

**Dalla Dipendenza
alla Circolarità:
Il ruolo strategico
delle Materie
Prime Critiche**

2026



Focus Strategico

Materie Prime Critiche



REPORT

**Dalla Dipendenza alla Circolarità:
Il ruolo strategico delle Materie Prime Critiche**

DOI: 10.12910/DOC-2026-001

Autori

Grazia Barberio – ENEA (curatrice)

Roberta De Carolis – ENEA (autrice e curatrice)

Irene Pellucchi – ERION (autrice e curatrice)

Natalia Gil Lopez – CNA (autrice e curatrice)

Rocco Civita – ENEA (autore)

Flavio Scrucca – ENEA (autore)

Marco La Monica – ENEA (autore)

Francesca Reale – Ecoinnovazione (autrice)

Christian Fontana – Ecoinnovazione (autore)

Alessandra Zamagni – Ecoinnovazione (autrice)

Laura Zanchi – Ecoinnovazione (autrice)

Federica Tommasi – Istituto Superiore di Sanità (ISS) (autrice)

Christopher Elkhoury - Intesa Sanpaolo Innovation Center (autore)

Roberta Vecchiola - ORIM Srl (autrice)

Marianna Faino - ENI SpA (autrice)

Paola Mainetti - ENI SpA (autrice)

Federica Barone - Acqua&Sole srl (autrice)

Maria Silvia Pazzi - Regenesi srl (autrice)

Giuseppe Mancini - Università di Catania (autore)

Si ringraziano per la partecipazione tutti i membri del Focus 'Materie Prime Critiche' di ICESP

Sommario

Indice Figure e Tabelle	5
Lista abbreviazioni	6
Executive summary	7
1. Materie prime critiche e strategiche	9
2. La Piattaforma Italiana degli Stakeholder per l’Economia Circolare – ICESP. 10	
2.1 Il Focus Strategico ‘Materie Prime Critiche’	12
3. Contesto normativo.....	13
3.1 Il Critical Raw Materials Act.....	13
3.1.1 I progetti strategici italiani	14
3.2 Verso il Circular Economy Act.....	17
3.3 La normativa e le iniziative italiane.....	21
3.3.1 La normativa italiana.....	21
3.3.2 Le iniziative nazionali di carattere strategico.....	22
4. Le Buone Pratiche per le materie prime	25
4.1 Introduzione	25
4.2 Il Database di ICESP	26
4.3 Le Buone pratiche di ICESP per le materie prime	28
4.3.1 Buone pratiche direttamente connesse alle materie prime	29
4.3.2 Buone pratiche futuribili direttamente connesse alle materie prime ...	34
4.3.3 Buone pratiche di economia circolare con ricadute indirette sulle materie prime	50
4.4 Analisi di sintesi trasversale delle buone pratiche	62
4.4.1 Buone pratiche di economia circolare direttamente connesse alle materie prime	62
4.4.2 Buone pratiche di economia circolare con ricadute indirette sulle materie prime	64
4.5 Buone pratiche metodologiche.....	67

4.5.1	<i>La criticality assessment: introduzione alla metodologia e suo utilizzo nel più ampio quadro di Life Cycle Sustainability Assessment</i>	67
5.	L’Ecodesign per le materie prime	76
5.1	Cosa si intende per Ecodesign.....	76
5.2	L’Ecodesign per le materie prime.....	77
5.2.1	<i>Un focus sull’ecodesign per le materie prime come strumento per ambiente e salute</i>	78
6.	Conclusioni e prospettive future	84
7.	Proposte e raccomandazioni	86
7.1	Semplificazione e coordinamento delle procedure autorizzative.....	86
7.2	Valorizzazione delle aree oggetto di bonifica per impianti strategici nella filiera delle materie prime critiche.....	86
7.3	Sostegno alle attività di riciclo e all’economia circolare.....	87
7.4	Valorizzazione dei rifiuti organici.....	88

Indice Figure e Tabelle

Figura 1	Quadro delle materie prime critiche e strategiche (Commissione Europea, 2023).....	10
Figura 2	Pilastrini e Focus Strategici ICESP	11
Figura 3	Composizione Piattaforma Italiana degli Stakeholder per l’Economia Circolare - ICESP	11
Figura 4	ICESP Focus CRM- Distribuzione organizzazioni.....	13
Figura 5	Materie prime critiche e strategiche (Critical Raw Materials Act, 2024).....	14
Figura 6	Materie prime e siti dei progetti strategici approvati, Commissione Europea 2025	15
Figura 7	Graphirec: gli step.....	35
Figura 8	SIRCULAR: Separazione meccanica presso CSE	40
Figura 9	SIRCULAR: Processo idrometallurgico presso ORIM.....	40
Figura 10	Rappresentazione della metodologia di LCSA sviluppata in Orienting	72
Figura 11	Schema tempistiche per valutazione e autorizzazione di progetti strategici di riciclo delle materie prime critiche e strategiche.....	80
Tabella 1	Lista delle materie prime critiche e strategiche (Commissione Europea, 2023)	9
Tabella 2	Framework di analisi delle buone pratiche.....	28
Tabella 3	Stato dell’arte tecnologico delle buone pratiche direttamente connesse alle materie prime	63
Tabella 4	Sintesi dei principali elementi distintivi emersi dall’analisi delle buone pratiche	65
Tabella 5	Domande che supportano la definizione dell’obiettivo di uno studio di criticality assessment	73

Lista abbreviazioni

AEE — Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche

BoM — Bill of Materials

CRM / CRMs — Critical Raw Materials (Materie Prime Critiche)

CRMA — Critical Raw Materials Act

ECESP — European Circular Economy Stakeholder Platform

EI — Economic Importance

ENEA — Agenzia Nazionale per le Nuove tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile

EoL — End of Life

EoW — End of Waste

EPR — Extended Producer Responsibility

ICESP — Piattaforma Italiana degli Stakeholder per l'Economia Circolare

ISPRA — Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

LCA — Life Cycle Assessment

LCC — Life Cycle Costing

LCSA — Life Cycle Sustainability Assessment

LIFE — (programma UE per l'ambiente e l'azione climatica)

MASE — Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

MIMIT — Ministero delle Imprese e del Made in Italy

OIMCE — Osservatorio Italiano Materie Prime Critiche per l'Energia

RAEE — Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche

REACH — Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

SR — Supply Risk

SRM / SRMs — Strategic Raw Materials (Materie Prime Strategiche)

TRL — Technology Readiness Level

VIA / VAS / VIS — Valutazione di Impatto Ambientale / Valutazione Ambientale Strategica / Valutazione di Impatto Sanitario

Executive summary

Le Materie Prime Critiche e Strategiche sono oggi un tema centrale per la competitività industriale, la transizione ecologica e digitale e la resilienza geopolitica dell'Europa. La forte dipendenza dell'Unione Europea da forniture extraeuropee, spesso concentrate in pochi Paesi, espone infatti le filiere produttive a rischi di approvvigionamento, volatilità dei prezzi e fragilità industriale. In questo contesto, il riciclo, l'urban mining, la sostituzione dei materiali e l'ecodesign assumono un ruolo sempre più rilevante come leve per ridurre la dipendenza esterna e rafforzare la disponibilità di Materie Prime Seconde.

Il documento si colloca nel quadro delle attività del Focus Strategico "Materie Prime Critiche" della Piattaforma Italiana degli Stakeholder per l'Economia Circolare (ICESP), nata per favorire il dialogo multistakeholder e sostenere la transizione circolare in Italia. Il Focus rappresenta uno spazio strutturato di confronto nazionale sul tema, con l'obiettivo di comprendere i fabbisogni delle imprese, individuare le catene del valore più esposte, analizzare il potenziale del riciclo e promuovere la raccolta e la valorizzazione di buone pratiche. Dal punto di vista normativo, il documento evidenzia come il Critical Raw Materials Act abbia introdotto un quadro europeo più chiaro e operativo, fissando al 2030 obiettivi precisi su estrazione, lavorazione e riciclo delle Materie Prime Critiche e Strategiche. A questo si aggiungono l'evoluzione verso un futuro Circular Economy Act, il Piano d'Azione ResourceEU, e, sul piano nazionale, la legge italiana sulle Materie Prime Critiche, insieme a iniziative quali il Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche, la Piattaforma Italiana del Fosforo, l'Hub Nazionale Materie Prime Critiche e l'Osservatorio Italiano Materie Prime Critiche per l'Energia. Nel loro insieme, questi strumenti mostrano che il tema è ormai entrato stabilmente nelle politiche industriali, ambientali e di innovazione.

Il report dedica una specifica sezione all'analisi delle buone pratiche raccolte da ICESP. L'approccio adottato combina classificazione tematica, valutazione del livello di maturità tecnologica (TRL) e analisi comparativa di più variabili, includendo aspetti strutturali, tecnologici, economici, ambientali e sociali. Le pratiche esaminate mostrano come in Italia esista già un ecosistema articolato di iniziative, che va dal recupero di silicio, argento, grafite, fosforo e metalli da batterie e RAEE, fino a modelli circolari indirettamente rilevanti per la riduzione dell'uso di materie prime vergini, come il recupero di nutrienti, il riuso, il take-back e la rigenerazione di prodotti e componenti. Le esperienze analizzate mettono in evidenza alcuni risultati comuni. In primo luogo, molte tecnologie mostrano potenziali elevati di recupero di valore,

riduzione degli impatti ambientali e rafforzamento dell'autonomia strategica europea. In secondo luogo, emerge un contributo importante in termini di nuova occupazione, sviluppo di competenze e creazione di filiere industriali innovative. In terzo luogo, le buone pratiche confermano che la circolarità non riguarda solo il trattamento del rifiuto, ma investe l'intero ciclo di vita del prodotto: progettazione, uso, raccolta, separazione, recupero e re-immissione dei materiali nei processi produttivi.

Il documento evidenzia che lo sviluppo delle filiere circolari delle Materie Prime Critiche richiede un quadro abilitante che accompagni l'innovazione tecnologica con adeguati strumenti di governance, coordinamento e supporto. In tale prospettiva, assumono particolare rilievo sia l'integrazione tra politiche industriali, ambientali e della ricerca, sia l'adozione di approcci in grado di orientare in modo più efficace le scelte di sistema. Tra questi, *ecodesign* e *criticality assessment* emergono come strumenti strategici per rafforzare la resilienza delle filiere, favorire un uso più efficiente delle risorse e sostenere una transizione coerente con gli obiettivi di competitività, circolarità e tutela ambientale.

1. Materie prime critiche e strategiche

Le materie prime, non alimentari e non energetiche, sono distribuite in modo disomogeneo sulla crosta terrestre, cosa che, nella storia, ha portato a guerre coloniali e instabilità politiche tuttora esistenti, con enormi ripercussioni economiche e sociali. I Paesi europei sono tra i più poveri di materie prime e quindi quasi completamente dipendenti per l'importazione da Paesi extra-europei, tra i quali spiccano alcuni con instabilità politiche e che quindi non garantiscono approvvigionamenti sicuri a lungo termine. Per rispondere a questo problema, già nel 2008 la Commissione Europea aveva lanciato l'Iniziativa Europea delle Materie Prime¹, con l'obiettivo di limitare tale dipendenza, proponendo una strategia per l'ottimizzazione delle risorse in-house basata su tre *pillars*, ovvero mining sostenibile, riciclo e sostituzione.

A partire dal 2011, inoltre, la Commissione stila ogni tre anni una lista (CRMs List, Critical Raw Material List) che definisce critiche quelle materie prime a rischio approvvigionamento (da cui dipendiamo per l'importazione da Paesi con situazioni politiche instabili) e con elevata importanza economica, parametro che evidenzia la necessità delle materie prime per prodotti ormai indispensabili per le nostre economie. Nel 2023 la Commissione Europea ha poi introdotto² anche la Lista di Materie Prime Strategiche (SRMs, *Strategic Raw Materials*), ovvero quelle che, indipendentemente dalla loro criticità, sono indispensabili alla transizione ecologica e digitale e/o per la difesa e l'aerospazio. Per questo nel grafico riportato in Figura 1 sono riportati in colore rosso, come se fossero critici, anche rame e nichel, anche se questi non hanno superato le soglie richieste per essere proposti come CRM a tutti gli effetti. In Tabella 1 la lista delle CRMs ed evidenziate in corsivo le SRMs.

Tabella 1 Lista delle materie prime critiche e strategiche (Commissione Europea, 2023)

2023 Critical Raw Materials (<i>Strategic Raw Materials in italics</i>)			
aluminium/bauxite	coking coal	<i>lithium</i>	phosphorus
antimony	feldspar	<i>LREE</i>	scandium
arsenic	fluorspar	<i>magnesium</i>	<i>silicon metal</i>
baryte	<i>gallium</i>	<i>manganese</i>	strontium
beryllium	<i>germanium</i>	<i>natural graphite</i>	tantalum
<i>bismuth</i>	hafnium	niobium	<i>titanium metal</i>
<i>boron/borate</i>	helium	<i>PGM</i>	<i>tungsten</i>
<i>cobalt</i>	<i>HREE</i>	phosphate rock	vanadium
		<i>copper*</i>	<i>nickel*</i>

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008DC0699>

² <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1>

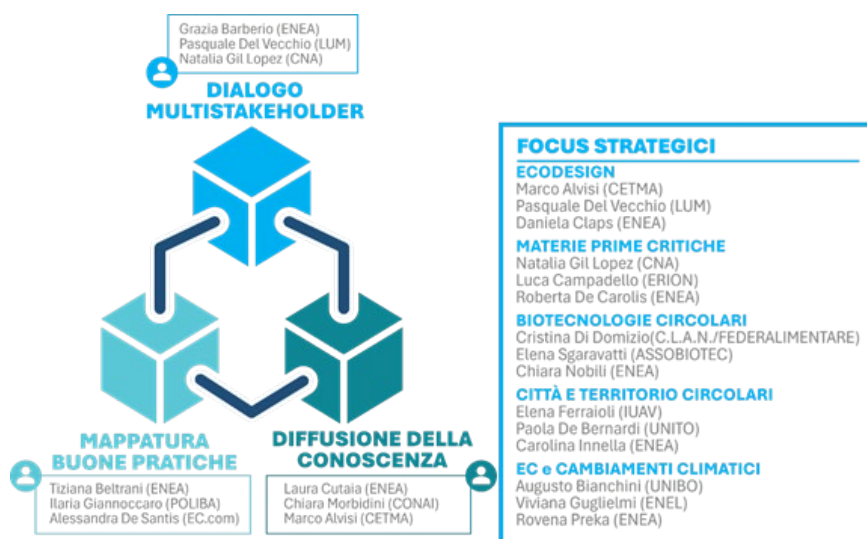


Figura 2 Pilastrini e Focus Strategici ICESP

ICESP prevede una azione di coordinamento con Presidente (Roberto Morabito), interfaccia con ECESP (Laura Cutaia) e coordinamento Tecnico della piattaforma (Grazia Barberio), e un organo direttivo quale Advisory Board costituito dal Presidente, dalla Direttrice del Dipartimento ENEA-SSPT Claudia Brunori, dal Responsabile della Divisione SSPT-EC di ENEA Mario Jorizzo, dal Coordinamento tecnico ICESP, dall'interfaccia italiana ECESP, dai Coordinatori dei Focus e Pilastrini ICESP e da soggetti esperti di economia circolare. La piattaforma include i firmatari che sottoscrivono la Carta ICESP e che si impegnano a contribuire in maniera interattiva alle varie attività tra cui: partecipare alle iniziative della Piattaforma, partecipare attivamente ai Pilastrini e Focus strategici, fornire/segnalare buone pratiche secondo il format predisposto dalla piattaforma, promuovere ICESP ed i suoi obiettivi attraverso i propri canali. I firmatari si riuniscono una volta all'anno in Assemblea per pianificare le attività, ratificare le nuove adesioni e prendere ogni decisione rilevante.

Si può partecipare ai lavori ICESP anche in qualità di esperti alle consultazioni nei vari Focus e Pilastrini e, a dicembre 2025, i partecipanti (tra firmatari ed esperti) risultano essere più di 400 appartenenti a 205 organizzazioni delle 4 categorie, quali istituzioni pubbliche (locali e nazionali), imprese e associazioni di categoria, mondo della ricerca, società civile, come rappresentato in Figura 3.



Figura 3 Composizione Piattaforma Italiana degli Stakeholder per l'Economia Circolare - ICESP

(dati aggiornati a dicembre 2025)

2.1 Il Focus Strategico ‘Materie Prime Critiche’

Questo documento è il primo prodotto del Focus strategico Materie Prime Critiche, che si inserisce nella tematica omonima, di rilevanza europea e nazionale per la situazione geopolitica contingente e le prospettive di incremento dei livelli di competitività delle nostre imprese tramite strategie di approvvigionamento di materie prime “in house”, che limitino la dipendenza dei Paesi extra europei. Le attività, in particolare, si svolgono nel framework del Regolamento EU Critical Raw Materials Act, con particolare riferimento alle previste Misure per la Circolarità e, a livello nazionale, nell’ambito della Legge ‘Disposizioni urgenti sulle materie prime critiche di interesse strategico’ (DL 84/2024 convertito in legge 8 agosto 2024, n. 115).

Il lavoro previsto dal Focus parte da quanto già discusso all’interno del GdL4 ‘Catene di valore sostenibili e circolari’ della precedente struttura ICESP, e si pone come obiettivo, come parte del Pilastro ‘Dialogo multistakeholder’, di instaurare un dialogo permanente con stakeholder di riferimento interessati al tema delle Materie Prime Critiche: in particolare si intende creare una relazione con il mondo dell’impresa, rivolgendosi ai settori industriali che per loro natura hanno una maggiore affinità con il tema delle Materie Prime Critiche, cercando di indagare:

- quali settori sono più interessati al tema MPC
- che tipo di necessità hanno le imprese italiane
- quali MPC in particolare sono richieste
- quali prospettive ha davvero il riciclo di MPC

A livello nazionale, il Focus collabora, in particolare, con le seguenti iniziative:

- Osservatorio Italiano Materie Prime Critiche per l’Energia (OIMCE)
- Piattaforma Nazionale del Fosforo
- Hub Nazionale Materie Prime Critiche

Internamente a ICESP, si rilevano particolari affinità con il Focus Ecodesign e, naturalmente, collabora strettamente con gli altri due pilastri, a partire dalla raccolta di buone pratiche di settore.

A livello internazionale sono previsti particolari contributi per:

- progetto Horizon Europe SCRREEN3
- ECESP
- Piattaforma Europea del Fosforo

Ad aprile 2026 il Focus conta 70 organizzazioni, distribuite nei 4 settori della quadrupla elica, come mostrato in Figura 4.

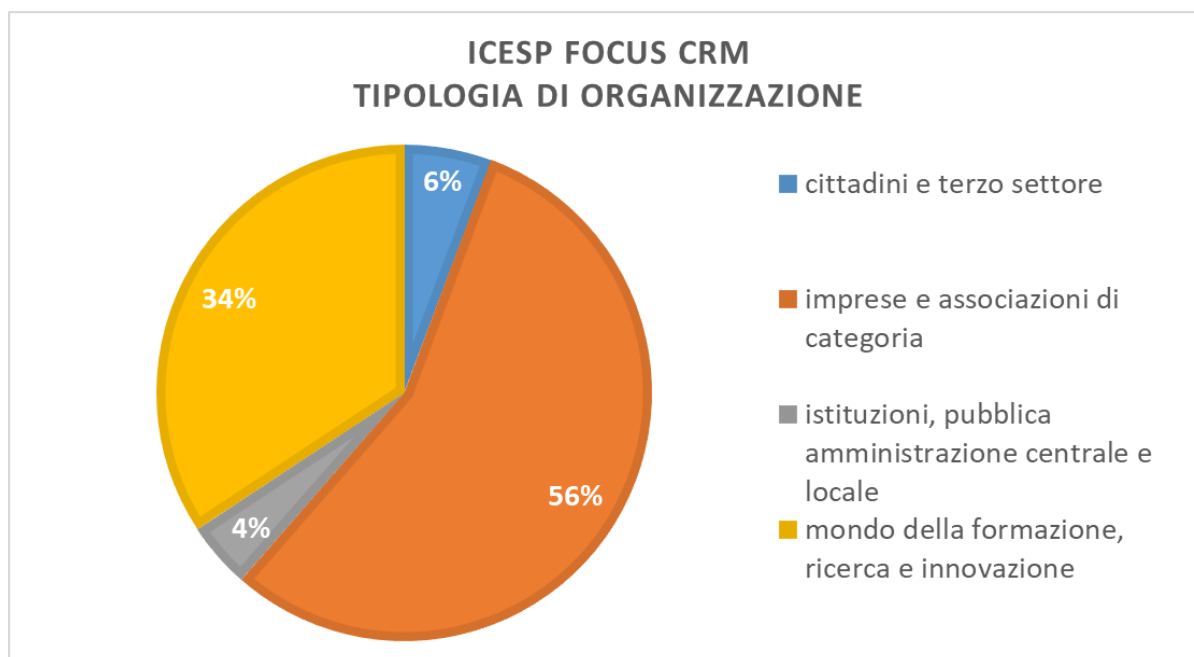


Figura 4 ICESP Focus CRM- Distribuzione organizzazioni

3. Contesto normativo

3.1 Il Critical Raw Materials Act

Accanto alla consueta lista delle CRM e alla nuova lista SRMs come dettagliato nel Capitolo 1, la Commissione Europea ha proposto l'adozione del Critical Raw Material Act³, con l'obiettivo di garantire l'accesso dell'UE a un approvvigionamento sicuro e sostenibile di materie prime critiche, consentendo al nostro continente di raggiungere i suoi obiettivi climatici e digitali per il 2030. Dopo un lungo negoziato con gli Stati Membri e il Parlamento Europeo, il testo è stato confermato il 18 marzo 2024 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Europea il 3 maggio 2024, entrando poi in vigore il 23 maggio 2024.

