 2030	https://northvolt.com/
Fortum	Finlandia	Europa	3000	F	H in 2023	https://www.fortum.com/
Stena	Svezia	Europa	10000	F&H		https://www.stenarecycling.com/
Retriev (Toxco)	USA+ Canada	Nord America	8500	F&H		https://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Fuels/Kelleher Final EV Battery Reuse and Recycling Report to API

AZIENDA	LUOGO	AREA	CAPACITA' ' (ton/y)	PROCES SO	Note	Riferimento
						18Sept2019 edits 18Dec2019.pdf.
Glencore (Xtrata)	Canada	Nord Americ a	7000	P	anche NiMH	https://doi.org/10.3390/batteries5040068
INMETCO	USA	Nord Americ a	6000	P	NiMH ma accettano LIB	https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.12.026
Ascend Element (Battery resourcers)	USA	Nord Americ a	1500	F&RS		https://doi.org/10.1007/978-3-319-70572-9
Li-Cycle	USA+ Canada	Nord Americ a	20000	F	altri 60000 in 2023	https://doi.org/10.1007/978-3-030-10386-6_29
American Manganese Inc	Canada	Nord Americ a	150	RS	M in implemen tazione e nel 2024 tratterà batterie da ITALVOLT	https://patents.google.com/patent/US10308523B1/en
Lithion Recycling	Canada	Nord Americ a	200	F&H	2000 nel 2023	https://patents.google.com/patent/US11508999B2/en
Sony Suminoto	Giappo ne	Asia	150	F&H		https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.039
Huzan BRUNP	Cina	Asia	30000	F&RS	anche NiMH e altri tipi	https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Shenzen Green Eco Manufacture Hi Tech	Cina	Asia	25000	F&H	anche NiMH	https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
SungEel Hi Tech	Corea del Sud	Asia	9000	F&H		https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Huayo Cobalt	Cina	Asia	65000	F&H		https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Highpower Internationa l	Cina	Asia	10000	F&P&H	anche NiMH	https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Guaanghua Sci Tech	Cina	Asia	10000	F&H		https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Tele Battery Recycling	Cina	Asia	3000	F&H	anche altri tipi	https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf

AZIENDA	LUOGO	AREA	CAPACITA' ' (ton/y)	PROCES SO	Note	Riferimento
Kobaz	Corea del Sud	Asia	800	F&P		https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Dowa Eco System	Giappone	Asia	1000	P&H		https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf
Nippon Recycle centre	Giappone	Asia	5000	P	anche altri tipi	https://accurec.de/wp-content/uploads/2021/04/Accurec-Comparative-study.pdf

La potenzialità cumulativa delle tre aree è significativamente diversa pari a circa 160.000 ton/y per l'Asia, 84.000 ton/y per l'Europa e 43.000 ton/y per l'America del Nord. L'analisi quantitativa dei risultati mette in evidenza che gli impianti asiatici in cui il comparto manifatturiero è consolidato hanno potenzialità maggiori rispetto a quelli del Nord America e dell'Europa dove la maggior parte degli impianti hanno potenzialità entro le 10000 ton/y (Figura 1.4 e Figura 1.5).