Il Regolamento si pone i seguenti obiettivi specifici entro il 2030:

- il 10% delle materie prime critiche consumate dall'economia Ue deve essere estratto in Europa;
- il 40% dei materiali strategici necessario all'economia continentale deve esser lavorato in Europa;
- il 25% della domanda complessiva deve essere soddisfatta da materiali provenienti da riciclo.

³ Regolamento (UE) 2024/1252 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 aprile 2024

Tra le modifiche apportate al testo a seguito del negoziato, si sottolinea l'ingresso dell'alluminio nella lista delle SRMs.

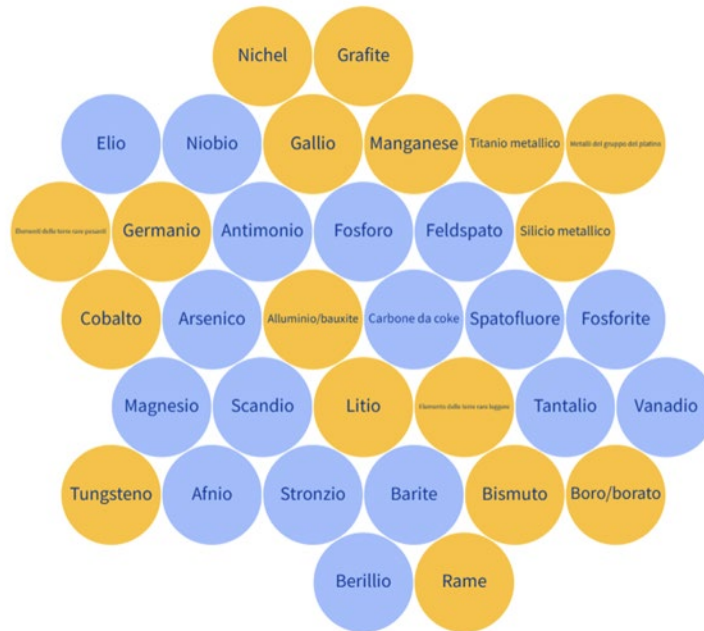


Figura 5 Materie prime critiche e strategiche (Critical Raw Materials Act, 2024)

3.1.1 I progetti strategici italiani

Nel quadro del Critical Raw Materials Act (CRMA), la Commissione europea ha iniziato a designare i cosiddetti “Strategic Projects”, considerati di interesse pubblico perché rilevanti per la sicurezza dell’approvvigionamento e la resilienza delle catene del valore delle Materie Prime Critiche: a oggi risultano approvati 47 progetti nell’UE (25 marzo 2025) e 13 progetti extra-UE (4 giugno 2025), che coprono iniziative di estrazione, raffinazione/trasformazione e riciclo⁴. Il quadro EU è rappresentato in Figura 6.

⁴ <https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/strategic-projects-under-crma>

Strategic Projects for the EU

MAP LEGEND



Al	Aluminium
B	Boron
BRMs	Battery Raw Materials ¹
Co	Cobalt
Cu	Copper
Ga	Gallium
Ge	Germanium
C	Graphite
Li	Lithium
Mg	Magnesium
Mn	Manganese
Ni	Nickel
PGMs	Platinum Group Metals
REEs	Rare Earth Elements
W	Tungsten

¹ Battery Raw Materials refer to lithium, cobalt, nickel, manganese and graphite

Disclaimer: The location of projects is based on a regional scale and doesn't reflect their exact geographical locations

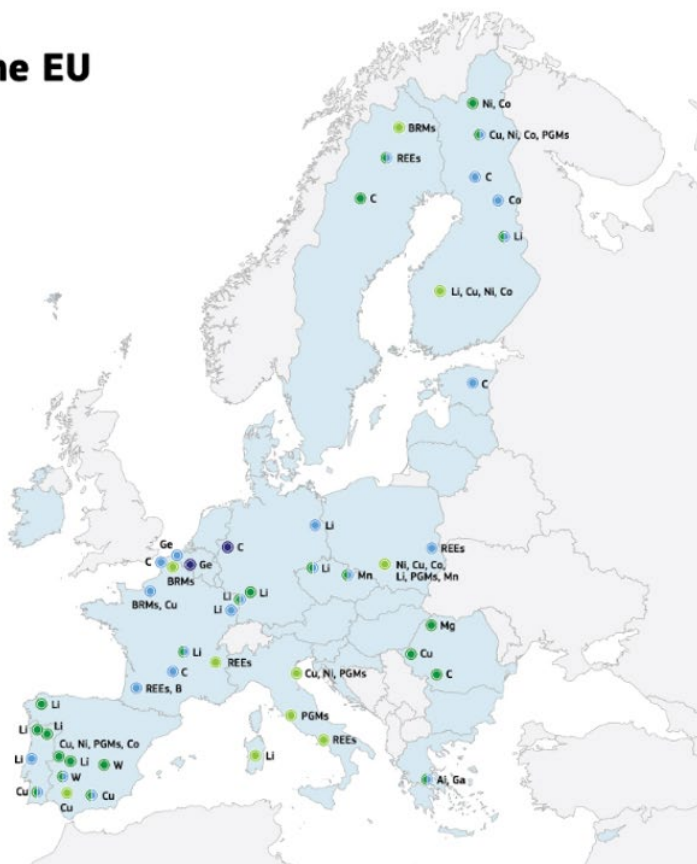


Figura 6 Materie prime e siti dei progetti strategici approvati, Commissione Europea 2025

Per essere selezionati ai sensi del Critical Raw Materials Act, i progetti devono apportare un contributo significativo alla sicurezza dell'approvvigionamento di materie prime strategiche dell'Unione. Devono essere tecnicamente fattibili entro un lasso di tempo ragionevole (o averne il potenziale), mostrare i volumi di produzione previsti ed essere implementati in modo sostenibile con un livello di fiducia stimato sufficiente. I progetti strategici devono inoltre dimostrare di avere benefici transfrontalieri oltre lo Stato Membro UE interessato⁵. Oltre ad avere un supporto dalla Commissione, dagli Stati Membri e dalle istituzioni finanziarie per avere accesso al credito e ai potenziali acquirenti dei materiali, i progetti selezionati beneficeranno di semplificazioni e velocizzazioni per ciò che concerne le autorizzazioni. L'iter autorizzativo dovrà concludersi entro 27 mesi per i progetti di estrazione ed entro i 15 mesi per gli altri.

I progetti selezionati riguardano 14 dei 17 materiali indicati come strategici nel Critical Raw Materials Act e complessivamente necessitano un investimento

⁵ <https://www.rinnovabili.it/mercato/politiche-e-normativa/materie-prime-ue-progetti-strategici/>

complessivo di oltre 22 miliardi di euro. Diversi progetti riguardano litio (22 progetti), nichel (12 progetti), cobalto (10 progetti), manganese (7 progetti) e grafite (11 progetti). A beneficiarne sarà soprattutto la filiera delle materie prime per la produzione europea di batterie. La selezione e il supporto ai progetti strategici sulle Materie Prime Critiche sono uno step fondamentale per la strategia europea.

I progetti strategici nazionali riconosciuti dalla Commissione sono in particolare qui di seguito brevemente descritti.

ALPHA - Promosso da Solvay Chimica Italia, che sorgerà a Rosignano Marittimo, in Toscana, si focalizza sul recupero del palladio dai catalizzatori esausti, che verrà poi riutilizzato per la produzione di nuovi catalizzatori. Il progetto si basa su una tecnologia sviluppata e testata a livello di laboratorio dal gruppo belga Solvay. Inoltre, il perossido di idrogeno ultrapuro prodotto nel sito di Rosignano è già ampiamente utilizzato nell'industria dei semiconduttori per la fabbricazione di chip destinati ai dispositivi elettronici di ultima generazione;

PORTOVESME CRM HUB – Il progetto, situato in Sardegna e promosso da Portovesme S.r.l. e dal gruppo anglo-svizzero Glencore, punta a creare un hub dedicato al trattamento dei materiali delle batterie esauste, recuperando risorse essenziali come litio, nichel, cobalto, rame, manganese e grafite. Il progetto prevede la riqualificazione del sito industriale esistente a Portoscuso, ottimizzando l'infrastruttura già disponibile per garantire un'efficiente gestione delle materie prime critiche a livello europeo;

RECOVER-IT - Progetto promosso in Veneto da Circular Materials S.r.l. per il recupero di rame, nichel grado batteria e metalli del gruppo del palladio, si basa su una tecnologia brevettata per il recupero dei metalli contenuti nei rifiuti industriali e su un primo impianto autorizzato a Padova, dove un team di 24 persone lavora per recuperare materiali preziosi⁶;

INSPIREE - Progetto finanziato dal programma LIFE (CINEA), mira a realizzare in Italia un'iniziativa industriale per il recupero di Terre Rare da magneti permanenti a fine vita (ad es. provenienti da hard disk e motori elettrici), con l'obiettivo di produrre composti/precursori (ossidi e carbonati) utili a ridurre la dipendenza europea da forniture extra-UE. ERION è partner del consorzio e contribuisce mettendo a sistema

⁶ <https://www.ilsole24ore.com/art/materie-primе-critiche-catalizzatori-esausti-batterie-ecco-4-progetti-italiani-scelti-bruxelles-AGtvh3jD>

competenze e filiere operative legate alla gestione dei flussi e alla valorizzazione delle materie prime seconde.

L'individuazione di questi progetti strategici nell'ambito del CRM Act rappresenta un passaggio chiave per trasformare il recupero delle Materie Prime Critiche da insieme di iniziative frammentate a politica industriale strutturale. La logica è chiara: costruire filiere europee più resilienti lungo l'intero ciclo di vita dei materiali (estrazione, trasformazione e riciclo) per ridurre la dipendenza da fornitori esterni e rendere più robusta la base industriale necessaria a transizione energetica, digitale e settori strategici. Per l'Italia, la presenza di quattro progetti strategici sul riciclo segnala una specializzazione coerente con una traiettoria di sviluppo orientata alla circolarità e alla valorizzazione delle risorse, con ricadute potenziali su sicurezza di approvvigionamento, competitività e occupazione qualificata. Tuttavia, la piena efficacia di questa strategia dipenderà dalla capacità di coniugare velocità di implementazione e performance ambientale con trasparenza, tutela dei diritti e accettabilità sociale. I progetti strategici costituiscono una leva determinante per chiudere il gap tra obiettivi europei e capacità reale di recupero delle materie prime critiche: infatti accelerano investimenti e *permitting*, abilitano lo *scale-up* industriale e rafforzano la sovranità tecnologica. La sfida finale è garantire che l'aumento di capacità si traduca in filiere efficienti, sostenibili e socialmente robuste, massimizzando il contributo del riciclo come pilastro della sicurezza materiale europea⁷.

3.2 Verso il Circular Economy Act

L'economia circolare è fondamentale per la sicurezza economica, la resilienza, la competitività e la decarbonizzazione dell'UE. Secondo l'opinione pubblica è anche la soluzione più efficace ai problemi ambientali. Ciononostante, finora, i progressi verso il modello circolare sono stati insufficienti. Sono necessari maggiori sforzi, come sottolineato dalle industrie europee nella dichiarazione di Anversa, dal Consiglio europeo nella dichiarazione di Budapest, dal Parlamento europeo e nelle relazioni di Enrico Letta e Mario Draghi. Negli orientamenti politici 2024-2029 della presidente della Commissione *Ursula von der Leyen*, nella bussola per la competitività e nel patto per l'industria pulita viene ribadito l'impegno dell'UE di accelerare la transizione verso la circolarità e viene annunciato l'atto legislativo sull'economia circolare (*Circular Economy Act*), che dovrebbe essere adottato entro la fine del 2026. Con

⁷ <https://www.renewablematter.eu/materie-prime-critiche-ue-47-progetti-strategici-anche-italia>

questa iniziativa la Commissione mira a rafforzare il mercato unico dei rifiuti e delle Materie Prime Seconde, aumentando l'offerta e la domanda di Materie Prime Seconde di qualità a prezzi competitivi con una giusta impostazione economica per tali mercati. Al fine di orientare ulteriormente la proposta legislativa, la Commissione europea ha indetto una consultazione pubblica (1° agosto – 6 novembre 2025) che ha permesso agli stakeholder interessati di fornire i propri contributi. Sono state inviate oltre 900 risposte, e si possono consultare sulla pagina dedicata⁸. In questo quadro si inserisce la recente pubblicazione da parte della Commissione europea del Piano di Azione ResourceEU⁹. L'iniziativa, che trae fondamento dal regolamento sulle Materie Prime Critiche, prevede finanziamenti e strumenti concreti per proteggere l'industria dagli shock geopolitici e dagli sbalzi dei prezzi, promuovere progetti sulle materie prime critiche sia in Europa che nel resto del mondo e collaborare con Paesi che condividono gli stessi principi per diversificare le catene di approvvigionamento. Il piano mira ad accelerare i progetti attinenti al settore e a ridurre le dipendenze strategiche. Il piano prevede, inoltre, l'istituzione del Centro europeo per le materie prime critiche, che dovrà fornire informazioni di mercato, orientare e finanziare progetti strategici utilizzando strumenti su misura (coinvolgendo partner pubblici e privati), e fungere da gestore del portafoglio per catene di approvvigionamento diversificate e resilienti (anche attraverso acquisti congiunti e la costituzione di scorte). La Commissione accelererà i progetti pertinenti per l'UE mobilitando strumenti di riduzione dei rischi finanziari ed eliminando le strozzature normative per accelerare i progetti strategici potenzialmente in grado di ridurre le dipendenze fino al 50 % entro il 2029. Nei prossimi 12 mesi l'UE mobilerà fino a 3 miliardi di euro per sostenere progetti concreti in grado di mettere a disposizione forniture alternative a breve termine.

L'UE approfondirà la cooperazione con partner che condividono gli stessi principi, mirando a diversificare l'approvvigionamento e ad accelerare la cooperazione industriale, facendo leva sui 15 partenariati strategici già firmati con Paesi ricchi di risorse, il più recente dei quali con il Sud Africa. La Commissione avvierà inoltre negoziati con il Brasile, sta lavorando anche con l'Ucraina, i Balcani occidentali e il suo vicinato meridionale per dare vita a quadri di investimento specifici per catene del valore integrate nel campo delle Materie Prime Critiche, e continuerà a perseguire progetti di investimento vantaggiosi per tutti nell'ambito del *Global Gateway* con i

⁸ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14812-Circular-Economy-Act_en.

⁹ https://single-market-economy.ec.europa.eu/document/download/e9ac2181-0dc7-4e61-a964-ba0a39c2aea8_en

mercati emergenti e le economie in via di sviluppo. A livello internazionale, l'UE sostiene l'alleanza per la produzione di minerali critici del G7 guidata dal Canada e la tabella di marcia del G7 per mercati basati su norme. Inoltre, promuoverà una forte diversificazione attraverso il quadro del G20 per la produzione di minerali critici.

L'accesso ai finanziamenti è un importante fattore che contribuisce allo sviluppo di catene del valore sostenibili e sicure delle Materie Prime Critiche. Negli ultimi anni la Commissione e gli Stati membri hanno sostenuto progetti di Materie Prime Critiche, ad esempio attraverso il Fondo per l'innovazione o il Fondo per una transizione giusta. La garanzia InvestEU ha inoltre sostenuto partner esecutivi come la BEI nel finanziamento di progetti. Alcuni Stati membri hanno infine iniziato a istituire fondi dedicati alle Materie Prime Critiche.

Nonostante questi sforzi, i finanziamenti rimangono una grave strozzatura per i progetti lungo tutta la catena del valore delle Materie Prime Critiche: RESourceEU pone pertanto un forte accento sul finanziamento e, in un approccio globale, la Commissione istituisce un polo di finanziamento e mobilita 3 miliardi di EUR provenienti dai fondi dell'UE e dalle risorse proprie della BEI.

La Commissione sbloccherà il sostegno attraverso il sostegno diretto attraverso sovvenzioni dell'UE e farà leva sul sostegno convogliando gli investimenti, come:

- InvestEU: la Commissione faciliterà la mobilitazione di investimenti fino a 2 miliardi di euro nella catena del valore delle Materie Prime Critiche;
- Booster della batteria: 300 milioni di euro saranno destinati a progetti a monte nel settore delle materie prime;
- Fondo per l'innovazione: mentre l'invito del 2025 destinerà 1 miliardo di euro (nel 2025) alla produzione di tecnologie pulite, l'invito del 2026 comprenderà almeno 700 milioni di euro per le Materie Prime Critiche e le tecnologie pulite, con particolare attenzione al rafforzamento delle catene di approvvigionamento delle Materie Prime Critiche;
- Programma europeo di investimenti nel settore della difesa: finanzierà progetti CRM nella catena del valore delle materie prime per la difesa;
- Orizzonte 2021-2027: fino a 300 milioni di euro saranno mobilitati per sostenere gli investimenti in R&Amp;
- Progetti al di fuori dell'UE: il Global Gateway sosterrà i progetti pertinenti nei paesi partner, garantendo che le forniture siano indirizzate verso i prelievi dell'UE.

Un ulteriore tassello è stato aggiunto con la Decisione C (2025) 1360¹⁰, adottata dalla Commissione europea nel marzo 2025. Con questo atto, l'Unione Europea ha aggiornato l'elenco europeo dei rifiuti con l'obiettivo di mantenere più a lungo nell'economia le batterie e le loro materie prime critiche. Le batterie rappresentano infatti una tecnologia chiave per la transizione verde, la mobilità sostenibile e il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050. Per recuperare le materie prime critiche, la *black mass* (la polvere ottenuta dal trattamento delle batterie esauste) deve essere sottoposta a processi di raffinazione complessi e delicati dal punto di vista ambientale. Proprio per questo, nel marzo 2025 l'Unione ne ha modificato la normativa, limitandone l'esportazione verso i Paesi non OCSE e incentivando fortemente il riciclo all'interno dei confini europei. L'obiettivo è chiaro: rafforzare l'autonomia strategica dell'UE e ridurre la dipendenza dalla Cina, attualmente leader mondiale nella lavorazione di questo materiale. Tuttavia, emerge un paradosso strutturale: mentre l'UE mira a trattenere la *black mass* all'interno dei propri confini, al momento non dispone ancora di una capacità industriale sufficiente per trattarla su scala adeguata. Molti progetti industriali, infatti, incontrano ritardi o vengono cancellati. La Decisione classifica la *black mass* come rifiuto pericoloso: grazie a ciò, in base alla Convenzione di Basilea e al Regolamento UE sulle spedizioni di rifiuti, sarà possibile esercitare un controllo più efficace sulle spedizioni di questo materiale, garantendo che rimanga all'interno dell'economia europea. Tale misura sostiene gli obiettivi del Regolamento UE sulle batterie, ovvero promuovere l'economia circolare, aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento di materie prime e rafforzare l'autonomia strategica dell'Unione.

L'elenco europeo dei rifiuti rimane uno strumento fondamentale per una corretta gestione dei rifiuti nell'UE e per controllare le spedizioni sia intra che extra-UE. Esso identifica e classifica tutti i tipi di rifiuti, compresi quelli pericolosi potenzialmente dannosi per la salute umana e l'ambiente. Istituito nel 2000, l'elenco viene periodicamente aggiornato per tenere conto dei progressi scientifici e tecnologici.

Ad integrare il CRM Act è intervenuta in data 26 maggio 2026 la Commissione europea con la pubblicazione del Regolamento di esecuzione (Ue) 2026/1116 recante l'elenco di prodotti, componenti e flussi di rifiuti considerati dotati di un pertinente potenziale di recupero delle materie prime critiche a norma del regolamento (UE) 2024/1252. Il regolamento di esecuzione della Commissione ha stilato un elenco di prodotti, componenti e flussi di rifiuti con potenziale di recupero di materie prime critiche ai sensi del CRM Act, e intende sostenere gli Stati membri nello sviluppo di programmi

¹⁰ [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C\(2025\)1360&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C(2025)1360&lang=en)

nazionali di economia circolare volti a rafforzare il recupero e il riutilizzo delle materie prime critiche.

L'elenco dei prodotti contenuti nell'allegato del Regolamento riflette gli attuali sviluppi tecnologici e di mercato, tra cui alcuni componenti di batterie, apparecchiature elettroniche, veicoli a motore e mezzi di trasporto leggeri, infrastrutture energetiche, digestato e compost, fanghi e ceneri, rifiuti da costruzione e demolizione con particolare attenzione all'alluminio e alle sue leghe, al rame e alle sue leghe e ai cavi negli edifici.

I rifiuti estrattivi sono esclusi dall'ambito di applicazione, in quanto le misure di recupero per questa categoria sono già disciplinate separatamente dal CRM Act.

3.3 La normativa e le iniziative italiane

3.3.1 La normativa italiana

Il 14 agosto 2024 è entrata in vigore la Legge 8 agosto 2024, n. 115, che ha convertito, con modificazioni, il Decreto-Legge 25 giugno 2024, n. 84 recante “Disposizioni urgenti sulle materie prime critiche di interesse strategico”. Questo provvedimento adegua l'ordinamento nazionale alle disposizioni del Regolamento (UE) 2024/1252 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 aprile 2024, che istituisce un quadro atto a garantire un approvvigionamento sicuro e sostenibile di Materie Prime Critiche.

Si tratta di un provvedimento cruciale per l'Italia, in linea con gli obiettivi europei, che intende semplificare le procedure e supportare l'industria nazionale nel garantire le risorse necessarie per la transizione ecologica e digitale, sfruttando anche il potenziale estrattivo e di riciclo del territorio.

Le misure principali contenute nella legge riguardano:

- l'istituzione del Comitato tecnico permanente per le materie prime critiche e strategiche (presso il MIMIT) per monitorare e coordinare le catene di approvvigionamento;
- l'introduzione di punti unici di contatto e termini massimi per le autorizzazioni di progetti strategici (estrazione/trasformazione/riciclo);
- l'elaborazione del Programma Nazionale di Esplorazione e aggiornamento della Carta Mineraria nazionale (a cura dell'ISPRA);
- la creazione di un registro per le imprese e le catene di valore strategiche;
- l'elaborazione di una lista nazionale di materie prime critiche e strategiche;
- l'obbligo di notifica preventiva per l'esportazione di materie prime critiche fuori dall'UE, tra cui anche i rottami metallici che sebbene non nell'elenco europeo

sono considerati essenziali per l'approvvigionamento delle filiere produttive nazionali;

- l'attribuzione all'ISPRA e alla Sovrintendenza territorialmente competente le funzioni di vigilanza e controllo sui progetti di ricerca strategici e sul rispetto dei requisiti previsti, nonché il potere di disporre (dandone comunicazione ai ministeri competenti) l'interruzione del permesso di ricerca in caso di accertamento di irregolarità nell'effettuazione delle ricerche.

3.3.2 Le iniziative nazionali di carattere strategico

3.3.2.1 Il Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche

A gennaio 2021 è stato avviato il Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche (Tavolo CRM), coordinato dal Ministero delle Imprese e del Made in Italy e dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica con l'obiettivo di:

- ✓ rafforzare il coordinamento sul tema;
- ✓ potenziarne la progettualità in termini di sostenibilità degli approvvigionamenti e di circolarità;
- ✓ contribuire alla creazione delle condizioni normative, economiche e di mercato volte ad assicurare un approvvigionamento sicuro e sostenibile delle materie prime critiche.

A gennaio 2022 il Tavolo è stato organizzato in 4 Gruppi di Lavoro tematici, come qui di seguito dettagliato:

- Gruppo di Lavoro 1 'Analisi Fabbisogni' (CRM 1) → Coordinato da Confindustria con l'obiettivo di stimare i bisogni futuri di Materie Prime Critiche, sia diretti che indiretti analizzando anche il divario tra domanda e offerta;
- Gruppo di Lavoro 2 'Mining' (CRM 2) → Coordinato da ISPRA - Dipartimento per il Servizio Geologico D'Italia, con l'obiettivo di identificare le potenzialità per le attività estrattive primarie e secondarie (recupero da rifiuti estrattivi) verificando le possibilità di un'estrazione sostenibile nel territorio italiano;
- Gruppo di Lavoro 3 'Ecodesign ed Eco progettazione (CRM 3) → Coordinato da ENEA, con l'obiettivo di analizzare le potenzialità dell'eco-design per ridurre la domanda di Materie Prime Critiche;
- Gruppo di Lavoro 4 'Urban mining' (CRM 4) → Coordinato da ENEA, con l'obiettivo principale la stima del potenziale delle attività di Urban Mining, con un focus sui RAEE.

Il lavoro di CRM 3 e CRM 4 è condotto con il supporto di ICESP e, in particolare:

- dal GdL1 ‘Ricerca ed eco-innovazione, diffusione di conoscenza e formazione per le tecnologie di ecodesign e urban mining’;
- dal GdL4 ‘Catene di Valore Sostenibili e Circolari’ per le buone pratiche di ecodesign e urban mining (in particolare dai sottogruppi Costruzione&Demolizione, Mobilità sostenibile e Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche);
- dal GT ‘Ecodesign e Modelli di consumo circolari’ per tecnologie e buone pratiche di ecodesign.

ICESP, pur non essendo parte del Tavolo CRM, ha partecipato alle consultazioni indette dal Tavolo, consentendo di ampliare la platea di partecipanti, e incrementando così la significatività dei risultati.

3.3.2.2 *La Piattaforma Italiana del Fosforo*

Nel 2019 il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, oggi Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), ha promosso la nascita della Piattaforma Italiana del Fosforo, con la finalità, tra le altre, del raggiungimento dell’autosufficienza del ciclo del fosforo su base nazionale e coordinamento con le politiche europee, tramite lo sviluppo di un modello di economia circolare. Nel 2022 è stato siglato un nuovo accordo di collaborazione biennale tra il MASE e l’ENEA per la ripresa delle attività della Piattaforma per il biennio 2023-2024 e nel 2025 un altro Accordo della durata di un anno.

La Piattaforma, gestita da ENEA in collaborazione con la Direzione Generale Economia Circolare del MASE, è costituita da stakeholder attivi sul ciclo del fosforo, con la partecipazione di più di 70 organizzazioni aderenti, tra cui organizzazioni di ricerca, istituzioni pubbliche e private, aziende e terzo settore. La partecipazione alla Piattaforma è aperta a tutti i soggetti portatori di interesse della catena di valore del fosforo.

3.3.2.3 *L'Hub Nazionale Materie Prime Critiche*

Nell'ambito del programma RepowerEU, ENEA ha ricevuto l'approvazione di un finanziamento per la realizzazione di un HUB Tecnologico per le Materie Prime Critiche e non (HUB-MPC). L'HUB, coordinato da ENEA, opererà come infrastruttura di ricerca aperta, diffusa nei Centri di Ricerca ENEA, mediante una Piattaforma tecnologica per l'ecodesign di prodotto e di processo e per il recupero di materie prime.

Le principali matrici complesse su cui opererà HUB-MPC saranno principalmente riconducibili alle tecnologie energetiche:

- batterie e sistemi di accumulo;
- particolari categorie di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (AEE), quali ad esempio pannelli fotovoltaici, colonnine di ricarica elettrica, magneti permanenti (utilizzati negli impianti eolici, pompe di calore e nella mobilità elettrica);
- sottoprodotti e scarti di processi industriali, quali ad esempio quelli legati alla produzione di materiali elettrodici per sistemi di accumulo energetico.

HUB - MPC intende in particolare realizzare 6 Laboratori, di seguito descritti.

1. Impianto di trattamento fisico-meccanico di matrici complesse per il recupero di materie prime, critiche e strategiche
2. Impianto di trattamento idrometallurgico di matrici complesse per il recupero di materie prime, critiche e strategiche
3. Laboratorio per lo sviluppo di tecnologie per la selezione dei RAEE finalizzato all'ottimizzazione dei processi di recupero e per lo sviluppo di tecnologie di processo idrometallurgiche
4. Laboratorio per la caratterizzazione dei prodotti a fine vita e delle materie prime riciclate
5. Laboratorio per l'innovazione di prodotto
6. Laboratorio per la sostituzione delle materie prime

3.3.2.4 *L'Osservatorio Italiano Materie Prime Critiche per l'Energia (OIMCE)*

Nel 2023 il World Energy Council (WEC) Italia e Assorisorse hanno promosso la nascita dell'Osservatorio Italiano Materie prime Critiche Energia (OIMCE), un'iniziativa permanente che ha l'obiettivo di promuovere l'approfondimento e il dibattito nazionale sulle materie prime critiche e strategiche per la transizione energetica, raccogliendo informazioni terze e certificate, organizzando incontri e dialogando con le istituzioni competenti per condividere proposte di politiche pubbliche volte allo sviluppo sostenibile del settore energetico italiano.

L'Osservatorio si propone in particolare di:

- raccogliere informazioni terze e certificate con un approccio neutrale basato su criteri scientifici;
- organizzare incontri di approfondimento e condivisione;
- dialogare con le istituzioni italiane competenti per evidenziare i punti di attenzione identificati da attori industriali, associativi, accademici e professionisti del settore;
- organizzare un incontro annuale di riferimento sul tema delle materie prime critiche energetiche.

4. Le Buone Pratiche per le materie prime

4.1 Introduzione

La Piattaforma ICESP ha adottato e adattato definizioni di Buona Pratica che derivano sia dal contesto europeo sia dall'esperienza italiana, traducendo principi generali in criteri operativi verificabili e identificando generalmente una Buona Pratica in *“una procedura e/o metodologia il cui obiettivo è migliorare l'efficienza, la qualità e la sicurezza di una determinata attività”*. La Buona Pratica deve quindi avere come effetto un miglioramento netto rispetto alla situazione di partenza (e l'evidenza della sua efficacia deve essere, laddove possibile, misurabile) presentando al contempo caratteristiche di:

- innovatività, pertanto deve introdurre un elemento di novità rispetto allo stato dell'arte del settore o del contesto territoriale in cui è realizzata;
- replicabilità, intesa come capacità di essere riprodotta in contesti simili, mantenendo le proprie caratteristiche essenziali e generando effetti positivi anche al di fuori dell'ambiente in cui è nata;
- trasferibilità, intesa, invece, come capacità di essere adottata e reinterpretata in contesti anche molto diversi da quello originario in cui è nata;
- scalabilità, ossia capacità di essere applicata a scale diverse senza perdere efficacia.

Data la pluralità di tipologie e livelli di applicazione, ICESP distingue tra Buone Pratiche “metodologiche” e “tecnologiche”, consentendo inoltre di distinguere una Buona Pratica da una Buona Pratica Futuribile (tecnologia in fase di validazione che richiede ulteriori sviluppi per raggiungere la piena operatività), facendo riferimento al *Technology Readiness Level* (TRL), il grado di maturazione tecnologica, sulla base della classificazione della Commissione Europea, come qui di seguito schematizzato:

- Buona Pratica Futuribile: se caratterizzata da un TRL compreso tra 4 e 6;
- Buona Pratica: se caratterizzata da un TRL superiore a 6.

4.2 Il Database di ICESP

La Piattaforma si è dotata fin dalle prime fasi della sua storia di un database per la raccolta di Buone Pratiche, che negli anni si è arricchito e informatizzato, divenendo uno strumento di consultazione funzionale e dinamico. La raccolta delle Buone Pratiche è infatti stata potenziata nel tempo e oggi, grazie a una sezione dedicata del sito ICESP, è possibile sia la consultazione delle pratiche raccolte a partire dal 2018 sia la loro sottomissione diretta attraverso un form digitale. Il processo di costruzione del database si configura dunque come un meccanismo partecipativo, fondato sul contributo attivo degli stakeholder e sul coordinamento dei Gruppi di Lavoro tematici. La raccolta non è episodica, ma continua nel tempo, consentendo un progressivo ampliamento del patrimonio di esperienze censite. In tal modo, il database ICESP assume la forma di un’infrastruttura evolutiva, costantemente aggiornata, che riflette l’evoluzione delle pratiche di economia circolare in Italia e favorisce lo scambio di conoscenze all’interno della comunità nazionale e nel raccordo con la Piattaforma Europea ECESP.

Per contribuire è possibile inserire Buone Pratiche direttamente sul sito di ICESP, al link <https://www.icesp.it/contribuisci/buona-pratica>. Il contributo sottomesso, a seguito di una verifica preliminare effettuata dai componenti ENEA del Pilastro “Mappatura delle Buone Pratiche”, viene revisionato dal Comitato Revisione Buone Pratiche per la pubblicazione online, con assegnazione ad una coppia di revisori che procede alla valutazione approfondita dei criteri di rilevanza, concretezza e valore aggiunto, in conformità alla procedura formale adottata dal medesimo Comitato. Con la nuova struttura del database ICESP, come già detto, è possibile inserire anche Buone Pratiche Futuribili, ovvero tecnologie emergenti caratterizzate da un TRL non superiore a 6. Una volta inserita nel database, ciascuna Buona Pratica è contraddistinta da una scheda contenente informazioni quali il titolo della Buona Pratica, descrizione sintetica, obiettivi, risultati raggiunti, settore industriale, fase del

ciclo di vita del prodotto, parole chiave, potenziale di replicabilità, impatti ambientali, economici e sociali e, in alcuni casi, indicazioni sulla localizzazione geografica o sulle partnership coinvolte. Il sistema di ricerca del database è dotato di filtri per area, settore, localizzazione e tipologia di organizzazione, consentendo agli utenti di individuare rapidamente i casi di interesse e approfondire le soluzioni più pertinenti alle proprie esigenze. Questa articolazione rende il database non solo una raccolta di esempi, ma anche una piattaforma di conoscenza stratificata e facilmente navigabile.

Il database ICESP attualmente include 253 Buone Pratiche di cui 245 sono quelle implementate sul territorio nazionale mentre le restanti 8 in altri Paesi europei (es. Paesi Bassi, Francia, Belgio, Finlandia, Spagna, Tunisia, e Repubblica Ceca). A livello nazionale, le pratiche risultano implementate da una pluralità di stakeholder, tra cui imprese, associazioni di categoria, enti pubblici, università, centri di ricerca e altre organizzazioni attive nell'ambito della transizione circolare. La copertura nazionale emerge non solo dalla localizzazione geografica delle pratiche, ma anche dalla varietà dei livelli di applicazione indicati nelle schede, che possono riferirsi a scale locali, regionali o sovraregionali, evidenziando come i principi della circolarità vengano declinati tanto in ambiti territoriali circoscritti quanto in progetti di più ampia scala. Questi elementi testimoniano la natura trasversale e multilivello della Piattaforma, che coinvolge attori appartenenti a differenti ambiti del sistema economico e istituzionale italiano, e consentono cogliere la diffusione capillare delle pratiche implementate.

Le esperienze censite risultano distribuite in diversi ambiti e settori industriali, riflettendo la trasversalità dell'economia circolare rispetto alle filiere produttive. Rispetto alla fase del ciclo di vita del prodotto, invece, è possibile distinguere pratiche implementate nella fase di fornitura di materie prime secondarie, produzione, consumo, gestione dei rifiuti, innovazione e investimenti. Questo permette di distinguere se la pratica intervenga nella rigenerazione delle risorse e nel loro reinserimento nel sistema produttivo, nell'ottimizzazione dei processi industriali, nella promozione di modelli di consumo più sostenibili, nella valorizzazione dei materiali a fine vita oppure nella creazione di condizioni abilitanti e strumenti finanziari e organizzativi a supporto della transizione circolare.

4.3 Le Buone pratiche di ICESP per le materie prime

Seguendo l’approccio del Database di ICESP, le Buone Pratiche sono state innanzitutto classificate in due macroaree:

- Buone pratiche direttamente connesse alle materie prime
- Buone pratiche di economia circolare con ricadute indirette sulle materie prime

Inoltre, è stato aggiunto un paragrafo dedicato alla Buone pratiche metodologiche ed è stato elaborato un quadro analitico sistematico delle buone pratiche di economia circolare, finalizzato a comprenderne le principali caratteristiche strutturali, operative e prestazionali, nonché i fattori abilitanti e le criticità che ne influenzano l’implementazione e la trasferibilità. A tal fine, è stato adottato un approccio metodologico di natura quali-quantitativa, fondato su un disegno di ricerca comparativo multi-caso (*multiple case study analysis*). Tale impostazione consente di analizzare ciascuna buona pratica come unità autonoma di osservazione e, al contempo, di effettuare una successiva comparazione trasversale.

La base informativa è costituita dalle schede di raccolta delle buone pratiche predisposte da ICESP, dalle quali i dati sono stati estratti, sistematizzati e codificati all’interno di un database strutturato. Il framework di analisi si articola in 19 variabili, organizzate in quattro macro-dimensioni concettuali, come illustrato in Tabella 2.

Tabella 2 Framework di analisi delle buone pratiche

Macro-dimensione	Variabile	Definizione operativa
Caratteristiche strutturali e di contesto	Localizzazione	Regione geografica di implementazione
	Tipologia di organizzazione	Natura giuridica e istituzionale del soggetto proponente
	Partnership	Presenza e composizione di partenariati coinvolti nel progetto
	Settori	Ambiti di attività interessati dall’implementazione
	Target di riferimento	Destinatari della pratica
	Livello di applicazione	Scala territoriale di attuazione
	Ambito tematico	Strategia di intervento
	Tipo di finanziamento	Origine e tipologia delle risorse finanziarie
	Entità del finanziamento	Finanziamento ricevuto per la pratica
	Stima costi di investimento	Stima dei costi complessivi della pratica

<u>Caratteristiche tecnologiche e operative</u>	<i>CRM</i>	Presenza di materie prime critiche oggetto della pratica
	<i>Fase del ciclo di vita</i>	Segmento prevalente del ciclo di vita interessato dalla pratica
	<i>Tipo di applicazione</i>	Natura dell'innovazione, se di tipo tecnologica o metodologica
	<i>TRL</i>	Se la BP è tecnologica, indica il livello di maturità tecnologica
	<i>Livello di attuazione</i>	Se la BP è metodologica, indica il grado di effettiva applicazione: fase sperimentale; parzialmente implementata; applicata a casi reali
	<i>Classificazione</i>	Stato di implementazione
<u>Performance e impatti</u>	<i>Risultati ambientali</i>	Evidenze quali-quantitative degli effetti ambientali
	<i>Risultati economici</i>	Evidenze quali-quantitative degli effetti economici
	<i>Risultati sociali</i>	Evidenze quali-quantitative degli effetti sociali
<u>Fattori abilitanti e limitanti</u>	<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Condizioni e potenzialità di trasferibilità e ampliamento della pratica
	<i>Barriere</i>	Principali criticità e ostacoli all'implementazione

Di seguito, le buone pratiche sono analizzate come casi di studio indipendenti e, successivamente, viene presentata un'analisi comparativa trasversale.

4.3.1 Buone pratiche direttamente connesse alle materie prime

4.3.1.1 9 PV - Riciclo pannelli fotovoltaici (9Tech)

Ad oggi, le soluzioni di trattamento dei rifiuti fotovoltaici disponibili sul mercato sono prevalentemente incentrate sul recupero del vetro, che rappresenta circa l'80% in peso del pannello. Le frazioni a maggior valore, come celle di silicio, rame e argento, non vengono del tutto valorizzate e, in alcuni casi, compromettono la purezza del vetro ottenuto. Il processo sviluppato da 9-Tech supera questi limiti consentendo il recupero selettivo di vetro ad alta purezza, alluminio, rame, argento e celle fotovoltaiche (silicio). La soluzione combina in modo innovativo diverse tecnologie brevettate, tra cui riconoscimento e lo smontaggio assistiti da AI, trattamento termico, separazione meccanica e trattamento a ultrasuoni. L'integrazione di queste tecnologie permette il recupero di tutti i materiali con rese e livelli di purezza superiori rispetto ai trattamenti meccanici. Il processo è quindi in grado di recuperare fino al 95% del valore economico di un pannello fotovoltaico.