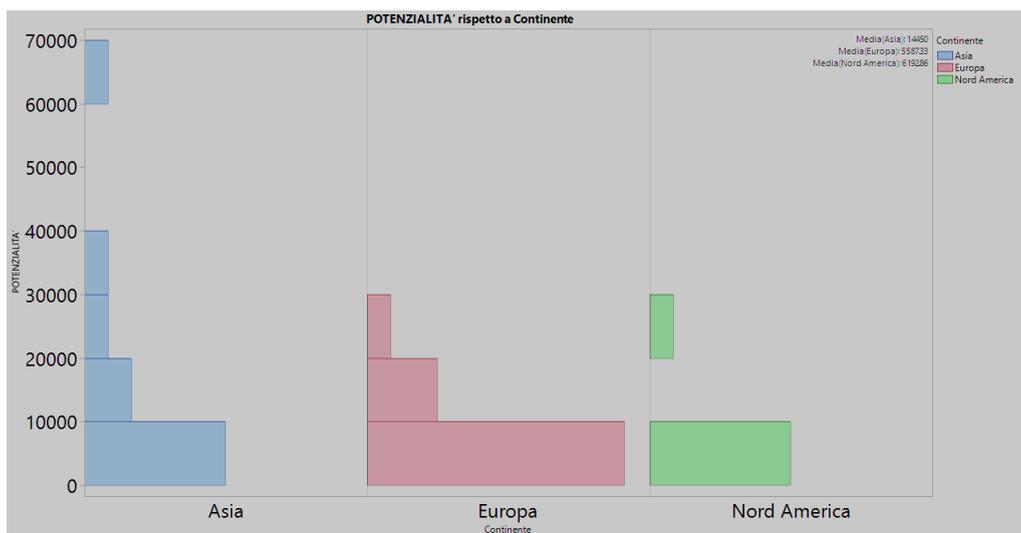


Figura 1.4. Distribuzione della potenzialità degli impianti operativi nel trattamento delle batterie litio a fine vita per area.

Guardando alla tipologia dei processi nei paesi asiatici sono più diffusi gli impianti che includono processi fisici seguiti da idrometallurgici, mentre in Europa predominano i processi fisici seguiti da fisici&idrometallurgici e poi i pirometallurgici.



Figura 1.5. Distribuzione del tipo di impianti operativi nel trattamento delle batterie litio ione a fine vita per area.

2. PROSPETTIVE INDUSTRIALI PER IL RICICLO DELLE BATTERIE LITIO IONE IN EUROPA E ITALIA

Il mercato delle batterie litio ione in Europa è previsto in rapida crescita prevalentemente per il passaggio, ormai stabilito, delle produzioni da auto a combustione interna ad auto elettriche (si prevede la richiesta di 2'300 GWh di batterie per automotive nel 2030), ma anche la transizione energetica e quindi il sempre maggior contributo di energie rinnovabili richiederà la realizzazione di confacenti sistemi di accumulo energetico (Figura 2.1).

Compared to today, global battery demand is expected to grow by a factor of ~14 to reach ~2,600 in 2030

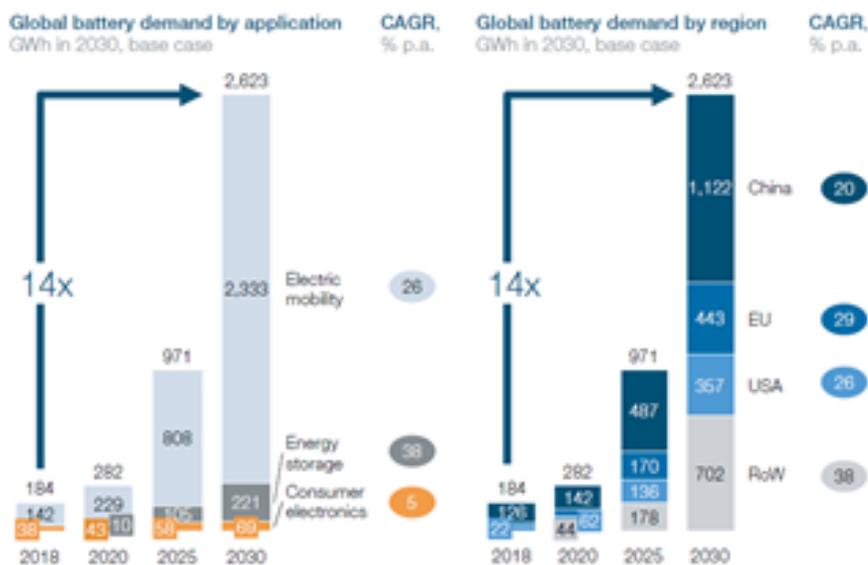


Figura 2.1. Situazione della produzione di batterie al 2018 e previsione [https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf]