Risultati e prospettive

9PV promuove pratiche sostenibili e sviluppo socioeconomico attraverso il riciclo avanzato dei moduli fotovoltaici, creando occupazione diretta e indiretta e rafforzando la filiera delle materie prime critiche. La tecnologia recupera oltre il 95% del valore dei materiali, inclusi silicio e argento, riducendo la dipendenza da risorse vergini e favorendo l'economia circolare. Ogni impianto recupera circa 120 tonnellate/anno di silicio e contribuisce alla nascita di nuovi mercati per materie prime secondarie, abbassando i costi nella produzione di energie rinnovabili e batterie. Dal punto di vista ambientale, 9PV riduce le emissioni di circa 3850 kg di CO₂ per tonnellata di rifiuti FV trattati, puntando a evitare 462 milioni di tonnellate di CO₂ entro il 2030. Entro il 2033 sono previsti 42 impianti e 252 posti di lavoro diretti, oltre a più di 40 addetti per impianto nella filiera manifatturiera, sostenendo la transizione energetica e la crescita verde.

La replicabilità di 9PV richiede un quadro normativo chiaro e tempi autorizzativi certi, il coinvolgimento precoce delle autorità locali e il supporto di incentivi pubblici per compensare i costi iniziali più elevati rispetto al riciclo meccanico. Sono inoltre fondamentali dimostrazioni industriali delle prestazioni dell'impianto per superare lo scetticismo del mercato, insieme a partnership con attori della filiera e fornitori locali. La disponibilità di competenze tecniche e di una rete logistica efficiente favorisce ulteriormente l'esportabilità della soluzione.

<i>Localizzazione</i>	Veneto
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Startup innovativa
<i>Settori</i>	Riciclaggio
<i>Target di riferimento</i>	Si rivolge a soggetti pubblici e privati coinvolti nella gestione del fine vita dei moduli fotovoltaici. I principali destinatari sono le aziende che operano nel riciclo dei RAEE, che possono rendere il riciclo più economicamente sostenibile. Un ulteriore target è rappresentato dalle aziende del settore energetico e dalle grandi utility, interessate a ridurre i costi di smaltimento dei propri pannelli. Beneficiari indiretti sono le istituzioni pubbliche e la collettività, grazie alla riduzione dell'impatto ambientale e al rafforzamento dell'economia circolare.
<i>Livello di applicazione</i>	Globale

<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Pubblico-privato
<i>Entità del finanziamento</i>	1.000.000 €
<i>CRM</i>	Alluminio; rame; silicio
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Gestione rifiuti
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 6 - Tecnologia dimostrata in ambiente (industrialmente) rilevante
<i>Classificazione</i>	Buona pratica futuribile
<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione emissioni ~3850 kg CO ₂ /ton FV trattata; recupero fino al 95% dei materiali (vetro, silicio, rame, argento) con alta purezza.
<i>Risultati economici</i>	Valorizzazione fino al 95% del valore economico dei pannelli; creazione di nuovi mercati per materie prime seconde.
<i>Risultati sociali</i>	Creazione prevista di 252 posti di lavoro diretti entro il 2033; rafforzamento filiere territoriali e competenze tecniche.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Necessità di un quadro normativo chiaro e tempi autorizzativi certi, il coinvolgimento precoce delle autorità locali e il supporto di incentivi pubblici per compensare i costi iniziali più elevati rispetto al riciclo meccanico. Sono inoltre fondamentali dimostrazioni industriali delle prestazioni dell'impianto per superare lo scetticismo del mercato, insieme a partnership con attori della filiera e fornitori locali. La disponibilità di competenze tecniche e di una rete logistica efficiente favorisce ulteriormente l'esportabilità della soluzione.
<i>Barriere</i>	Assenza di regolamentazione sul tema della circolarità; Cooperazione con le autorità; Investimenti iniziali alti; Mancanza di incentivi

4.3.1.2 Riciclo biologico di batterie al litio e rifiuti elettronici (AraBat)

AraBat nasce dalla consapevolezza che la transizione energetica e digitale sta generando una crescita esponenziale di batterie al litio a fine vita e di rifiuti industriali complessi, senza che esistano soluzioni di riciclo realmente sostenibili, scalabili e sicure. Le tecnologie attuali sono spesso energivore, costose e basate su sostanze chimiche pericolose. La motivazione alla base di AraBat è quindi trasformare un problema ambientale e industriale in un'opportunità, sviluppando una tecnologia circolare che consenta di recuperare materie prime critiche riducendo drasticamente impatti ambientali, dipendenze da importazioni e sprechi di risorse.

Risultati e prospettive

AraBat ha sviluppato una tecnologia innovativa di riciclo idrometallurgico basata sull'uso di biomasse naturali (come scarti agricoli e residui organici, ad es. bucce d'arancia) per recuperare materie prime critiche da batterie al litio esauste, rifiuti elettronici e scarti industriali. Il processo opera a basse temperature (<90°C) e in tempi ridotti, evitando l'uso di acidi forti e solventi tossici. Le biomasse agiscono come agenti chimici naturali che permettono di "sciogliere" i metalli contenuti nei rifiuti, che vengono poi separati e recuperati sotto forma di materiali riutilizzabili. In questo modo, un rifiuto organico viene utilizzato per valorizzare un altro rifiuto, secondo un approccio unico "waste-to-waste-to-value".

La buona pratica di AraBat genera benefici ambientali, economici e sociali. Dal punto di vista ambientale, consente una riduzione significativa delle emissioni di CO₂, dei consumi energetici e dell'uso di sostanze pericolose rispetto ai processi tradizionali, favorendo il recupero oltre il 95% dei metalli critici contenuti nelle batterie. Dal punto di vista sociale ed economico, contribuisce a rafforzare l'autonomia europea sulle materie prime strategiche, crea nuove opportunità industriali e occupazionali e promuove modelli produttivi più sicuri e sostenibili per le comunità e i territori.

<i>Localizzazione</i>	Puglia
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Startup innovativa
<i>Settori</i>	Estrazione mineraria metalli e minerali; Industria automobilistica; Riciclaggio; Sviluppo sostenibile
<i>Target di riferimento</i>	Una pluralità di stakeholder pubblici e privati. I principali beneficiari sono aziende di riciclo di batterie ed e-waste, produttori di batterie, componentistica elettronica e automotive, utility energetiche e operatori industriali interessati al recupero di materie prime critiche.

	Beneficiano inoltre enti pubblici, territori e comunità locali grazie alla riduzione degli impatti ambientali, nonché centri di ricerca e università coinvolti nello sviluppo di tecnologie circolari e sostenibili.
<i>Livello di applicazione</i>	Internazionale
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Privato
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 6 - Tecnologia dimostrata in ambiente (industrialmente) rilevante
<i>Classificazione</i>	Buona pratica futuribile
<i>Risultati ambientali</i>	Recupero oltre 95% metalli critici con processi a basse temperature e senza acidi forti; forte riduzione emissioni rispetto ai metodi tradizionali.
<i>Risultati economici</i>	Nuove opportunità industriali nel riciclo batterie ed e-waste; riduzione dipendenza da importazioni.
<i>Risultati sociali</i>	Creazione nuovi posti di lavoro e filiere sostenibili; rafforzamento autonomia europea su materie prime critiche.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Dal punto di vista ambientale, consente una riduzione significativa delle emissioni di CO ₂ , dei consumi energetici e dell'uso di sostanze pericolose rispetto ai processi tradizionali, favorendo il recupero oltre il 95% dei metalli critici contenuti nelle batterie. Dal punto di vista sociale ed economico, contribuisce a rafforzare l'autonomia europea sulle materie prime strategiche, crea nuove opportunità industriali e occupazionali e promuove modelli produttivi più sicuri e sostenibili per le comunità e i territori.
<i>Barriere</i>	Accesso ai finanziamenti; Definizioni di rifiuto

4.3.2 Buone pratiche futuribili direttamente connesse alle materie prime

4.3.2.1 Progetto GRAPhiREC (Orim Srl)

Il progetto LIFE GRAPhiREC, finanziato dall'Unione Europea con n. 101147368-LIFE23-ENV-IT-LIFE GRAPhiREC, mira a chiudere il ciclo vita della grafite ed arrivare a produrre nuove batterie con la grafite riciclata dagli scarti di produzione delle batterie al litio e dalle batterie alcaline esauste. L'obiettivo di questo progetto è di poter arrivare ad un livello di purezza tale per cui Varta (DE) possa produrre batch di centinaia di migliaia di nuove batterie alcaline e al litio. I partner di questo progetto si collocano in tutta Europa e sono costituiti da aziende PMI e multinazionali, istituti di ricerca e università ed una associazione di settore europea. Dalla manifattura delle batterie al litio provengono quantità molto importanti di scarti già divisi per catodo ed anodo. Andando ad operare su ciascuno di questi scarti separatamente è possibile ottenere dei prodotti che non presentino contaminazioni aggiuntive: ad es. dall'anodo, generalmente costituito da un foglio di rame rivestito di grafite è possibile ottenere una grafite non contaminata da elettrolita o altri metalli oltre il rame. Le batterie alcaline esauste godono invece già da ora di una ampia rete di riciclo, con consorzi di riciclo che si occupano del loro raggruppamento e stoccaggio. Le tecnologie attuali di recupero consentono di estrarre elevate percentuali di zinco e manganese e neutralizzare metalli pesanti pericolosi come mercurio e cadmio ma la grafite ancora non era stata fatta oggetto di attenzioni. Il progetto vedrà la realizzazione in Italia di due impianti pilota con capacità 1000 ton/anno presso gli stabilimenti della ORIM SRL (trattamento di sfridi di produzione batterie al litio, a Macerata, MC) e della SIMA SpA (trattamento di black mass dal riciclo di batterie alcaline, a Fossacesia, CH).

Nelle normali pratiche industriali di riciclo, il processo inizia con un pretrattamento meccanico che consiste nello smontaggio nel caso di pacchi di celle per mobilità o cernita per tipo (alcaline, celle a bottone, NiHM...) nel caso di batterie domestiche. Successivamente si procede alla neutralizzazione e alla triturazione per liberare le componenti che costituiscono la cella. Il passo successivo è la separazione meccanica di ferro, rame, alluminio. Il resto, chiamato *black mass*, può essere trattato in due metodologie: la pirometallurgia e l'idrometallurgia. Nel primo caso il materiale viene calcinato ad alte temperature (800°C) per bruciare le componenti organiche come elettrolita, binder e membrana semipermeabile plastica; dal prodotto così ottenuto vengono poi estratti materiali ad alto valore aggiunto come nichel e cobalto mentre grafite e litio vengono persi. La seconda metodologia, per via idrometallurgica, tratta la *black mass* direttamente dopo la separazione meccanica con lisciviazioni e purificazioni successive per estrarre i metalli di valore; la grafite e il

litio possono essere recuperati anche se difficilmente con purezze soddisfacenti per poter essere usati di nuovo in batterie. Successivamente la grafite recuperata deve essere sottoposta a trattamenti superficiali e di modellamento per massimizzare le sue prestazioni elettrochimiche. Talga AG, una multinazionale focalizzata in produzione di materiali anodici ed estrazione di grafite, si occuperà di questi aspetti con l'obiettivo di ridurre l'impatto energetico e GHG (Green House Gases) rispetto all'estrazione mineraria.

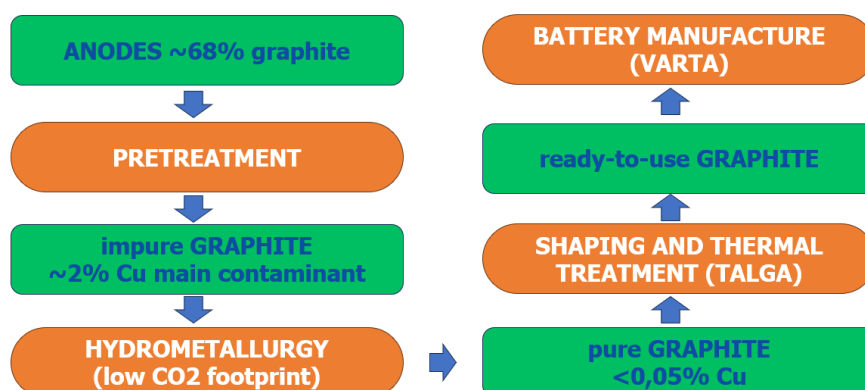


Figura 7 Graphirec: gli step

In questo quadro, due importanti istituzioni come l'Università di Camerino e de L'Aquila contribuiranno con l'analisi elettrochimica della grafite a ciascun passaggio, per verificare le effettive capacità, e con la progettazione ed ottimizzazione del processo di recupero.

<i>Localizzazione</i>	Marche
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Impresa
<i>Partnership</i>	ORIM SRL; SIMA SRL; VARTA MICROBATTERY GMBH; VARTA Consumer Batteries GmbH & Co. KGaA; TALGA AB; Università degli studi dell'Aquila; Università degli Studi di Camerino; European Advanced Carbon and Graphite Materials Association
<i>Settori</i>	Riciclaggio; Sostanze chimiche; Batterie, Altro
<i>Target di riferimento</i>	Produttori di batterie: produttori di scarti derivanti dalla manifattura di batterie. Utilizzatori di grafite: produttori di batterie, elettrodi per fornaci ad arco, lubrificanti a base grafite.
<i>Livello di applicazione</i>	Unione Europea
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore

<i>Tipo di finanziamento</i>	Programma UE
<i>Entità del finanziamento</i>	60% Orim srl
<i>Stima costi di investimento</i>	7.549.282 €
<i>CRM</i>	Grafite
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 7 - Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo
<i>Classificazione</i>	Buona pratica futuribile
<i>Risultati ambientali</i>	Recupero della grafite dalle batterie con processo idrometallurgico meno impattante rispetto alla pirometallurgia; riduzione rifiuti pericolosi.
<i>Risultati economici</i>	Creazione di nuove catene del valore per grafite riciclata; aumento efficienza riciclo batterie.
<i>Risultati sociali</i>	Supporto alla filiera europea delle batterie e autonomia strategica; collaborazione tra imprese e centri di ricerca.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Il fattore principale è il nuovo Regolamento sulle Batterie, che fissa la quantità di rifiuti da riciclare e richiede ai produttori di soddisfare livelli minimi di contenuto riciclato per batterie industriali, SLI e per veicoli elettrici. Poi il rapido aumento degli scarti di produzione provenienti dalle gigafactory favorirà il riciclo. Inoltre, la disponibilità di incentivi pubblici a sostegno degli investimenti in progetti di tecnologie pulite favorirà la replicazione dei risultati del progetto in tutta Europa.
<i>Barriere</i>	Aspetti relativi alla quantità

4.3.2.2 Progetto PHosphorus for Earth's fertILITY (Acqua&Sole)

Nell'ambito del progetto PHERTILE, "PHERTILE – PHosphorus for Earth's fertILITY", co-finanziato da Regione Lombardia mediante fondi del bando RI.CIRCO.LO. STEP ("Risorse Circolari in Lombardia per ridurre le dipendenze strategiche da materie prime critiche"), approvato con D.D.S. n. 4869 del 07.04.2025, è in corso la realizzazione in scala industriale di un sistema di recupero di sali di fosforo all'interno del Centro di recupero degli elementi nutritivi da scarti del ciclo di produzione e consumo degli alimenti esercito da Acqua&Sole srl dal 2016 in comune di Vellezzo Bellini (PV). All'interno del Centro, all'attuale processo, ormai consolidato, di digestione anaerobica termofila di scarti organici, tra cui fanghi di depurazione e agroalimentari, verrà affiancato, in linea, un sistema di separazione elettrolitica dei sali di fosforo dal digestando.

L'impianto si articolerà in due fasi principali:

1. Riscaldamento controllato del substrato (idrolisi termica), modifica delle caratteristiche reologiche e ottimizzazione dei parametri di processo necessari al corretto funzionamento della successiva fase di separazione dei sali: il 'digestando' è sottoposto a un trattamento termico con temperatura compresa tra 70 e 80 °C e a un attento controllo dei parametri operativi, con l'obiettivo di aumentare la disponibilità del fosforo in forma di ortofosfato (PO_4^{3-}) e migliorare l'efficienza dell'estrazione elettrolitica successiva;
2. Separazione elettrolitica del fosforo: il substrato, con parametri operativi ottimali, viene inviato a una cella elettrolitica in cui, grazie all'applicazione di un campo elettrico controllato, il fosforo disciolto viene selettivamente estratto e concentrato sotto forma di Sali (principalmente giniite).

L'intervento mira a favorire l'estrazione di sali di fosforo con l'obiettivo di un riutilizzo in ambito agricolo come fertilizzanti, nel rispetto delle normative di riferimento nazionali ed Europee. Ossia, entrambe le linee di intervento mirano a valorizzare il fosforo come risorsa, favorendo la chiusura del ciclo dei nutrienti e l'utilizzo circolare dei sottoprodotti della depurazione. Oltre al recupero del fosforo in forma di prodotto, la riduzione del contenuto dello stesso dal digestato consente di ottimizzarne ed efficientarne l'impiego agricolo in sostituzione di concimi di origine chimica.

La fattibilità, in scala di laboratorio, del processo sopra descritto è stata verificata nell'ambito del progetto ORGANIC4EARTH, co-finanziato da Regione Lombardia con fondi del bando Ricerca&Innova. Tale progetto ha consentito di individuare preliminarmente criticità e punti di attenzione del sistema e ne ha consentito la messa a terra in scala industriale attualmente in corso. La possibilità di recupero di

sali di fosforo da processi termofili di co-digestione di fanghi di depurazione amplia la gamma di prodotti e servizi resi disponibili da tale impiantistica: digestato e solfato ammonico, sostitutivi dei fertilizzanti chimici, biometano, energia elettrica e termica da fonte rinnovabile, e sali di fosforo.

<i>Localizzazione</i>	Lombardia
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Società privata
<i>Partnership</i>	Privata - Acqua&Sole srl, Sistemi Energetici S.p.A., Università degli Studi di Milano
<i>Settori</i>	Agricoltura; Industrie bio-based; Riciclaggio; Sostanze chimiche
<i>Target di riferimento</i>	Gli stakeholder della buona pratica sono molteplici: 1) produttori degli scarti sottoposti a digestione, tra cui i gestori del ciclo idrico integrato 2) aziende del settore dell'economia circolare per la replicabilità della tecnologia 3) aziende agricole per l'uso dei sali di fosforo recuperati
<i>Livello di applicazione</i>	Nazionale; Regionale; Rurale; Aree produttive
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Programmi regionali
<i>Entità del finanziamento</i>	2.000.000
<i>Stima costi di investimento</i>	4.000.000
<i>CRM</i>	Fosforo
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 5 - Tecnologia convalidata in ambiente (industrialmente) rilevante
<i>Livello di attuazione</i>	Regionale
<i>Classificazione</i>	Buona pratica futuribile
<i>Risultati ambientali</i>	Recupero ~90 ton/anno di fosforo; riduzione emissioni ~240 t CO ₂ eq/anno; ottimizzazione uso digestato.

<i>Risultati economici</i>	Riduzione dipendenza da fosforo importato; maggiore efficienza fertilizzazione agricola.
<i>Risultati sociali</i>	Aumento sicurezza alimentare nazionale; benefici per aziende agricole e filiere connesse.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Replicabilità presso impianti di digestione anaerobica di scarti organici con digestante pompabile, anche afferenti alla zootecnia, di dimensioni medio-grandi. Il requisito dimensionale si rende necessario in relazione all'entità dell'investimento e al know how tecnico gestionale richiesti. Ulteriormente per tutti gli aspetti autorizzativi connessi all'operazione di recupero da rifiuto e alla qualificazione come End of Waste per la replicabilità è necessario un fortissimo effort ed expertise in materia di normativa e procedure ambientali.
<i>Barriere</i>	Assenza di regolamentazione sul tema della circolarità; Investimenti iniziali alti; Riconoscimento dello status di sottoprodotto

4.3.2.3 Progetto Sircular (Orim Srl)

Il progetto 'Industrial Recycling Solutions for Silicon and Silver from EoL Photovoltaic Panels' (LIFE24-ENV-IT-SIRCULAR/101213673) affronta il riciclo dei pannelli fotovoltaici a fine vita integrando processi fisici e chimici sostenibili. Questo progetto, di 36 mesi, con un budget di 5,65 milioni di euro e un cofinanziamento della Comunità Europea pari al 60%, si concentra su soluzioni integrate e sostenibili per il riciclo di materiali ad alto valore, in particolare del silicio e argento, dalle matrici dei pannelli fotovoltaici. In questo progetto vengono combinati un processo fisico per la concentrazione del silicio (purezza >99%), il cui brevetto (Circular Silicon) è di proprietà di un'azienda tedesca (CSE GmbH), con un processo idrometallurgico per il recupero dell'argento, brevettato dall'Università dell'Aquila con il nome Silver-REC, che sarà sviluppato da SWE Srl e realizzato all'interno dello stabilimento della Orim Srl.