L'Europa, attraverso iniziative quali la European Battery Alliance, ha promosso negli ultimi anni lo sviluppo di un tessuto di collaborazioni tra produttori e utilizzatori di batterie litio-ione necessario per la creazione di un comparto manifatturiero dedicato. Il settore è stato finora dominato a livello globale dai produttori asiatici, che, come abbiamo visto, hanno una posizione predominante in termini di potenzialità di riciclo rispetto all'Europa e al Nord America. Le attività dell'European Battery Alliance hanno come obiettivo la realizzazione di produzioni europee per contrastare il dominio asiatico e conquistare una fetta consistente di un mercato previsto in crescita esponenziale. I dati riportati in Figura 2.2 elaborati nel 2018 mostrano relativamente alle capacità di riciclo una proporzione allora schiacciante dei paesi asiatici su Europa e Nord America con una stima per il futuro assestata su simili proporzioni. Tuttavia, se le informazioni reperite rispetto alle capacità di riciclo degli impianti nel mondo, riportate in Tabella 1.2, non sottostimano le potenzialità asiatiche, la situazione si è evoluta in favore dei paesi occidentali più positivamente rispetto alle previsioni fatte. Infatti, rispetto ai dati 2020, abbiamo che il riciclo asiatico è controbilanciato dal riciclo occidentale (Nord America e Europa).

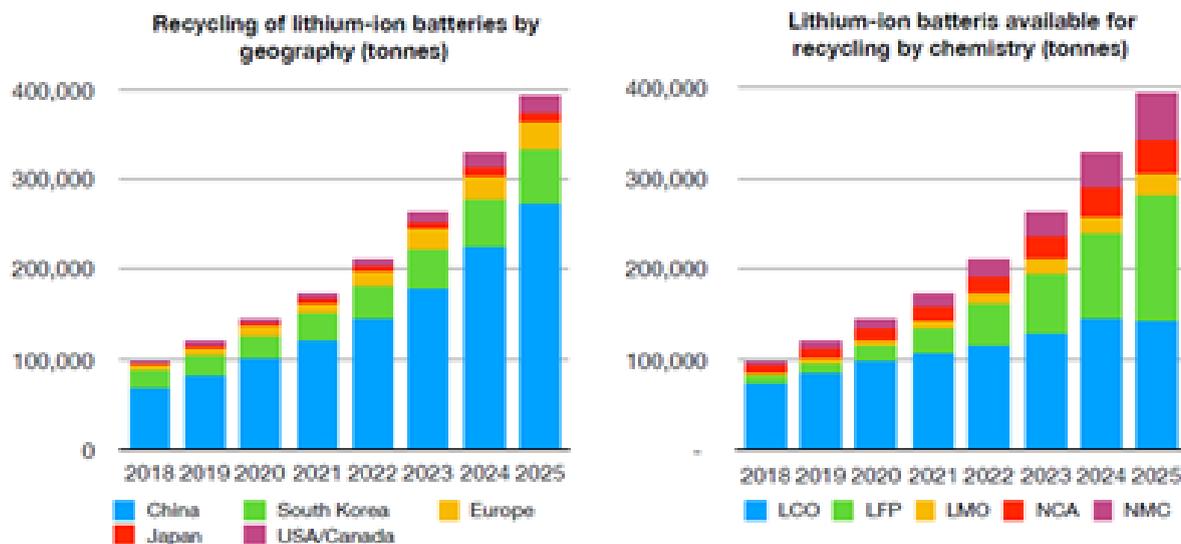


Figura 2.2. Situazione del riciclo di batterie al 2018 e previsione [https://www3.weforum.org/docs/GBA_EOL_baseline_Circular_Energy_Storage.pdf]

Proprio la concentrazione del settore manifatturiero in Asia e quindi la mancanza di un comparto produttivo in Europa hanno frenato in passato l'espansione su scala industriale in EU delle diverse iniziative di riciclo delle batterie mancando gli utilizzatori finali delle batterie.

Il ruolo predominante che i paesi europei mirano ad acquisire nella produzione di batterie ha cambiato in parte le regole del gioco sia per la presenza di utilizzatori finali, che dovranno reperire risorse critiche e strategiche di difficile approvvigionamento, sia per la necessità di impianti di riciclo in grado di trattare quelli che in gergo metallurgico sono chiamati in process scraps ovvero rifiuti del processo di produzione da recuperare direttamente nella linea di produzione.

I principali interessati allo sviluppo e implementazione di impianti di riciclo sembrano essere quindi proprio i produttori stessi di batterie, pertanto avere un comparto produttivo stimolerà ancora di più l'implementazione dei processi di riciclo.

Nei progetti dell'European Battery Alliance sono in programma, o già in costruzione, circa 40 impianti di produzione di celle di batterie distribuite in tutta Europa, in cui, oltre ai produttori europei, anche i produttori asiatici e americani contribuiranno alla realizzazione del comparto delle batterie europee [www.battery-atlas.eu]. Il contributo asiatico da parte di player già affermati nei propri Paesi, si concentrerà principalmente sulla produzione di celle, mentre i protagonisti europei, anche in forma di start-up innovative, sono coinvolti in collaborazioni e joint venture tra grandi produttori di automobili e produttori di celle.

In base alle attività di sviluppo pianificate l'Europa potrebbe raggiungere 1.300 GWh nel 2030 aumentando la capacità di produzione di un fattore 50 rispetto a quanto prodotto nel 2020 ovvero 25 GWh all'anno [www.battery-atlas.eu]. La maggior parte di questo incremento produttivo sarà coperto da operatori europei i cui progetti rappresentano circa 725 GWh delle attività pianificate. In confronto, le aziende asiatiche di produzione di celle stanno pianificando di installare 368 GWh e quelle americane 200 GWh [www.battery-atlas.eu] (Figura 2.3).

Le aziende europee di produzione di celle stanno pianificando progetti di produzione complessivamente più piccoli rispetto ai produttori asiatici e americani. Infatti i progetti di pianificazione delle aziende asiatiche e americane di produzione di celle si caratterizzano per un minor numero ma progetti di maggiore portata. Circa 25 dei 40 progetti di pianificazione in Europa sono attribuibili a operatori europei, nove ad operatori asiatici e uno ad operatori americani.

I tre paesi in cui vengono costruite fabbriche di produzione di celle delle batterie sono la Germania con 462 GWh, seguita dal Regno Unito con 135 GWh e dalla Norvegia con 125 GWh. Altre attività sono pianificate in Italia, Francia, Ungheria, Spagna, Polonia, Serbia e Slovacchia [www.battery-atlas.eu].