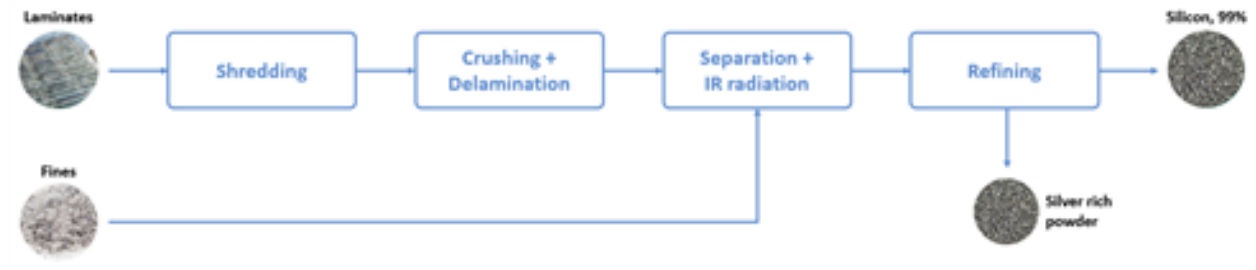


Figura 8 SIRCULAR: Separazione meccanica presso CSE

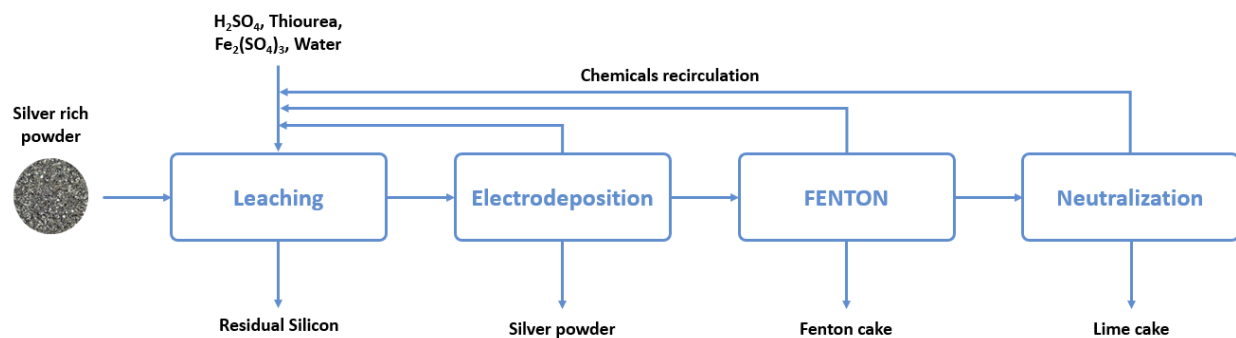


Figura 9 SIRCULAR: Processo idrometallurgico presso ORIM

All'interno di questo progetto vengono coinvolte diverse realtà, sia industriali sia accademiche. Capofila è B.F.C. Sistemi Srl, azienda attiva nell'ingegneria e nella costruzione di impianti industriali, sistemi meccanici e soluzioni di impiantistica complessa.

Il partenariato include inoltre:

- Circular Silicon Europe GmbH, un'azienda cleantech innovativa con sede in Germania, specializzata nel riciclo avanzato dei pannelli fotovoltaici.
- Orim Srl, realtà italiana con oltre quarant'anni di esperienza nel recupero di rifiuti industriali attraverso tecniche idrometallurgiche.
- Smart Waste Engineering Srl, spin-off dell'Università dell'Aquila che, grazie all'impiego di impianti pilota, applica operativamente i processi sviluppati in ambito universitario.
- Il Dipartimento di Ingegneria Chimica dell'Università dell'Aquila, che si occupa dell'analisi dei materiali in ingresso e in uscita, contribuendo all'ottimizzazione del processo chimico e alla caratterizzazione dei prodotti finali.

L'approccio innovativo migliorerà il recupero delle risorse, ottimizzerà la gestione dei rifiuti, ridurrà la generazione di materiali pericolosi, ridurrà il consumo di energia e la produzione di acque reflue, con i seguenti obiettivi specifici:

1. ottimizzazione di due linee di separazione di laminati di Si da 2.000 t/anno presso la sede di CSE e da 8.000 t/anno presso la sede del cliente CSE, garantendo una produzione totale di 1.500 t/anno di silicio selezionato con un livello di purezza del 90%;
2. implementazione di un processo di raffinazione del silicio da 500 t/anno per ottenere silicio con una purezza del 99% presso la sede CSE;
3. progettazione e costruzione di un impianto idrometallurgico di 1.500 tonnellate/anno per la lavorazione del silicio selezionato per estrarre il 99% di purezza di silicio e argento presso la sede di Orim.

Questo approccio punta alla replicazione commerciale e mostra un impatto ambientale significativo, con un risparmio energetico stimato del 97,52% e una riduzione delle emissioni di gas serra del 98,19%.

<i>Localizzazione</i>	Bassa Sassonia (Germania); Marche
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Società privata
<i>Partnership</i>	B.F.C. SISTEMI SRL
<i>Settori</i>	Riciclo
<i>Target di riferimento</i>	Aziende private operanti nel settore del riciclo dei moduli fotovoltaici e della gestione dei rifiuti elettronici, nonché produttori di materiali e componenti per l'industria fotovoltaica. Possono inoltre beneficiare della buona pratica enti di ricerca, università e centri tecnologici impegnati nello sviluppo di processi di economia circolare. Tra i beneficiari indiretti rientrano le autorità pubbliche e gli enti di regolamentazione ambientale.
<i>Livello di applicazione</i>	Unione Europea; Internazionale
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Programma UE
<i>Entità del finanziamento</i>	60% Orim Srl
<i>Stima costi di investimento</i>	5.652.563 €

<i>CRM</i>	Silicio
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 7 - Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo
<i>Classificazione</i>	Buona pratica futuribile
<i>Risultati ambientali</i>	Recupero di silicio e argento ad alta purezza; riduzione rifiuti pericolosi e consumo energetico.
<i>Risultati economici</i>	Ottimizzazione linee industriali di riciclo; creazione business plan scalabile a livello europeo.
<i>Risultati sociali</i>	Rafforzamento competenze tecniche e innovazione nella filiera fotovoltaica europea.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Sviluppo di un processo sostenibile per il recupero di silicio e argento con un forte potenziale di replicabilità geografica, settoriale e industriale. Grazie alla crescente domanda globale di soluzioni di economia circolare, alla scalabilità dei processi fisici e idrometallurgici e a partnership internazionali, i risultati del progetto possono essere adottati oltre l'area iniziale. La strategia di replicazione prevede dimostrazioni industriali, trasferimento di know-how, modelli di licensing ed espansione in nuovi mercati, contribuendo a una gestione più efficiente e sostenibile.
<i>Barriere</i>	Processo complesso da rendere circolare; Scarso utile sul capitale investito; Volatilità del prezzo.

4.3.2.4 Start up Orbita Technologies

Orbita Technologies SRL è una Startup Innovativa la cui mission è progettare, produrre e commercializzare sistemi automatizzati per il trattamento dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), con una particolare attenzione al disassemblaggio delle schede elettroniche con la finalità di i) individuazione e riconoscimento di componenti al fine di riuso/remanufacturing; ii) estrazione di materie prime seconde ad alto valore d’uso (c.d. Critical Raw Materials – CRM). Il progetto nasce nell’ambito delle Direttive 2002/96, e 2008/98 che sanciscono il principio della “Responsabilità estesa del produttore” con particolare riferimento ai RAEE e del Piano d’azione Europeo sulle Materie Prime Critiche. La *vision* dell’azienda è infatti quella di promuovere la gestione eco-efficiente dei prodotti a fine-vita, riducendo l’impatto ambientale e sostenendo l’economia circolare.

Attraverso l’utilizzo integrato di robotica ed intelligenza artificiale, essa mira ad innovare i processi di trattamento, disassemblaggio e recupero di componenti e materiali da rifiuti elettronici, migliorandone l’efficienza tecnica, economica ed ambientale. Nel breve periodo, si impegna a creare la struttura necessaria per la ricerca, lo sviluppo e la produzione di impianti per il disassemblaggio delle schede elettroniche caratterizzati da soluzioni all’avanguardia. Nel lungo periodo, l’obiettivo è quello di stabilire un “ciclo chiuso” virtuoso ed efficiente di trattamento della componentistica elettronica, coinvolgendo tutti gli attori del sistema, a partire dai produttori di dispositivi elettronici, fino agli impianti di trattamento, consentendo l’estrazione e il riciclo efficiente di materie prime critiche dai RAEE.

<i>Localizzazione</i>	Abruzzo
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Startup innovativa
<i>Settori</i>	Elettronica; Riciclo; Riparazione e riuso; Tecnologia digitale
<i>Target di riferimento</i>	Aziende pubbliche e private; Enti del terzo settore; Enti territoriali
<i>Livello di applicazione</i>	Internazionale
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Privato
<i>Stima costi di investimento</i>	2.000.000 €

<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 7 - Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo
<i>Classificazione</i>	Buona pratica reale
<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione dell'impatto ambientale del trattamento dei RAEE tramite disassemblaggio automatizzato ad alta efficienza; incremento dei tassi di recupero di materie prime critiche; diminuzione del conferimento in discarica di componenti elettronici.
<i>Risultati economici</i>	Efficientamento dei processi di riciclo mediante microfactory modulari; valorizzazione economica di componenti riutilizzabili e di materie prime seconde ad alto valore; riduzione dei costi operativi di trattamento dei RAEE.
<i>Risultati sociali</i>	Creazione di occupazione qualificata in ambito robotica e intelligenza artificiale; sviluppo di competenze tecnologiche avanzate; rafforzamento della filiera europea del riciclo elettronico.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Molto alta grazie alla modularità delle microfactory, installabili direttamente nelle piattaforme di riciclo RAEE, grazie alla dimensione molto contenuta del modulo base.
<i>Barriere</i>	Cambiamento comportamentale; Volatilità del prezzo

4.3.2.5 RarEarth s.r.l.

Le terre rare rivestono un ruolo strategico per la transizione energetica e per numerosi settori industriali, in particolare per la produzione di magneti permanenti ad alte prestazioni (NdFeB). Tuttavia, l'Europa risulta fortemente dipendente dalle importazioni, con circa il 90% della produzione globale di tali magneti concentrata in Cina. La domanda di magneti NdFeB, fondamentali per applicazioni quali turbine eoliche, motori elettrici, robotica e difesa, è destinata a triplicare entro il 2030, raggiungendo un valore di mercato globale pari a 36 miliardi di euro. Sebbene il territorio europeo disponga di giacimenti di terre rare, la loro attivazione richiederebbe tempi pluridecennali. Parallelamente, si registra una carenza di infrastrutture dedicate al riciclo di questi materiali, che vengono pertanto dispersi a fine vita. Le tecnologie di riciclo convenzionali, basate su processi di frantumazione e separazione, si dimostrano inefficaci: i componenti magnetici tendono ad aderire ai macchinari, generando criticità operative, mentre la separazione della polvere magnetica, presente in quantità ridotte, risulta complessa e poco efficiente.

In tale contesto, la buona pratica RarEarth ha sviluppato una soluzione innovativa e scalabile per il riciclo dei magneti NdFeB, consentendo la trasformazione dei rifiuti in materie prime secondarie e in magneti rigenerati ad alte prestazioni. Il processo si avvia attraverso l'interazione con detentori di asset a fine vita, quali operatori dei settori eolico, medicale e della gestione dei RAEE, che individuano in RarEarth un partner in grado di gestire le criticità normative e operative connesse allo smaltimento di componenti complessi.

Mediante tecnologie proprietarie di estrazione e trattamenti meccano-chimici coperti da brevetto, i magneti esausti vengono sottoposti a rimozione dei rivestimenti e successiva rigenerazione. Grazie a un processo di tipo short-loop, che ottimizza la struttura microcristallina della lega, si ottengono prodotti finali caratterizzati da elevate prestazioni magnetiche. Tale modello non solo consente di sollevare i fornitori dagli oneri legati alla gestione dei rifiuti, ma garantisce anche alle industrie manifatturiere un approvvigionamento di magneti sostenibile, etico e meno dipendente da monopoli esteri.

<i>Localizzazione</i>	Lombardia
<i>Settori</i>	Riciclo Magneti Permanenti NdFeB
<i>Target di riferimento</i>	Da una parte il focus è verso i detentori di asset a fine vita contenenti magneti NdFeB: operatori del settore eolico (turbine), sanitario (risonanze magnetiche), mobilità elettrica o ibrida e gestori RAEE che necessitano di soluzioni circolari per lo smaltimento. Dall'altra si rivolge ad aziende manifatturiere e system integrator che richiedono magneti NdFeB ad alte prestazioni, ma cercano indipendenza strategica e stabilità nelle forniture rispetto al monopolio estrattivo cinese.
<i>Livello di applicazione</i>	Unione Europea; Internazionale; Nazionale
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Pubblico-privato
<i>CRM</i>	Terre rare
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 6 - Tecnologia dimostrata in ambiente (industrialmente) rilevante
<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione dell'impatto ambientale associato all'estrazione primaria di terre rare grazie al riciclo dei magneti NdFeB; riduzione delle emissioni di CO ₂ e dei rifiuti speciali tramite processi di rigenerazione a minore intensità energetica.
<i>Risultati economici</i>	Riduzione della dipendenza da fornitori extra-UE di magneti permanenti; stabilizzazione dei costi di approvvigionamento; creazione di nuove catene del valore basate su materie prime seconde ad alte prestazioni.
<i>Risultati sociali</i>	Rafforzamento dell'autonomia strategica europea sulle terre rare; supporto allo sviluppo delle filiere dell'energia rinnovabile e della mobilità elettrica; promozione di collaborazioni tra imprese industriali e centri di ricerca.

<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Modello flessibile e scalabile, in grado di adattarsi a diverse fonti di rifiuti contenenti magneti, adattando solo la parte di smontaggio. Questo approccio, unito alla capacità di automatizzare il processo di smontaggio e riciclo dei motori, consente di massimizzare l'efficienza produttiva e ridurre i costi operativi, rendendo il modello altamente competitivo.
<i>Barriere</i>	Cambiamento comportamentale

4.3.2.6 *Recupero indiretto di fosforo da pluri-sorgente: la produzione adattiva di fertilizzanti bio-based (UC4 – LANDFEED)*

Nell’ambito del progetto HORIZON EUROPE intitolato LANDFEED (“Unlocking Efficient Bio-based Fertilisers for Soil Sustainability from Underutilised Side Streams”) periodo settembre 2024–agosto 2028, il caso d’uso UC4 – Multi-waste (Italia), coordinato dall’Università degli Studi di Catania in collaborazione con ENEA, sviluppa una strategia di recupero indiretto del fosforo da fonti multiple (pluri-sorgente). A differenza di processi più complessi, in cui il fosforo viene estratto e concentrato direttamente sotto forma di sali, nell’approccio seguito il fosforo (insieme agli altri nutrienti N, P, K) viene valorizzato in forma aggregata all’interno di un fertilizzante bio-based (BBF) ottenuto dal mixing controllato di più matrici residuali pretrattate.

Le fonti valorizzate sono sette matrici residuali del territorio siciliano: fanghi industriali, fanghi di depurazione urbani, fanghi di acquacoltura, ceneri vulcaniche (Etna), sottoprodotti della lavorazione degli agrumi (sanse di arancia), digestato agricolo e residui della produzione algale di fitostimolanti (questi ultimi attualmente considerati come opzione futura per la ridotta disponibilità). L’obiettivo è valorizzare il fosforo come risorsa, favorendo la chiusura dei cicli dei nutrienti su scala territoriale e l’utilizzo circolare dei sottoprodotti in sostituzione dei fertilizzanti di origine fossile/minerale, riducendo la domanda di fosforo vergine importato.

L’innovazione risiede nel passaggio da un approccio *input-driven* (la miscela dipende dai residui disponibili e produce un compost standardizzato a basso valore) a un approccio *output-driven*: la progettazione parte dalle caratteristiche funzionali e qualitative desiderate del prodotto finale e seleziona/combina razionalmente i flussi in ingresso. Da qui la strategia di formulazione adattiva, in cui i flussi residuali vengono combinati dinamicamente in base alle caratteristiche del fertilizzante desiderato e alla disponibilità locale delle materie prime, garantita attraverso la realizzazione di una rete di Simbiosi Industriale promossa da ENEA.

Il processo si articola nelle seguenti fasi: 1) eventuale pre-trattamento dei fanghi civili mediante essiccamento in serra solare (riduzione dell'umidità e del carico microbico, adatto per il clima mediterraneo); 2) pre-trattamento mediante compostaggio termofilo aerobico in cumuli rivoltati per la stabilizzazione e igienizzazione dei soli fanghi civili e agroindustriali ; 3) mixing multi-matrice dei fanghi compostati con digestato da scarti agroindustriali, con residui della lavorazione industriale degli agrumi e con fanghi da acquacoltura per ottimizzare il profilo NPK; 4) ulteriore mixing con ceneri vulcaniche ^[1,2] come condizionante minerale e stabilizzante dei nutrienti e per migliorare le condizioni di permeabilità nei terreni limo-argillosi. Il prodotto finale è un ammendante compostato misto destinato al mercato italiano (D.Lgs. 75/2010, che ammette fino al 35% p/p di fanghi) e, in prospettiva, ad altri Paesi UE (Reg. (UE) 2019/1009), con l'obiettivo del riconoscimento End of Waste ^[3].