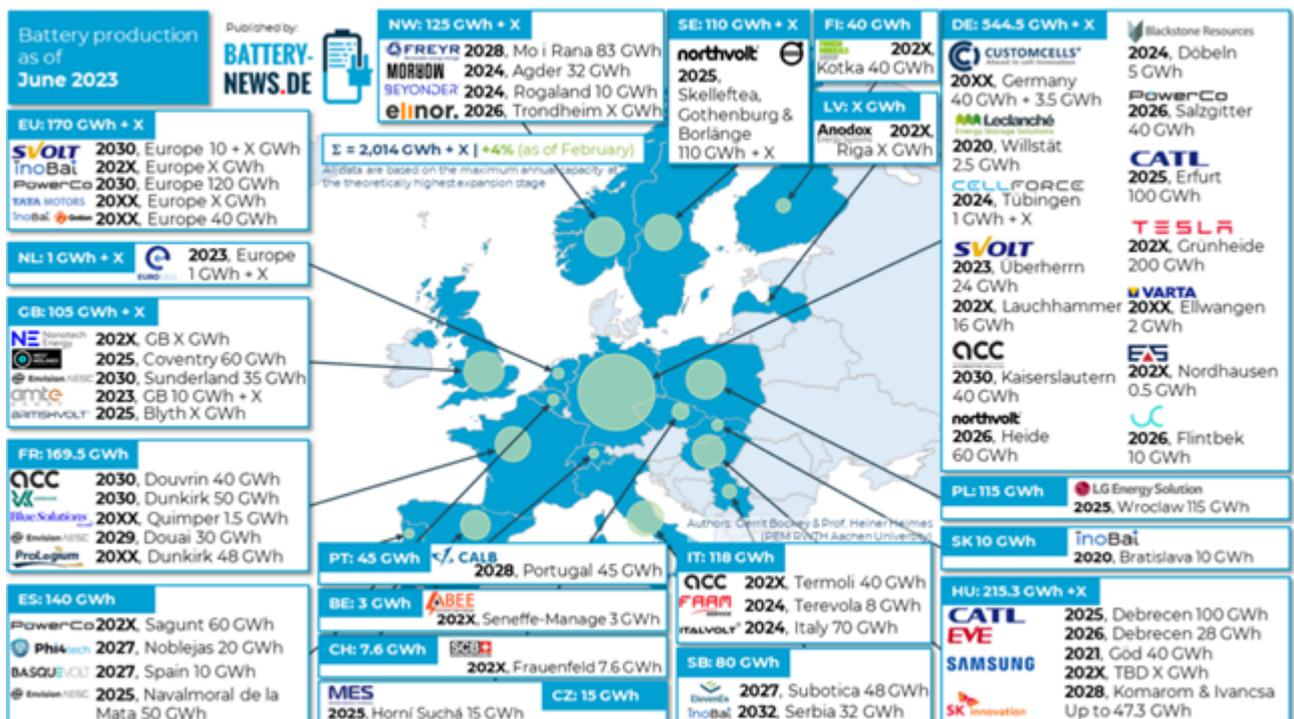


Figura 2.3. Localizzazione e potenzialità degli impianti di produzione di batterie in EU [https://battery-news.de/en/battery-atlas-europe/]

L'obiettivo di queste nuove fabbriche di produzione di celle per batterie è ridurre ulteriormente i costi di produzione e quindi i costi delle celle per migliorare la competitività del veicolo elettrico rispetto al motore a combustione interna e stare al passo con i competitori asiatici. Fattori importanti da ottimizzare saranno la riduzione degli scarti del processo di produzione, il miglioramento dei materiali ad alta energia (ad esempio, materiale catodico ricco di nichel) e la riduzione delle emissioni di CO₂ nel processo di produzione, avvalendosi dell'elevato livello tecnologico che contraddistingue i paesi europei e di strumenti di digitalizzazione innovativi.

La realizzazione di questi piani di sviluppo deve affrontare alcune sfide quali: (a) la limitata disponibilità di tecnologie di produzione su scala di gigafactory (ovvero fabbriche che producono una capacità annuale superiore ad 1 GWh), (b) le normative ambientali dell'UE da rispettare, compreso l'uso di fonti di energia a basse emissioni di carbonio e standard di produzione sostenibili in accordo con i limiti di impronta di carbonio che saranno fissati nell'attuazione della nuova regolamentazione sulle batterie, (c) la fornitura a lungo termine di materie prime in Europa.

Relativamente a questo ultimo punto una delle linee di azione, come visto, prevedere di sviluppare accanto al comparto manifatturiero anche quello industriale del riciclo di batterie a fine vita per il riciclo di materie prime secondarie da rialimentare al comparto manifatturiero.

In Figura 2.4 sono riportati gli impianti previsti o già installati in Europa per il riciclo di batterie litio-ione.

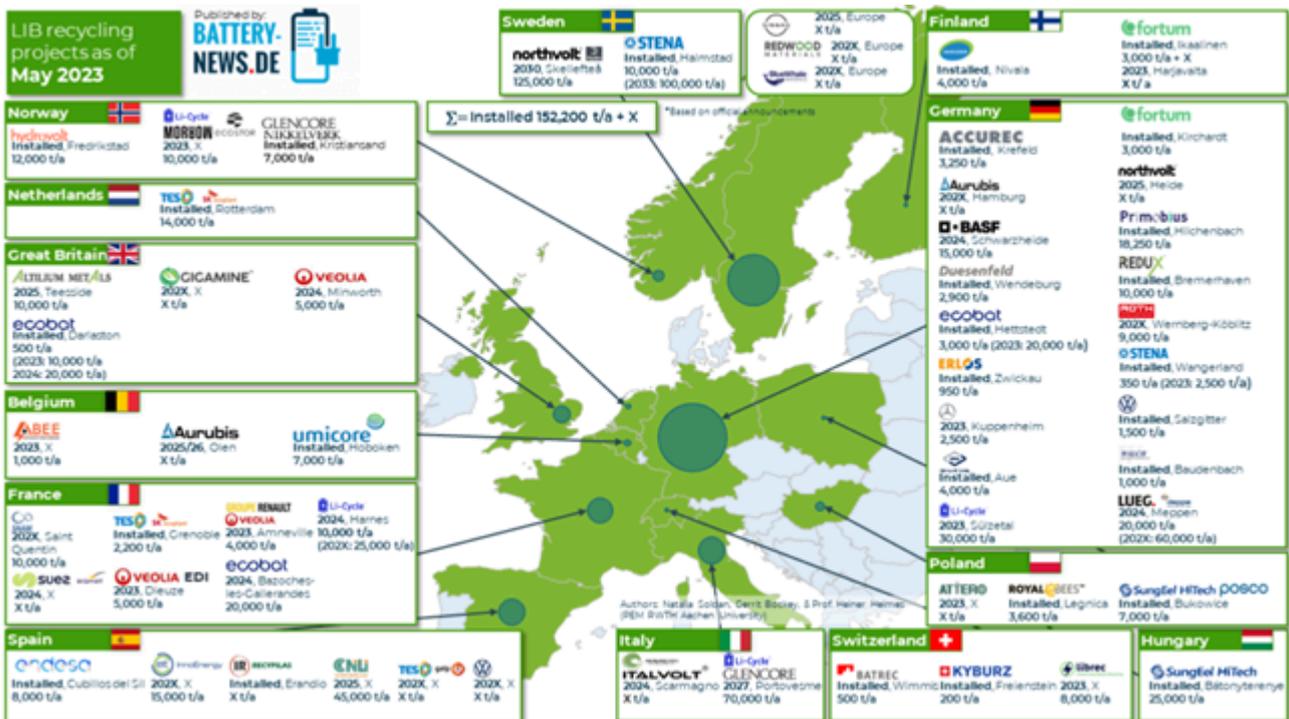


Figura 2.4. Localizzazione e potenzialità degli impianti di riciclo di batterie in EU [https://battery-news.de/en/battery-atlas-europe/]

Progetto Mobas 4.0

D6.6. Report su best practices

La crescita della potenzialità dei sistemi di riciclo di batterie, come detto, sarà trainata e utilizzata dalle imprese che desiderano sfruttare le nuove esigenze di mercato. Si prevede che la maggior parte delle fabbriche di riciclo di batterie sarà costruita vicino alle industrie automobilistiche europee per facilitare l'accesso al trasporto dei materiali di scarto di produzione. Pertanto, ci sarà un aumento delle strutture di riciclaggio delle batterie in paesi come la Germania, che attualmente ha il più alto numero di impianti di riciclo delle batterie, come mostrato nella mappa. Anche i paesi nordici sono un punto focale per i centri di riciclo, poiché la Svezia attualmente è in testa, e questi paesi hanno il vantaggio di mantenere l'accesso a energie rinnovabili economiche e risorse minerarie, avendo da sempre promosso processi integrati pirometallurgici di trattamento di materie prime primarie e secondarie. Negli anni a venire la Germania produrrà il secondo maggior totale di batterie riciclate. L'Ungheria si piazza al terzo posto, riciclando 50.000 tonnellate/anno di batterie. La Svezia è in cima alla lista con 135.000 tonnellate/anno di batterie riciclate. Anche se la Germania possiede il maggior numero di impianti di riciclaggio delle batterie, produce solo il terzo maggior totale di batterie riciclate. Ai margini inferiori della scala ci sono nazioni come la Svizzera e la Finlandia. Tuttavia, è importante sottolineare che ci sono alcune lacune nei dati, poiché il numero di batterie riciclate in nazioni come Spagna e Italia rimane poco chiaro.

In Italia, in particolare, si è reperita informazione circa la possibilità di realizzare 5 impianti per il riciclo di batterie litio-ione in cui sono coinvolte le seguenti società:

- Italtolt (azienda sorella di Britishvolt di Lars Carlstrom): dovrebbe realizzare un impianto entro il 2024 a Termini Imerese (<https://www.italvolt.com/it/mobilita-elettrica-svelato-il-piano-di-italvolt-e-del-politecnico-di-milano-per-la-riqualificazione-della-forza-lavoro-nel-settore-automotive/>)