<i>Localizzazione</i>	Sicilia (Italia)
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Ente di ricerca / Università (Università di Catania)
<i>Partnership</i>	Università degli Studi di Catania (UNICT); ENEA, IRECOM s.r.l., Società Agricola Assoro Biometano nell'ambito dell'Use Case 4 (UC4) del progetto LANDFEED
<i>Settori</i>	Agricoltura; Fertilizzanti; Industrie bio-based; Riciclaggio; Sostanze chimiche; Gestione delle acque reflue
<i>Target di riferimento</i>	Gli stakeholder sono molteplici: 1) produttori dei flussi/scarti pluri-sorgente da valorizzare (imprese agricole e agroindustriali, gestori del ciclo idrico integrato, allevamenti ittici, impianti di digestione anaerobica); 2) Fornitori di tecnologie e impianti per la valorizzazione dei residui organici e per la produzione di biofertilizzanti (gestori di impianti di compostaggio, di produzione di biofertilizzanti, di produzione di composti stimolanti e ad azione specifica etc.); 3) utilizzatori finali di fertilizzanti bio-based (BBF) ad alto profilo NPK (aziende agricole, vivai, etc..)
<i>Livello di applicazione</i>	Regionale (Sicilia); Filiera; con prospettiva di capitalizzazione a livello UE ed extra UE
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore; Simbiosi industriale territoriale

<i>Tipo di finanziamento</i>	Programma UE – Horizon Europe (progetto LANDFEED)
<i>CRM</i>	Fosforo
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Rifiuti, Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica e Metodologica (innovazione di processo – strategia di formulazione adattiva “output-driven”)
<i>TRL</i>	TRL 8 – Tecnologia validate in ambiente operativo
<i>Livello di attuazione</i>	Applicata a casi reali (fase di sperimentazione pilota nel progetto in corso 2024–2028)
<i>Classificazione</i>	Buona Pratica Fruibile
<i>Risultati ambientali</i>	Recupero indiretto di fosforo e degli altri nutrienti N, P, K in forma aggregata all’interno di un fertilizzante bio-based, in sostituzione di fertilizzanti minerali/fossili; Valorizzazione di 7 matrici residuali pluri-sorgente — fanghi industriali, fanghi di depurazione, fanghi di acquacoltura, ceneri vulcaniche, sottoprodotti agrumari, digestato, residui microalgali — altrimenti destinate a smaltimento; chiusura dei cicli dei nutrienti su scala territoriale;
<i>Risultati economici</i>	Riduzione della dipendenza da fosforo importato/vergine; Trasformazione del compost da sottoprodotto a basso valore a fertilizzante differenziato e ad alto valore di mercato (approccio output-driven); riduzione dei costi di smaltimento dei rifiuti; promozione della simbiosi industriale territoriale
<i>Risultati sociali</i>	Aumento della sicurezza alimentare e dell'autonomia strategica nazionale nel ciclo del fosforo; benefici per le aziende agricole e per le filiere agroalimentari connesse; valorizzazione delle specificità territoriali siciliane
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Strategia di formulazione adattiva: i flussi residuali vengono combinati dinamicamente in funzione delle caratteristiche desiderate del fertilizzante e della disponibilità locale delle materie prime, rendendo il modello replicabile presso impianti di compostaggio/co-compostaggio autorizzati (capacità dell'ordine di ~20.000 t/anno). La replicabilità in altri Paesi UE richiede l'adattamento delle formulazioni ai

	limiti del Reg. (UE) 2019/1009 e il superamento degli aspetti autorizzativi e di qualificazione End of Waste
<i>Barriere</i>	Assenza/insufficienza di regolamentazione armonizzata sulla circolarità; vincoli normativi sull'impiego dei fanghi (limite 35% p/p ex D.Lgs. 75/2010 e differenze tra Stati membri UE); riconoscimento dello status di End of Waste; variabilità chimico-fisica e disponibilità non costante delle materie prime (es. residui microalgali, attualmente opzione futura); investimenti iniziali e know-how tecnico-gestionale

4.3.3 Buone pratiche di economia circolare con ricadute indirette sulle materie prime

4.3.3.1 *Modelli premianti di responsabilità circolare: biometano volano di aggregazione e sostenibilità territoriale (Acqua&Sole)*

Presso il Centro di recupero degli elementi nutritivi da scarti del ciclo di produzione e consumo degli alimenti esercito a Vellezzo Bellini (PV) da Acqua&Sole srl dal 2016 si attua un processo di co-digestione termofila di scarti organici, soprattutto fanghi di depurazione, che rende disponibili una molteplicità di prodotti e servizi: digestato e solfato ammonico, sostitutivi dei fertilizzanti chimici, biometano, energia elettrica e termica da fonte rinnovabile, e, a breve, sali di fosforo. L'impianto è unico in Europa per dimensione, processo e tipologia di substrati trattati. Esso, infatti, attua una digestione a 55°C in regime semi-dry, ossia con un contenuto di sostanza secca di circa il 15% nel digestato. L'impianto, già dalle sue origini, nasce autosufficiente dal punto di vista energetico (elettrico e termico) grazie ad ottimizzazioni progettuali (isolamento dei digestori) e di processo (selezione dei rifiuti in ingresso, co-digestione dei fanghi di depurazione con altri rifiuti dell'industria agroalimentare e del recupero della FORSU) che lo hanno reso un produttore netto di energia: oltre a soddisfare il proprio fabbisogno energetico, il Centro ha da sempre esportato in rete circa i due terzi dell'energia complessivamente prodotta a partire dal biogas derivante dalla digestione anaerobica. Nel 2023 è stata completata l'installazione all'interno del Centro dell'impianto di *upgrading* per la trasformazione di parte del biogas prodotto in biometano, da cedere nella rete gas locale o presso la stazione di servizio appositamente realizzata da Acqua&Sole, presso l'impianto stesso, per la distribuzione al dettaglio per autotrazione.

Il biometano e la stazione di servizio sono diventati per il territorio strumento di sensibilizzazione della cittadinanza, dialogo tra stakeholder e aggregazione della comunità locale: sono state infatti stipulate nel 2026 convenzioni per la vendita per autotrazione del biometano e dell’energia prodotta dal Centro a prezzi agevolati per i cittadini di 11 comuni vicini, con una scontistica crescente con la virtuosità della raccolta differenziata dei propri comuni di residenza. Tali convenzioni si inseriscono in un più ampio Patto Territoriale finalizzato alla promozione dell’uso per autotrazione del biometano per una transizione verde della mobilità del territorio e alla sensibilizzazione dei cittadini sui temi dell’economia circolare e della riduzione delle emissioni ad effetto serra connesse agli stili di vita privati. La scontistica sul biometano, infatti, viene affiancata da iniziative di promozione e incentivazione della conversione a biometano del parco mezzi circolante sul territorio.

Complessivamente, quindi, l’impianto di digestione anaerobica e la produzione di energia e biometano sono il fulcro di un modello territoriale premiante che interessa circa 50.000 persone e che promuove significative riduzioni delle emissioni ad effetto serra del distretto locale mediante:

- Sostituzione dei fertilizzanti di sintesi;
- Recupero del fosforo in agricoltura in forma aggregata (mediante il digestato) e di sali;
- Attuazione di carbon farming grazie alla sostituzione dei fertilizzanti chimici con organici (digestato) impiegati con tecniche di minima lavorazione del suolo;
- Produzione di energia elettrica e termica rinnovabile;
- Produzione di biometano per uso civile (rete locale) e autotrazione;
- Promozione della conversione/sostituzione con biometano o elettrico del parco mezzi circolante.

<i>Localizzazione</i>	Lombardia
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Società privata
<i>Partnership</i>	Pubblico-privata, Acqua&Sole srl e 11 Comuni del territorio
<i>Settori</i>	Energia e servizi pubblici; Industrie bio-based; Raccolta differenziata; Sviluppo sostenibile
<i>Target di riferimento</i>	Partenariati pubblico-privati; enti locali; cittadini; PMI; imprese del settore dei trasporti
<i>Livello di applicazione</i>	Rurale; Filiera

<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato Territoriale
<i>Tipo di finanziamento</i>	Privato
<i>Entità del finanziamento</i>	100% fondi privati
<i>Stima costi di investimento</i>	5.000.000
<i>CRM</i>	Fosforo
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Metodologica
<i>TRL</i>	9
<i>Livello di attuazione</i>	Già applicata a casi reali
<i>Classificazione</i>	Buona pratica reale
<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione emissioni grazie alla sostituzione carburanti fossili con biometano ed energia rinnovabile.
<i>Risultati economici</i>	Riduzione annua di ~100.000 € per la mobilità privata dei cittadini; valorizzazione economica degli scarti organici.
<i>Risultati sociali</i>	Rafforzamento coesione territoriale, cittadinanza attiva e modelli premianti di responsabilità circolare.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Presenza di impianti di digestione anaerobica che rendano disponibili sul territorio biometano, parco veicoli circolante a biometano, capacità di cooperazione territoriale e sinergia pubblico-privata
<i>Barriere</i>	Assenza di regolamentazione sul tema della circolarità; Standard mancanti

4.3.3.2 *Produzione di solfato ammonico End of Waste dal recupero di scarti del ciclo e produzione degli alimenti (Acqua&Sole)*

Presso il Centro di recupero degli elementi nutritivi da scarti del ciclo di produzione e consumo degli alimenti esercito a Vellezzo Bellini (PV) da Acqua&Sole srl dal 2016 si attua un processo di co-digestione termofila di scarti organici, soprattutto fanghi di depurazione, che rende disponibili una molteplicità di prodotti e servizi: digestato e solfato ammonico, sostitutivi dei fertilizzanti chimici, biometano, energia elettrica e termica da fonte rinnovabile, e, a breve, sali di fosforo.

L'impianto è unico in Europa per dimensione, processo e tipologia di substrati trattati. Esso, infatti, attua una digestione a 55°C in regime semi-dry, ossia con un contenuto

di sostanza secca di circa il 15% nel digestando. A tale contenuto di sostanza secca e temperatura, il processo biologico anaerobico applicato a tale tipologia di substrati genera ammoniaca libera che diventa, se non gestita opportunamente, inibente per il corretto esplicarsi del processo stesso. È quindi fondamentale, per il funzionamento dell'impianto, la gestione dell'ammoniaca prodotta dai processi biologici, motivo per cui esso è dotato di un sistema per lo strippaggio con aria della stessa dal digestando, mediante tecnologia a film sottile. L'ammoniaca strippata dalla corrente di aria viene poi recuperata, mediante reazione con soluzione di acido solforico, per la produzione di una soluzione di solfato ammonico a circa il 7% di contenuto di azoto, un prodotto registrato REACH e presso il Registro dei Fertilizzanti del Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste e impiegato in sostituzione dei fertilizzanti di sintesi coi normali sistemi di fertirrigazione in uso presso il mondo agricolo.

Tale forma di recupero, inoltre, consente inoltre di ottimizzare ed efficientare l'impiego agricolo del digestato, ridotto nel suo contenuto di azoto, in sostituzione di concimi di origine chimica.

<i>Localizzazione</i>	Lombardia
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Impresa
<i>Partnership</i>	nessuna
<i>Settori</i>	Agricoltura; Fertilizzante; Industrie bio-based; Sostanze chimiche
<i>Target di riferimento</i>	Aziende agricole; industria chimica, industria agroalimentare sono i principali utilizzatori dell'End of Waste recuperato. La BP può essere replicata dai gestori degli impianti di recupero di scarti organici che vengano digeriti anaerobicamente
<i>Livello di applicazione</i>	Rurale, Filiera
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Privato
<i>Entità del finanziamento</i>	100% privato
<i>Stima costi di investimento</i>	5.000.000
<i>CRM</i>	Fosforo
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica

<i>TRL</i>	TRL 9 - Sistema reale provato in ambiente operativo (produzione competitiva, commercializzazione)
<i>Livello di attuazione</i>	Regionale
<i>Classificazione</i>	Buona pratica reale
<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione uso materie prime vergini grazie alla produzione di solfato ammonico rinnovabile; migliore stabilizzazione e igienizzazione degli scarti.
<i>Risultati economici</i>	Aumento resa biogas/biometano; sostituzione di fertilizzanti non rinnovabili per uso agricolo e industriale.
<i>Risultati sociali</i>	Supporto alle imprese agricole e agroalimentari; incremento sicurezza alimentare tramite cicli produttivi più sostenibili.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Applicabile, pur con tecnologie diverse, non brevettate, da tutti gli impianti di digestione anaerobica di scarti organici. È necessario però un elevato know how sia tecnico-scientifico che normativo per la progettazione, realizzazione e gestione dell'impianto oltre che dell'espletamento delle procedure autorizzative e di registrazione REACH. In assenza di un adeguato network a valle la collocazione dell'End of Waste recuperato può essere difficoltosa.
<i>Barriere</i>	Armonizzazione della legislazione dell'UE; Assenza di regolamentazione sul tema della circolarità; Investimenti iniziali alti; Standard mancanti

4.3.3.3 *Respetto: la totale circolarità del tessile (Regenstech)*

Respetto™ è una tecnologia brevettata capace di rigenerare qualsiasi tipo di rifiuto tessile — pre o post consumo, naturale o sintetico, monomateriale o misto — senza la necessità di selezione in ingresso, grazie ad un sistema ibrido che combina riciclo meccanico avanzato, automazione industriale e scienza dei materiali, che trasforma i tessuti in una nuova materia prima seconda: una plastica riciclata e riciclabile, di altissima qualità, personalizzabile in base alle esigenze del cliente.

Il risultato è una nuova generazione di materiali sostenibili, con caratteristiche funzionali su misura:

- Resistenza ai raggi UV
- Compatibilità alimentare
- Neutralità di odore
- Ampia gamma cromatica

Ad oggi, sono state sviluppate oltre 80 formulazioni diverse, pronte per essere utilizzate in svariati settori: dal design all'automotive, dalla moda agli arredi tecnici.

In questo scenario, nasce la collaborazione tra Regenesi e Cassina, con l'obiettivo di dare una seconda vita agli scarti tessili provenienti dalle lavorazioni interne, chiudendo il cerchio in modo concreto e misurabile. Grazie alla tecnologia *Respetto™*, gli scarti di produzione sono stati trasformati in una nuova materia prima seconda, utilizzata da Cassina per rieditare una selezione iconica di sedie, firmate da Philippe Stark.

<i>Localizzazione</i>	Emilia-Romagna
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Impresa
<i>Settori</i>	Abbigliamento e industria della moda; Arredamento per la casa; Industria automobilistica; Tessile abbigliamento e pelle
<i>Target di riferimento</i>	Aziende del settore tessile (moda/tessile casa) e consorzi di aziende che devono ottemperare alla normativa sull'EPR tessile
<i>Livello di applicazione</i>	Unione Europea; Internazionale; Nazionale; Filiera
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Privato
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime secondarie
<i>Tipo di applicazione</i>	Tecnologica
<i>TRL</i>	TRL 7 - Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo
<i>Classificazione</i>	Buona pratica reale
<i>Risultati ambientali</i>	Riciclo avanzato di rifiuti tessili senza selezione iniziale; riduzione scarti moda e arredo.

<i>Risultati economici</i>	Creazione di materiali riciclati di alta qualità con nuove applicazioni industriali; ampliamento mercati per materiali secondari.
<i>Risultati sociali</i>	Valorizzazione artigianato italiano; nuovi modelli collaborativi nella filiera tessile.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	La collaborazione tra Regenesi e Cassina nasce con l'obiettivo di dare una seconda vita agli scarti tessili provenienti dalle lavorazioni interne, chiudendo il cerchio in modo concreto e misurabile. Con la tecnologia RispettoTM, gli scarti di produzione sono trasformati in una nuova materia prima seconda, utilizzata da Cassina per rieditare una selezione iconica di sedie. Con questo progetto il design d'autore e sostenibilità possono convivere, generando valore estetico ed etico allo stesso tempo.
<i>Barriere</i>	Assenza di regolamentazione sul tema della circolarità

4.3.3.4 Soluzioni di co-branding: quando la sostenibilità incontra l'innovazione (Regenesi)

Il *co-branding* è un metodo con cui i materiali di scarto dei nostri partner in nuove linee di prodotto che combinano sostenibilità e design, creando valore per entrambi i brand.

Esempi:

1. Dainese, leader mondiale nell'abbigliamento tecnico per motociclisti, cercava un modo per combinare la sua passione per le prestazioni sportive e trasferire l'adrenalina delle gare di MotoGP in un progetto di sostenibilità, in un periodo di profonda trasformazione dell'azienda. È stata creata quindi una collezione esclusiva di accessori recuperando la pelle delle tute utilizzate dai piloti di MotoGP: portachiavi, cinture, custodie e portafogli sono rinati come pezzi unici che raccontano storie di velocità e sostenibilità.

Per Dainese, questo progetto ha significato:

- offrire ai fan un autentico pezzo di storia motociclistica
- dimostrare concretamente il suo impegno per l'economia circolare
- creare una linea esclusiva di prodotti con un forte valore emozionale
- Aggiungere ricavi incrementali nell'area dei memorabilia

2. Hilton Milan, durante la ristrutturazione delle sue camere, cercava una soluzione per ridurre al minimo l'impatto ambientale dei materiali di arredamento scartati e comunicare concretamente il suo impegno verso la sostenibilità ai suoi ospiti. È stata creata quindi una collezione esclusiva di accessori recuperando preziosi tessuti di arredamento Shantung. Le borse e le *clutch beauty* sono state progettate per valorizzare i motivi decorativi originali, trasformando gli scarti in eleganti omaggi per gli ospiti.

Per Hilton Milan, questo progetto ha significato:

- ridurre concretamente l'impronta di carbonio della ristrutturazione
- offrire agli ospiti un omaggio di lusso con una storia sostenibile
- celebrare l'eccellenza dell'artigianato italiano

<i>Localizzazione</i>	Emilia-Romagna; Lombardia; Veneto
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Impresa
<i>Settori</i>	Abbigliamento e industria della moda; Arredamento per la casa; Servizi B2B; Servizi per la persona e per la casa
<i>Target di riferimento</i>	Aziende manifatturiere e retailer di differenti settori
<i>Livello di applicazione</i>	Nazionale
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato Territoriale
<i>Tipo di finanziamento</i>	Privato
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Gestione rifiuti
<i>Tipo di applicazione</i>	Metodologica
<i>Livello di attuazione</i>	Già applicata a casi reali
<i>Classificazione</i>	Buona pratica reale
<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione rifiuti tramite trasformazione scarti aziendali in prodotti di design; riduzione impatto materie prime.
<i>Risultati economici</i>	Nuove linee di prodotti co-branded; ricavi incrementali per aziende partner.
<i>Risultati sociali</i>	Aumento engagement clienti e rafforzamento identità sostenibile dei brand.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Vengono coinvolte differenti filiere produttive italiano, grazie al modello organizzativo basato sul networking così che la soluzione è facilmente scalabile: dal singolo

	punto vendita o piccola azienda sino ad arrivare alla grande catena di distribuzione ed alla azienda multi-sede.
<i>Barriere</i>	Cambiamento comportamentale; Riconoscimento dello status di sottoprodotto

4.3.3.5 *Trasformiamo il futuro con il take back system, uno scarto per volta (REGENESI)*

Il *Take Back* è un approccio integrato, facilmente scalabile, che permette alle aziende di chiudere il cerchio dell'economia circolare, creando al contempo un potente strumento di engagement dei propri clienti o dei collaboratori, e di essere accompagnate in un percorso trasformativo che:

- sensibilizza i consumatori o collaboratori sull'importanza del riciclo;
- stimola comportamenti sostenibili attraverso meccanismi di ricompense;
- crea una narrazione autentica dell'impegno aziendale verso l'ambiente;
- genera valore tangibile dagli scarti, trasformandoli in nuovi oggetti di moda o design (producendo ad esempio arredi o righelli per i bambini)

<i>Localizzazione</i>	Lombardia; Emilia-Romagna
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Impresa
<i>Settori</i>	Abbigliamento e industria della moda; Servizi B2B; Servizi per la persona e per la casa
<i>Target di riferimento</i>	Aziende manifatturiere o retailer e consumatori finali
<i>Livello di applicazione</i>	Nazionale
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato Territoriale
<i>Tipo di finanziamento</i>	Privato
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Gestione rifiuti
<i>Tipo di applicazione</i>	Metodologica
<i>Livello di attuazione</i>	Già applicata a casi reali
<i>Classificazione</i>	Buona pratica reale
<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione rifiuti tramite sistemi di take-back e riciclo; trasformazione scarti in nuovi prodotti

<i>Risultati economici</i>	Nuove opportunità per prodotti riciclati; aumento valore percepito del brand.
<i>Risultati sociali</i>	Maggior sensibilizzazione di consumatori e dipendenti; stimolo a comportamenti sostenibili
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Soluzione facilmente scalabile: dal singolo punto vendita o piccola azienda sino ad arrivare alla grande catena di distribuzione ed alla azienda multi-sede
<i>Barriere</i>	Cambiamento comportamentale; Riconoscimento dello status di sottoprodotto

4.3.3.6 Progetto ILCA 4.0 Industry Life Cycle Assessment 4.0

Il progetto ILCA 4.0, sviluppato da E-Repair nell’ambito del Bando n.2 R&S della Regione Toscana (PR FESR 2021–2027), nasce da un’analisi del parco macchine installato nelle imprese italiane, che evidenzia una fase ancora intermedia nel passaggio all’Industria 4.0, nonostante l’evoluzione verso modelli 5.0. In questo contesto, il progetto si pone l’obiettivo di rafforzare la continuità produttiva delle imprese, riducendo tempi e costi legati ai fermi impianto, fattore critico in scenari di instabilità macroeconomica e cambiamenti climatici, attraverso lo sviluppo di un modello modulare, digitale e sostenibile di manutenzione industriale. È stato inoltre condotto un assessment interno in ottica Industry 5.0, con analisi dei processi secondo i principi dell’economia circolare, in linea con BS 8001:2017 e AFNOR XP X30-901:2018, integrato con lo sviluppo della Carbon Footprint dell’organizzazione, al fine di coniugare resilienza industriale e riduzione dell’impatto ambientale.

Risultati e prospettive

Il progetto ha previsto la revisione dei processi aziendali per renderli più fluidi ed efficienti attraverso l’integrazione uomo-macchina e lo sviluppo di strumenti digitali, con l’obiettivo di ampliare il paniere dei prodotti di elettronica industriale gestiti. Sono stati ottimizzati i processi di riparazione a livello di componente e di rigenerazione, finalizzati al ripristino “a ore zero” dei prodotti mediante la sostituzione delle parti soggette a usura. È stato sviluppato un sistema integrato di testing 4.0, basato su PLC, HMI e piattaforma Smart, in grado di automatizzare e standardizzare il collaudo che simula gli utilizzi tipici in ambito industriale, garantendo certificazione e tracciabilità. Sono stati inoltre introdotti processi per il recupero delle materie prime seconde dai prodotti irreparabili e sistemi di monitoraggio della Carbon Footprint, per ridurre l’impatto ambientale e le emissioni di CO₂. e sono stati applicati gli standard dell’Economia Circolare.