- MIDAC: in collaborazione con ENEL è responsabile del progetto Europeo IPCEI, Important Project of Common European Interest per lo sviluppo di un processo e la realizzazione di un impianto di riciclo di batterie litio ione (<https://www.mimit.gov.it/it/notizie-stampa/ipcei-batterie-da-fondo-mise-37-5-milioni-per-midac>)

- Stellantis: dovrebbe realizzare a Termoli un impianto di riciclo ma non prima del 2026 (<https://www.stellantis.com/it/news/comunicati-stampa/2022/marzo/stellantis-conferma-il-suo-impegno-in-italia-con-l-investimento-di-automotive-cells-company-acc-per-lo-stabilimento-di-batterie>)

- FAAM: ha realizzato la prima gigafactory italiana di batterie litio ione in Italia a Teverola e sta valutando la possibilità di costruire un impianto di riciclo (<https://faam.com/il-modello-teverola/>)

- Li-Cycle-Glencore: joint venture che ha dichiarato di voler costruire un impianto di riciclo delle batterie litio ione nell'area industriale di Portovesme (https://www.ansa.it/sito/notizie/economia/business_wire/2023/09/18/li-cycle-and-glencore-accelerat-e-operational-plans-for-european-recycling-hub_9947062f-6126-4fba-92d6-f1e15c4d7fdd.html)

Da quanto visto si prevede quindi una crescita della potenzialità di riciclo correlata alla crescita del comparto produttivo delle batterie. I governi nazionali stanno investendo pesantemente in impianti di riciclo per aumentare la loro capacità di trattamento. Si prevede che tutte le fabbriche in Europa

raggiungeranno una capacità di riciclaggio annuale di oltre 1.100 GWh entro il 2030 [www.battery-atlas.eu], quando saranno raggiunti i livelli di completa espansione. Tuttavia, attualmente c'è una capacità di riciclo insufficiente per gestire la prevista produzione di batterie (2,5 megatonnellate entro il 2030) con il conseguente aumento delle preoccupazioni ambientali relativamente a quanto riuscirà a crescere la potenzialità di riciclo rispetto alla produzione: si teme infatti che arriveranno a fine vita più batterie di quante la capacità installata di riciclo possa trattare con problemi che riguardano sia il comparto ambientale, con il rilascio di materiali inquinanti nell'ambiente in seguito ad un non corretto trattamento a fine vita, sia i sistemi di approvvigionamento di materie prime al comparto manifatturiero.

Relativamente a questo ultimo punto viene spesso evidenziato che l'Europa è uno dei mercati principali di dispositivi di accumulo di energia e quindi potenzialmente i paesi Europei possiedono risorse da sfruttare una volta che tali dispositivi giungono a fine vita. In realtà, diverse analisi quantitative, che raffrontano le prospettive di sviluppo di mercato sopra evidenziate con la capacità effettive di raccogliere e riciclare batterie litio ione, mettono in evidenza come ottimisticamente il contributo al riciclo nell'approvvigionamento del comparto manifatturiero delle batterie sarà di circa un ordine di grandezza inferiore rispetto alle necessità [https://www.idtechex.com/en/research-report/li-ion-battery-recycling-market-2022-2042/848; https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions] (Figura 2.5).

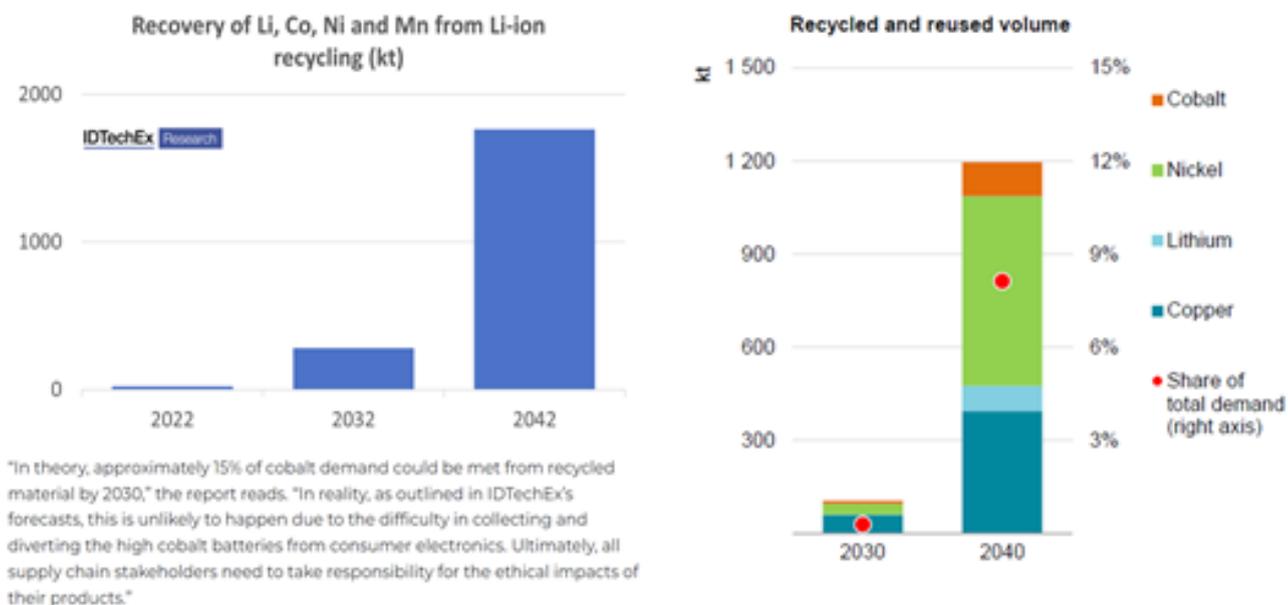


Figura 2.5. Possibili scenari del contributo del riciclo di materie prime secondarie nella produzione di batterie [https://www.idtechex.com/en/research-report/li-ion-battery-recycling-market-2022-2042/848; https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions]

Questa previsione del contributo del riciclo lascia aperta una problematica inquietante per l'approvvigionamento dei materiali da alimentare alla filiera delle batterie per produrre anodi e catodi, in quanto le risorse necessarie (cobalto, nichel, manganese, litio, grafite) sono distribuite in

modo molto disuguale tra i diversi paesi del mondo, il che porta a una catena di approvvigionamento globale con pochi fornitori.

Secondo i dati, il 72% della grafite per il mercato mondiale è estratto in Cina come grafite naturale in miniere tradizionali. Il minerale di manganese è principalmente estratto in Sud Africa (54%) e in Australia (18%), da dove viene trasportato in Cina per ulteriore raffinazione. Il nichel (attualmente il materiale più importante per le batterie litio ione) mostra la più grande dispersione nella distribuzione delle risorse essendo i minerali estratti in oltre 30 paesi in tutto il mondo. Tuttavia, Indonesia e Russia sono i due maggiori produttori di nichel con una quota di mercato del 10% e del 35%, rispettivamente. Il 76% del cobalto è prodotto nella Repubblica Democratica del Congo, rendendo questa nazione il principale fornitore mondiale. Il litio è principalmente disponibile in Australia (55%) e in America del Sud (32%). L'Australia estrae principalmente il litio da rocce dure, mentre l'America del Sud lo estrae da soluzioni [www.battery-atlas.eu].

L'iniqua distribuzione in combinazione con le precarie condizioni sociali e politiche in alcuni paesi produttori sopra riportati porta a una catena di approvvigionamento vulnerabile. Questi rischi svolgono un ruolo importante nella valutazione e nella selezione dei fornitori influenzando in modo determinante l'impronta ecologica e sociale della produzione di batterie litio in Europa.

Questa situazione complessa ma stimolante presenta quindi alcune problematiche ancora da risolvere: si noti che finora, solo una minoranza di aziende europee ha prodotto una cella delle batterie "made in Europe", e alcuni progetti di pianificazione in Europa sono già stati cancellati. Gli anni a venire saranno decisivi per lo sviluppo dell'Europa come centro di produzione di batterie e molto dipenderà dalle scelte che verranno effettuate per garantire da un lato gli strumenti necessari al funzionamento della macchina (approvvigionamento materie prime e strutture) e dall'altro il rispetto di criteri di salvaguardia sociale e ambientale in fase di definizione per le batterie "made in Europe".