La Buona Pratica è replicabile in diversi contesti industriali, avendo consentito all’azienda di ampliare sia le tipologie di settori serviti sia i mercati di riferimento, estendendosi dal livello nazionale a quello europeo. Elementi chiave di trasferibilità sono la digitalizzazione dei processi e il monitoraggio della Carbon Footprint, divenuto obbligatorio dal 2025 per le grandi imprese e progressivamente esteso alle PMI. Inoltre, la crescente scarsità di materie prime e l’aumento dei costi energetici favoriscono modelli orientati al riuso, rendendo il modello applicabile e scalabile in diversi contesti produttivi. La crescente scarsità di materie prime e i costi energetici favoriscono modelli di riuso. Il modello può inoltre generare nuovi green jobs e competenze tecniche avanzate, in particolare nel reverse engineering e nella rigenerazione elettronica.

<i>Localizzazione</i>	Toscana
<i>Tipologia di organizzazione</i>	Società privata
<i>Settori</i>	Elettronica
<i>Target di riferimento</i>	Imprese manifatturiere e industriali di vario genere (es. automotive, siderurgia, packaging, energia, alimentare e chimico/farmaceutica); responsabili manutenzione e produzione; uffici acquisti ed ESG manager; OEM; system integrator; partner tecnologici; enti pubblici; e organizzazioni impegnate nella transizione circolare.
<i>Livello di applicazione</i>	Unione Europea
<i>Ambito tematico</i>	Approccio Integrato per Filiera o Settore
<i>Tipo di finanziamento</i>	Pubblico-privato
<i>Entità del finanziamento</i>	403.466 €
<i>Stima costi di investimento</i>	1.180.000 €
<i>Fase del ciclo di vita</i>	Materie prime seconde
<i>Tipo di applicazione</i>	Metodologica
<i>Livello di attuazione</i>	Già applicata a casi reali
<i>Classificazione</i>	Buona pratica reale

<i>Risultati ambientali</i>	Riduzione dei rifiuti industriali e delle emissioni di CO ₂ (Scope 3) tramite riparazione, rigenerazione e riuso di componenti elettronici industriali; recupero di materie prime seconde dai prodotti non riparabili; monitoraggio strutturato della Carbon Footprint.
<i>Risultati economici</i>	Diminuzione dei costi legati ai fermi impianto; estensione del ciclo di vita degli asset industriali; aumento della resilienza produttiva in contesti di scarsità di materie prime e incremento dei costi energetici.
<i>Risultati sociali</i>	Creazione di green jobs e competenze avanzate nel reverse engineering e nella manutenzione 4.0; supporto alla continuità produttiva delle imprese; allineamento agli standard europei di economia circolare e sostenibilità.
<i>Replicabilità/scalabilità</i>	Elementi chiave di trasferibilità sono la digitalizzazione dei processi e il monitoraggio della Carbon Footprint, divenuto obbligatorio dal 2025 per le grandi imprese e progressivamente esteso alle PMI. Inoltre, la crescente scarsità di materie prime e l'aumento dei costi energetici favoriscono modelli orientati al riuso, rendendo il modello applicabile e scalabile in diversi contesti produttivi. La crescente scarsità di materie prime e i costi energetici favoriscono modelli di riuso. Il modello può inoltre generare nuovi green jobs e competenze tecniche avanzate, in particolare nel <i>reverse engineering</i> e nella rigenerazione elettronica.
<i>Barriere</i>	Accesso ai finanziamenti; Armonizzazione della legislazione dell'UE; Assenza di regolamentazione sul tema della circolarità; Definizioni di rifiuto

4.4 Analisi di sintesi trasversale delle buone pratiche

4.4.1 Buone pratiche di economia circolare direttamente connesse alle materie prime

Le caratteristiche strutturali e di contesto delle buone pratiche di economia circolare direttamente connesse alle materie prime evidenziano una prevalente localizzazione delle implementazioni nel Centro-Nord Italia (Veneto, Marche, Lombardia), con interessanti eccezioni in Puglia (Arabat) e Abruzzo (Orbita), nonché una proiezione internazionale rappresentata dal progetto Sircular (Bassa Sassonia, Germania).

Con riferimento alle tipologie organizzative e alle partnership, emerge una chiara dicotomia tra startup innovative (9Tech, Arabat, Orbita) e imprese consolidate (Orim, Acqua&Sole, B.F.C. Sistemi). Nei progetti più complessi, come Graphirec, si rileva la presenza di partnership articolate che coinvolgono università e associazioni europee, in particolare per la gestione di filiere critiche come quella della grafite.

Dal punto di vista dei finanziamenti e degli investimenti, si osserva una possibile correlazione tra la complessità delle materie prime critiche (CRM) trattate e l'entità delle risorse allocate. I progetti legati alle batterie e al fotovoltaico (Graphirec e Sircular) beneficiano di programmi europei con investimenti superiori ai 5 milioni di euro. Al contrario, le startup tendono a basarsi su capitali privati o su modelli misti pubblico-privati, generalmente di entità inferiore. Tutte le buone pratiche adottano un approccio integrato di filiera e si rivolgono prevalentemente a stakeholder B2B, quali gestori di RAEE, produttori di batterie, aziende energetiche e, nel caso del fosforo, operatori del settore agricolo.

Le caratteristiche tecnologiche e operative evidenziano che tutte le pratiche analizzate sono di natura tecnologica e intervengono principalmente nella fase finale del ciclo di vita, ossia nella gestione dei rifiuti e nel recupero di materie prime seconde. Le buone pratiche coprono un ampio spettro di CRM: silicio, alluminio e rame (fotovoltaico); litio e grafite (batterie); fosforo (fanghi); terre rare (magneti).

Il livello di maturità tecnologica (TRL) risulta complessivamente elevato, collocandosi tra TRL 5 e TRL 7, a indicare tecnologie già validate o dimostrate in ambiente operativo. La maggior parte delle pratiche è classificata come "futuribile", ad eccezione di Orbita Technologies, identificata come "buona pratica reale", il che suggerisce una maggiore prontezza all'integrazione di mercato per le tecnologie di disassemblaggio automatizzato rispetto ai processi chimico-fisici di recupero.

La Tabella 3 sintetizza lo stato dell'arte tecnologico delle BP esaminate.

Tabella 3 Stato dell'arte tecnologico delle buone pratiche direttamente connesse alle materie prime

BP	Ambito	CRM Trattate	TRL	Risultato Ambientale / Innovazione Chiave
<i>9Tech</i>	Fotovoltaico	Alluminio, rame, silicio	6	Recupero fino al 95% dei materiali; riduzione ~3850 kg CO ₂ /ton.
<i>Arabat</i>	Batterie / E-waste		6	Processo Biologico/Biotecnologico: recupero >95% senza acidi forti.
<i>Graphirec</i>	Batterie	Grafite	7	Processo idrometallurgico a basso impatto per scarti di gigafactory.
<i>Sircular</i>	Fotovoltaico	Silicio	7	Recupero ad alta purezza; riduzione drastica di rifiuti pericolosi.
<i>Orbita Technologies</i>	RAEE		7	Disassemblaggio automatizzato (AI/Robotica) ad alta efficienza.
<i>RarEarth</i>	Magneti NdFeB	Terre rare	6	Rigenerazione magneti a bassa intensità energetica.
<i>Acqua&Sole</i>	Agricoltura	Fosforo	5	Recupero ~90 ton/anno di fosforo da digestione anaerobica.

Con riferimento alle performance e agli impatti, le buone pratiche sono orientate all'efficienza nell'uso delle risorse e alla riduzione della dipendenza strategica. Sul piano ambientale, si registrano tassi di recupero estremamente elevati, spesso superiori al 95% per metalli e materiali critici, accompagnati da una sistematica riduzione delle emissioni di CO₂ e dall'abbandono di processi altamente invasivi (quali l'impiego di acidi forti o la pirometallurgia) a favore di soluzioni idrometallurgiche o biologiche più sostenibili.

Dal punto di vista economico e sociale, la principale leva di successo risiede nella creazione di nuove catene del valore, capaci di ridurre la dipendenza dalle importazioni extra-UE, particolarmente critica per materiali come terre rare e grafite. Sul piano sociale, le buone pratiche favoriscono la creazione di occupazione qualificata in ambiti avanzati, quali robotica e intelligenza artificiale (come nel caso di Orbita), e contribuiscono al rafforzamento delle competenze tecniche nei territori.

In merito ai fattori abilitanti e limitanti, emerge che la modularità (ad esempio le micro-factory di Orbita) e la flessibilità dei modelli operativi (come RarEarth) rappresentano elementi chiave per la scalabilità. Per le pratiche basate su scarti organici (Acqua&Sole), la replicabilità risulta invece vincolata a requisiti dimensionali minimi e a specifiche competenze tecnico-gestionali.

L'analisi trasversale individua tre principali criticità comuni:

- incertezza normativa: assenza di un quadro regolatorio chiaro sull'economia circolare e difficoltà nel riconoscimento dello status di End of Waste o sottoprodotto;
- economia del capitale: elevati investimenti iniziali a fronte della volatilità dei prezzi delle materie prime, con impatti sulla redditività;
- resistenze sistemiche: necessità di cambiamenti comportamentali e di un'efficace cooperazione con le autorità locali, in particolare in relazione ai tempi autorizzativi.

In conclusione, le sette buone pratiche analizzate delineano un modello di economia circolare di tipo “tecnocentrico”, orientato alla massimizzazione del recupero di materie prime critiche dai rifiuti, con l'obiettivo di rafforzare l'autonomia strategica europea. Il nuovo Regolamento europeo sulle Batterie si configura come un rilevante fattore abilitante, in quanto impone soglie minime di contenuto riciclato e incentiva l'adozione di pratiche come Graphirec.

Le prospettive di successo appaiono legate allo sviluppo di soluzioni scalabili e decentralizzate (come nel caso di Orbita), in grado di ridurre i costi logistici e di adattarsi a flussi di rifiuti eterogenei. Tuttavia, considerati gli elevati fabbisogni di investimento e i rischi associati ai mercati delle materie prime, il consolidamento di tali pratiche richiede la presenza di incentivi pubblici stabili e prevedibili, necessari per superare lo scetticismo del mercato e le barriere all'ingresso.

4.4.2 Buone pratiche di economia circolare con ricadute indirette sulle materie prime

Le caratteristiche strutturali e di contesto delle buone pratiche con ricadute indirette sulle materie prime evidenziano una marcata concentrazione geografica nel Centro-Nord Italia, con Lombardia ed Emilia-Romagna quali principali poli di innovazione.

Con riferimento alla tipologia organizzativa e alle modalità di finanziamento, prevale nettamente la natura privata (imprese e società), sostenuta principalmente da capitali privati. Fa eccezione il progetto ILCA 4.0, caratterizzato da una struttura di finanziamento pubblico-privata e da un investimento complessivo significativo pari a circa 1,18 milioni di euro.

In termini di target e livello di applicazione, si rileva un orientamento prevalente alla filiera e al settore. Sebbene alcune buone pratiche mantengano un ambito di azione nazionale o territoriale, i modelli afferenti ai comparti tessile ed elettronico (Respetto, ILCA 4.0) presentano una proiezione europea e internazionale. Si osserva inoltre una correlazione tra la maturità del distretto industriale di riferimento e il settore di applicazione: la Lombardia si distingue per l’agroindustriale, mentre Emilia-Romagna e Toscana per il tessile e la meccanica avanzata.

Dal punto di vista tecnologico e operativo, le buone pratiche si distribuiscono in misura equilibrata tra innovazioni di natura tecnologica e metodologica. Le pratiche tecnologiche presentano un livello di maturità molto elevato (TRL 7–9), indicativo di soluzioni già validate in ambiente operativo o pienamente commercializzate. Tutte le pratiche analizzate intervengono nelle fasi finali del ciclo di vita, con particolare riferimento alla gestione dei rifiuti e al recupero di materie prime seconde. Le pratiche metodologiche risultano tutte classificate come “buone pratiche reali”, a conferma di un elevato grado di implementazione e applicazione concreta.

La Tabella 4 sintetizza i principali elementi distintivi emersi dall’analisi delle BP.

Tabella 4 Sintesi dei principali elementi distintivi emersi dall’analisi delle buone pratiche

BP	Ambito	Tipo di innovazione	Livello di maturità	Driver strategico
<i>Acqua&Sole (Solfato Ammonico)</i>	Agricoltura e fertilizzanti	Tecnologica	TRL 9	Produzione EoW e registrazione REACH
<i>Regenesi (Tecnologia Respetto™)</i>	Tessile / Moda / Arredo	Tecnologica	TRL 7	Conformità normativa EPR tessile
<i>ILCA 4.0</i>	Elettronica Industriale	Metodologica	Applicata a casi reali	Rigenerazione e Reverse Engineering
<i>Acqua&Sole (Biometano)</i>	Energia e servizi pubblici	Metodologica	Applicata a casi reali	Aggregazione territoriale tramite sinergia pubblico-privata (PPP)

<i>Regenesi (Co-branding/Networking)</i>	Servizi B2B / Retail	Metodologica	Applicata a casi reali	Scalabilità da singolo POS a grande distribuzione
<i>Regenesi (Take back system)</i>	Servizi B2B e B2C	Metodologica	Applicata a casi reali	Creazione di valore percepito del brand tramite il riciclo

Con riferimento alle performance e agli impatti, emerge un approccio olistico che integra benefici ambientali e vantaggi competitivi. Sul piano ambientale, si rileva una tendenza alla sostituzione delle materie prime vergini mediante riciclo avanzato e riuso. Si registrano riduzioni significative delle emissioni di CO₂, in particolare attraverso soluzioni basate su biometano e processi di rigenerazione elettronica, nonché modelli di gestione dei rifiuti che, nel settore tessile, consentono di superare la necessità di una selezione preliminare.

Dal punto di vista economico, le leve di creazione del valore risultano differenziate: dal risparmio diretto per l'utente finale (ad esempio nella mobilità a biometano), alla riduzione dei costi operativi (come nel caso della diminuzione dei fermi impianto grazie a ILCA 4.0), fino allo sviluppo di nuove linee di prodotto basate su logiche di co-branding. Sul piano sociale, si evidenzia un importante contributo alla creazione di *green jobs* e allo sviluppo di competenze tecniche avanzate (ad esempio nel *reverse engineering*), oltre al rafforzamento della coesione territoriale e alla crescente sensibilizzazione dei consumatori.

L'analisi comparativa dei fattori abilitanti e limitanti evidenzia la presenza di barriere sistemiche comuni, nonostante l'eterogeneità settoriale. In termini di replicabilità e scalabilità, i principali fattori abilitanti sono rappresentati dalla modularità e dalla digitalizzazione dei processi. I modelli basati su reti collaborative e sistemi di *take-back* risultano particolarmente scalabili, potendo essere estesi dal singolo punto vendita fino alla grande distribuzione. Nel settore *bio-based*, invece, la scalabilità dipende in misura rilevante dalla disponibilità territoriale di impianti di digestione anaerobica.

La principale criticità trasversale è rappresentata dall'assenza di un quadro normativo chiaro e coerente in materia di economia circolare, cui si aggiungono le difficoltà nel riconoscimento dello status di sottoprodotto o di *End of Waste*. Ulteriori ostacoli riguardano la necessità di cambiamenti comportamentali lungo la filiera e gli elevati investimenti iniziali richiesti dalle tecnologie più complesse.

In conclusione, le sei buone pratiche analizzate dimostrano come l'economia circolare con ricadute indirette sulle materie prime operi quale moltiplicatore di valore lungo l'intera filiera produttiva. A differenza delle pratiche "dirette", focalizzate sul recupero di specifiche materie prime critiche (CRM), tali modelli contribuiscono all'ottimizzazione complessiva dei sistemi produttivi attraverso:

- sinergie intersettoriali, trasformando gli scarti di un settore (ad esempio agroalimentare o tessile) in input per altri (chimica, design);
- digitalizzazione, impiegata per il monitoraggio dell'impronta carbonica e per l'implementazione di sistemi di manutenzione predittiva, con conseguente estensione della vita utile degli asset.

I modelli metodologici (quali *co-branding* e *take-back*) presentano, infine, una maggiore rapidità di replicazione rispetto a quelli tecnologici, in quanto richiedono minori adeguamenti infrastrutturali. Tuttavia, per garantire una piena scalabilità a livello industriale, risulta imprescindibile un intervento normativo volto a definire standard europei chiari e armonizzati, superando l'attuale frammentazione legislativa che costituisce un rilevante ostacolo agli investimenti.

4.5 Buone pratiche metodologiche

4.5.1 La criticality assessment: introduzione alla metodologia e suo utilizzo nel più ampio quadro di Life Cycle Sustainability Assessment

4.5.1.1 *Introduzione*

La *criticality assessment* è una metodologia nata ormai da decenni e utilizzata per l'analisi dei rischi che minacciano o potranno minacciare in futuro la sicurezza dell'approvvigionamento di materie prime. In generale, il tema delle materie prime è estremamente rilevante in quella che è l'attuale società, una società della conoscenza, dove l'industria si è evoluta rispetto a quella del passato, che era dominata dalla grossa attività estrattiva, e dove la connessione tra lo stile di vita e le materie prime non è più o potrebbe non essere più così immediato o trasparente come nel passato, basti pensare all'importanza della tecnologia e/o alla complessità dei prodotti di uso quotidiano.

Il termine "critico" è stato associato inizialmente alla fornitura di materie prime per la sicurezza nazionale e in relazione al settore militare, ma il focus si è via via trasformato per rappresentare oggi la problematica di sicurezza della fornitura delle materie prime per l'economia. Tra i principali input a questa modifica e ampliamento del focus ci sono sicuramente le "lessons learnt" e/o le preoccupazioni nate in relazioni a interruzioni di fornitura nel tempo, ad esempio l'interruzione della fornitura

di cobalto verificatasi negli anni 70 da parte dell'attuale Repubblica Democratica del Congo o più recentemente le restrizioni imposte dalla Cina nel 2001 per l'export di magnesio e nel 2020 per l'export di terre rare. Questi eventi ed altri simili, a valle delle dirette conseguenze riscontrate su specifici settori di mercato più o meno strategici, hanno alzato il livello di attenzione su problematiche quali la dipendenza dalle forniture estere e/o l'eccessiva concentrazione della produzione.

La *criticality assessment* è in grado di fornire istantanee di un sistema, ossia una rappresentazione dello stato di criticità di un sistema in un preciso momento considerando da un lato la rilevanza economica delle materie prime e dall'altro i rischi di interruzione o riduzione della fornitura. Questo genere di assestamento può informare azioni strategiche per mitigare i rischi e gli impatti derivanti da un mancato approvvigionamento. A tal riguardo, è utile sottolineare che l'accesso alle materie prime è legato anche alla decisione di estrarre o meno dai depositi disponibili e alla possibilità di ridurre la dipendenza dal mining attraverso attività di riciclo. Proprio per questo motivo, nel set dei progetti strategici promossi in Europa nell'ambito del CRM Act, vi rientrano iniziative che vanno dall'estrazione fino al riciclo.

4.5.1.2 *Criticality assessment come risk assessment*

La *criticality assessment* è a tutti gli effetti un *risk assessment* e come tale, seguendo i principi della ISO 31000 sulla gestione del rischio, combina in una matrice la probabilità che un determinato scenario si verifichi e la valutazione delle conseguenze derivanti dal verificarsi dello scenario. Nel caso della *criticality assessment*, gli scenari sono quelli relativi alla interruzione della fornitura (*supply risk*), mentre le conseguenze si valutano in termini di impatto sul sistema (*vulnerability*). La *criticality assessment* può essere condotta su varie tipologie di sistema e a diverse scale geografiche da organizzazioni di varia natura (pubbliche o private, di qualunque settore) e dimensione. Dal punto di vista dell'impatto di un'interruzione della fornitura, questa può essere condotta su un'economia (ad esempio per l'Europa, per gli USA, etc), su un settore (ad esempio l'energia), su una specifica tecnologia (ad esempio la mobilità elettrica), ma anche su un'azienda o su un prodotto.

Esistono ad oggi diversi metodi per la *criticality assessment*: tra questi ricordiamo quello sviluppato dall'*US National Research Council* nel 2008 a livello di economia US, quelli sviluppati da YALE negli anni 2012-2015 e che hanno ad oggetto l'economia globale, l'economia US e la singola azienda/organizzazione, il metodo *GeopolRisk* del 2016 il cui oggetto è il prodotto e infine quello sviluppato dalla Commissione Europea a partire dal 2010 e che riguarda l'economia EU. L'indicatore usato per valutare l'impatto dell'interruzione della fornitura può tener conto di vari criteri, ad esempio

del potenziale di sostituzione di una materia prima, della dipendenza dall'import, della crescita attesa della domanda, dell'importanza economica del settore, etc. Non tutti i metodi utilizzano gli stessi criteri. Dal punto di vista del rischio di interruzione della fornitura, l'indicatore tiene conto di criteri riguardanti aspetti geologici, geopolitici, economici, sociali o ambientali. Alcuni esempi di criteri sono la riciclabilità o il contenuto di riciclato, la stabilità politica, la concentrazione dell'attività estrattiva e dell'import. Anche qui, non tutti i metodi utilizzano gli stessi criteri. Chiaramente la *criticality assessment* è estremamente dipendente dall'obiettivo dello studio e dal suo ambito di applicazione, che definisce le materie prime valutate e i rischi a cui si guarda, nonché l'arco temporale a cui ci si riferisce.

In termini di obiettivi le domande a cui si intende dare risposte con una *criticality assessment* possono essere tante, ad esempio *quali materiali sono critici adesso o diventeranno critici in futuro? Quali sono le principali fonti di rischio?* I risultati di una *criticality assessment* possono essere usati ad esempio per identificare i materiali da monitorare prioritariamente, quelli che meritano un'analisi di mercato più approfondita o quelli per i quali è necessario mettere in piedi delle misure di mitigazione volte a prevenire o ridurre il rischio di interruzione della fornitura. Proprio perché i risultati sono estremamente dipendenti dagli obiettivi che si pone la valutazione, questo comporta che non esiste una risorsa critica per tutto o tutti e per tutto o tutti nella stessa misura.

4.5.1.3 *La metodologia EU*

La metodologia EU per la *criticality assessment* è una delle metodologie tra quelle esistenti ed è stata sviluppata a partire dal 2010 e successivamente affinata nel 2017, a valle anche delle *lessons learnt* nella redazione delle Critical Raw Materials' Lists (CRM list) del 2011 e del 2014 e precedentemente alla pubblicazione della CRM list del 2017. La metodologia Europea è finalizzata a comprendere quali risorse sono critiche per l'economia europea e a tal fine si focalizza sulle prime fasi della produzione, guarda quindi all'import di materiali provenienti direttamente dal mining o dal *refining*. La vulnerabilità è valutata attraverso l'importanza economica (*Economic Importance – EI*) che considera quali applicazioni (prodotti e/o servizi) sono “abilitate” da una determinata risorsa e il valore monetario dei settori economici (NACE) a cui tali applicazioni appartengono. L'EI grezzo, basato su questi due aspetti, viene ulteriormente elaborato considerando come ulteriore aspetto il potenziale di sostituzione di quella determinata risorsa nelle applicazioni identificate, fattore che agisce come filtro di riduzione e che consente di ottenere l'EI finito secondo questa metodologia. Il rischio di interruzione della fornitura (*Supply Risk – SR*) è valutato considerando anzitutto la concentrazione del mercato, ovvero la concentrazione

della produzione primaria (mining) alla scala globale e la concentrazione dell'approvvigionamento europeo, la dipendenza dall'import e l'affidabilità dei Paesi produttori/esportatori in base a indicatori di governance e trade. Il SR grezzo basato su questi quattro aspetti, viene ulteriormente elaborato considerando altri due aspetti che agiscono anche qui come filtri di riduzione per ottenere l'SR finito secondo questa metodologia. Si tratta della riciclabilità, ovvero quanto della fornitura europea può essere coperta dal riciclo interno all'Europa stessa, e della sostituzione in questo caso in termini di disponibilità, ovvero se esistono dei sostituti e se sono facilmente disponibili (in termini di sicurezza della fornitura).

Nell'ambito della metodologia europea e in occasione della pubblicazione (triennale) della CRM's list, vengono forniti tutti i dati aggiornati di EI e SR per ogni materia prima critica (e strategica), nonché tutti i principali dati di input al calcolo quali ad esempio la distribuzione dell'uso della materia tra le varie applicazioni in cui è utilizzata, i corrispondenti codici NACE e il loro valore monetario, la distribuzione della fornitura globale e dell'approvvigionamento EU e le relative variabili "trade-related", gli indicatori di governance, etc. La metodologia EU è una metodologia generalmente accettata in Europa grazie anche al grosso e intenso lavoro di coinvolgimento degli stakeholders e all'aver reso disponibili a un gruppo di esperti molto esteso i dati di input e i calcoli elaborati. Ad oggi la Commissione Europea ha utilizzato questa metodologia per gli studi *foresights* relativi a settori e tecnologie strategici, pubblicati nel 2020 e nel 2023.

4.5.1.4 La criticality assessment nella metodologia LCSA – ORIENTING

Il tema della valutazione della criticalità è stato affrontato e ulteriormente sviluppato dal punto di vista metodologico e applicativo nell'ambito del progetto Horizon 2020 (2020-2024) ORIENTING, che ha sviluppato una metodologia scientificamente robusta ma anche operativa per la valutazione della sostenibilità del ciclo di vita dei prodotti (beni e servizi) partendo dall'approccio *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) proposto dall'UNEP/SETAC *Life Cycle Initiative* (UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2011). La LCSA è una metodologia che analizza l'intero ciclo di vita di un prodotto dal punto di vista ambientale, economico e sociale basandosi sugli impianti metodologici delle valutazioni *Life Cycle Assessment* (LCA), *Life Cycle Costing* (LCC) e *Social Life Cycle Assessment* (S-LCA). La LCSA è uno strumento utile per conoscere i potenziali impatti e rischi sulla sostenibilità nel ciclo di vita del prodotto e all'interno della catena del valore di un'azienda.

L'approccio ORIENTING alla *criticality assessment* si basa su due metodi descritti nella sezione precedente, ulteriormente sviluppati e resi operativi: la valutazione della criticalità della Commissione Europea e GeoPolRisk (ORIENTING 2023 (D2.7)).

Gli elementi di novità introdotti da ORIENTING sulla criticality assessment possono essere riassunti come qui di seguito riportato:

- Applicazione e valutazione del concetto di criticalità dalla scala macro a quella di prodotto. Si rende il concetto uno strumento a supporto della definizione di strategie di riduzione della criticalità lungo la catena del valore. Dal punto di vista applicativo, l'assessment può essere condotto a due livelli: i) *bill of materials* (BoM), con l'obiettivo di evidenziare i CRM nel prodotto finale: ii) a livello di *Life Cycle Inventory*, estendendo quindi l'analisi anche ai materiali nel background della catena del valore.
- Integrazione nella LCSA. La metodologia sviluppata in ORIENTING introduce le metriche di criticalità e circolarità nella metodologia LCSA per fornire una migliore comprensione degli impatti e delle dipendenze legati alle risorse. L'idea principale della valutazione della criticalità è studiare i potenziali rischi di approvvigionamento all'interno della catena del valore; tuttavia, può anche aiutare nel comprendere la criticità del sistema di prodotti a valle. Una panoramica semplificata della metodologia ORIENTING LCSA è presentata nella Figura 10 (ORIENTING 2024 (D2.9)). Circolarità e criticalità sono parti facoltative ma raccomandate di uno studio LCSA. La loro inclusione o esclusione dallo studio è legata alla valutazione di materialità raccomandata come fase preliminare e fondante della metodologia, per valutare se la circolarità e la criticità siano temi rilevanti da includere nella valutazione.
- Sviluppo di fattori di caratterizzazione per integrarla pienamente nella valutazione di sostenibilità. I fattori di caratterizzazione derivano dal metodo di criticality della Commissione Europea, e sono supportati da un *decision tree* per selezionare il set di fattori di caratterizzazione coerente con la prospettiva dello stakeholder analizzato e con gli obiettivi dello studio.
- Supporto all'applicazione del metodo GeoPolRisk tramite indicazioni su come sviluppare i relativi fattori di caratterizzazione, e indicazioni sulla documentazione del metodo.

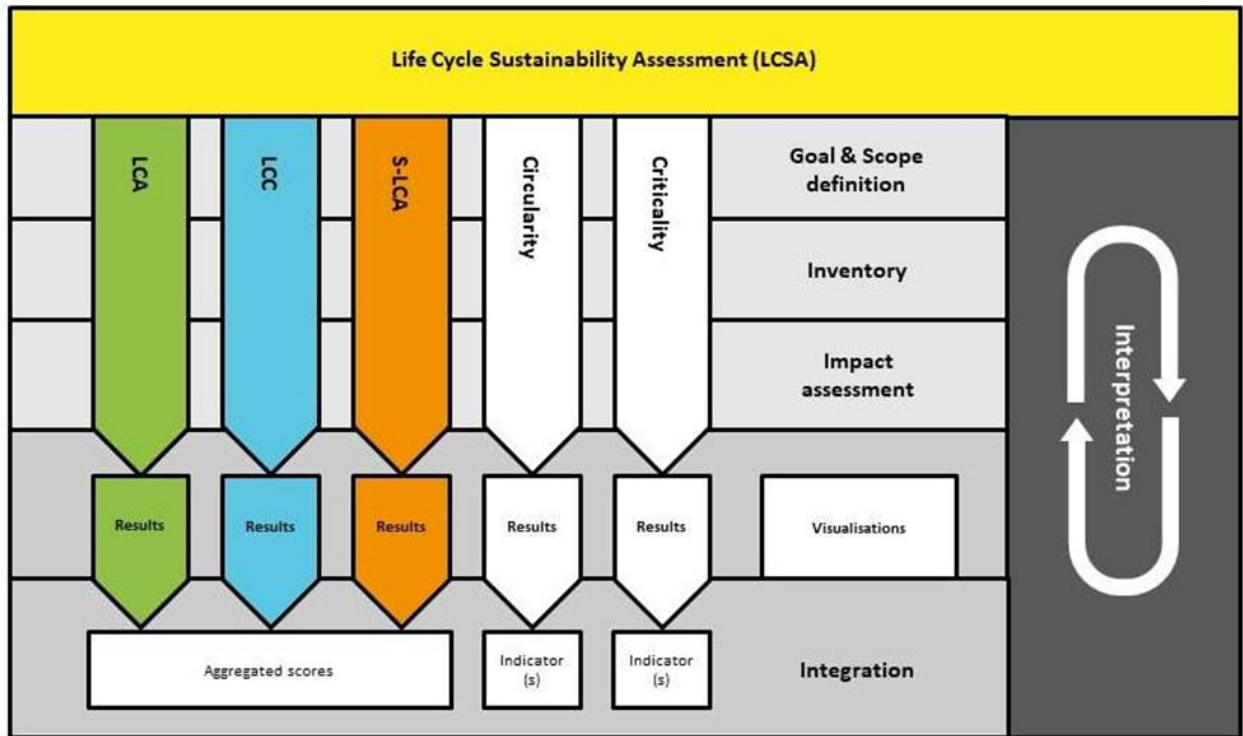


Figura 10 Rappresentazione della metodologia di LCSA sviluppata in Orienting¹¹

La scelta tra i metodi dipende dall'obiettivo dello studio ma anche dalla disponibilità di dati e di risorse in quanto entrambi pongono diversi livelli di complessità.

L'applicazione della *criticality assessment* nell'ambito del LCSA di ORIENTING viene guidata da alcune domande che supportano anche la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dello studio, come mostrato in Tabella 5¹².

¹¹ Fonte: ORIENTING 2024 (D2.9)

¹² Fonte: ORIENTING 2024 (D2.9)

Tabella 5 Domande che supportano la definizione dell'obiettivo di uno studio di criticality assessment

Domanda	Osservazioni ed esempi
<p>Quali sono le materie prime presenti nel prodotto in esame (compreso il suo imballaggio)?</p>	<p>La Bill of Materials (BoM) – fornisce una panoramica delle materie prime presenti nel prodotto in questione.</p> <p>L'obiettivo dell'analisi della criticità quando si basa sui dati BoM può essere (ma non è limitato a) avere una panoramica delle materie prime critiche (CRM) presenti nel prodotto finale (incluso il suo imballaggio).</p>
<p>Quali materie prime sono presenti nel ciclo di vita del prodotto, vale a dire le materie prime necessarie nella catena di fornitura/valore?</p>	<p>In questo caso si utilizzano sia le informazioni della Bill of materials sia tutti i dati di inventario relativi allo studio LCA che rappresentano l'insieme dei flussi di materie prime che costituiscono. Il BoM e i dati supplementari vengono utilizzati per creare l'inventario del ciclo di vita (LCI), che collega il flusso di materiali dalle risorse naturali estratte, dalle materie prime e dai componenti al prodotto finale. Queste informazioni provengono dall'inventario LCA. Non sono necessarie ulteriori informazioni. Tuttavia, poiché il ciclo di vita del prodotto può consistere in centinaia di processi, potrebbe essere necessario limitare l'ambito dello studio a parti specifiche del ciclo di vita.</p> <p>L'obiettivo della CA quando si fa affidamento sui dati LCI può essere (ma non è limitato a):</p> <p>Per avere una panoramica dei colli di bottiglia nella catena di fornitura/valore;</p> <p>Avere una panoramica delle materie prime rilevanti nel sistema in primo piano e sullo sfondo, ad esempio quelle che possono influire sull'imballaggio o sulla fornitura di energia elettrica.</p>

<p>I materiali identificati (sia nel prodotto oggetto di studio (BoM) sia nella catena di fornitura/valore) sono considerati critici secondo l'elenco delle materie prime critiche (CRMs) della Commissione Europea?</p>	<p>“Sì” o “No” secondo l'elenco della Commissione Europea. Vedi Tabella 11 o l'ultima lista UE delle materie prime critiche 2023, disponibile al seguente link: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en</p>
<p>Qual è l'origine di quelle materie prime (critiche)?</p>	<p>L'indicazione dell'origine può aiutare a comprendere meglio i potenziali rischi di disponibilità, quali problematiche sociali e geopolitiche e la concentrazione delle riserve.</p>
<p>Quali di questi materiali possono essere sostituiti (con altri materiali o con materie prime secondarie)?</p>	<p>Un elenco di materiali sostitutivi alternativi, soluzioni progettuali innovative e altre strategie di economia circolare volte a mitigare la criticità può supportare lo sviluppo e la modellazione di nuovi scenari, da analizzare in confronto allo scenario di riferimento.</p>

Operational Life Cycle Sustainability Assessment Methodology Supporting Decisions Towards a Circular Economy. Maggiori informazioni sono disponibili sul sito del progetto <https://orienting.eu/>

4.5.1.5 Bibliografia

- Glöser, S., Espinoza, L.T., Ganderberger, C., Faulstich, M. (2015): Raw material criticality in the context of classical risk assessment. Resources Policy 44, 35–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.12.003>
- Blengini, G.A., Nuss, F., Dewulf, J., Nita, V., Talens Peirò, L., Vidal-Legaz, B., Latunussa, C., Mancini, L., Blagoeva, D., Pennington, D., Pellegrini, M., Van Maercke, A., Slavko, S., Grohol, M., Ciupagea, C. (2017). EU methodology for critical raw materials assessment: Policy needs and proposed solutions for incremental improvements. Resources Policy 53, 12-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.05.008>
- Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D., Alves Dias, P., Cavalli, A., Georgitzikis, K., Grohol, M., Itul, A., Kuzov, T., Latunussa, C., Lyons, L., Malano, G., Maury, T., Prior Arce, Á., Somers, J., Telsnig, T., Veeh, C., Wittmer, D., Black, C., Pennington, D., Christou, M., Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889

- EC (2020). Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study, 2020
- EU (2024). Regulation (EU) N. 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 and (EU) 2019/1020
- Glöser, S., Espinoza, L.T., Ganderberger, C., Faulstich, M. (2015): Raw material criticality in the context of classical risk assessment. Resources Policy 44, 35–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.12.003>
- ORIENTING 2023 (D2.7) Materials criticality and circular economy in LCSA. Authors: I. C. Hackenhaar, L. S. Moreno, S. E. Taelman, N. A. C. Londoño, T. M. Bachmann, H. Pihkola. EU Horizon 2020 project ORIENTING (GA No 958231).
- ORIENTING 2024 (D2.9) LCSA Handbook. Authors: Pihkola, H., Isasa, M., Bachmann, T., van der Kamp, J., Zanchi, L., Zamagni, Behm K., Horn, R., Correa I., Sanchez-Moreno L., Markkula A., Halme J., Sonderegger T., Taelman S., Bianchi, M., Pillay S., Mangana, M. EU Horizon 2020 project ORIENTING (GA No 958231).
- Schicho, M., Espinoza, L.T. (2015). Criticality assessment for raw materials: perspectives and focuses. Mineral Economics. Report, September 2024, doi: <https://doi.org/10.1007/s13563-024-00474-7>
- UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. (2011). Towards a life cycle sustainability assessment: making informed choices on products. United Nations Environment Programme: Paris, France

5. L'Ecodesign per le materie prime

5.1 Cosa si intende per Ecodesign

La *European Environmental Agency* definisce l'Ecodesign¹³:

“L'integrazione degli aspetti ambientali nel processo di sviluppo del prodotto, tramite il bilanciamento dei requisiti ecologici ed economici”

L'ecodesign considera quindi gli aspetti ambientali in tutte le fasi del processo di sviluppo del prodotto, puntando a quelli che abbiano il minor impatto ambientale possibile durante l'intero ciclo di vita del prodotto stesso. Esistono molte strategie di ecodesign (*design for durability, design for recycling, design for disassembly, etc.*), ma l'obiettivo comune è quello di progettare e quindi realizzare un prodotto con il minor impatto ambientale possibile durante l'intero ciclo di vita. Più di recente è stato proposto di inquadrare il concetto di ecodesign in quello più ampio di *System Design for Sustainability* in quanto l'economia circolare, essendo un modello economico radicalmente diverso, richiede radicali cambiamenti non solo nel modo in cui produciamo ma anche in quello in cui consumiamo e, più in generale, nel modo in cui viviamo. In questo quadro il legame tra le dimensioni ambientale, socio-etica ed economica della transizione è evidente. A questo si aggiunge lo stretto e intrinseco legame tra economia circolare e innovazione, che può manifestarsi in un sistema produttivo e di consumo sotto forma di un nuovo prodotto, processo, modello organizzativo o di marketing, tema al quale si sta affiancando il dibattito sull'ecosistema dell'innovazione digitale recentemente arricchito delle prospettive di sostenibilità sociale e ambientale, pilastri della teoria dell'economia circolare.

In conclusione, un approccio basato sul sistema è importante per affrontare seriamente tale transizione, suggerendo la necessità delle cosiddette innovazioni di sistema. In questo contesto, i due modelli più promettenti di *Sustainable Product-Service System* (S.PSS) ed *Economie Distribuite* (DE) sono emersi come particolarmente promettenti quando spostano il focus dell'offerta dalla vendita di prodotti e attrezzature all'offerta in “unità di soddisfazione”, ovvero nuove soluzioni attraverso le quali bisogni e i desideri sono soddisfatti. Se opportunamente progettati, questi modelli si traducono in soluzioni resilienti che potrebbero ridurre l'impatto ambientale, estendendo l'accesso a beni e servizi anche a contesti a basso

¹³<https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/eco-design#:~:text=in%20your%20browser.-,Term,balancing%20ecological%20and%20economic%20requirements>

e medio reddito. Un'analisi dettagliata è disponibile nel testo *System Design for Sustainability in practice*¹⁴.

5.2 L'Ecodesign per le materie prime

L'Ecodesign è dunque un concetto molto ampio che mira a un ripensamento complessivo della progettazione di prodotti e processi. Nell'ambito specifico delle materie prime, le strategie principali sono:

- riduzione del consumo di Materie Prime Critiche
- sostituzione di Materie Prime Critiche
- progettazione finalizzata al prolungamento della vita del prodotto
- progettazione finalizzata al recupero di materie prime

Tra settembre e dicembre 2022 il Gruppo di lavoro Trasversale 'Ecodesign e Modelli di consumo circolari' di ICESP aveva condotto un'indagine tra le imprese con l'obiettivo di verificare la percezione e il livello implementato dell'ecodesign a 360° nel tessuto industriale italiano la cui analisi complessiva è disponibile sul sito di ICESP stessa¹⁵.

Il numero limitato di rispondenti non permette di assegnare all'indagine rilevanza statistica, ma ha permesso di individuare alcune problematiche e temi. D'altra parte, il campione di imprese raggiunto è sufficientemente differenziato rispetto alle dimensioni aziendali (classe di fatturato, numero di dipendenti e mercati di riferimento), ai settori industriali di appartenenza, alle dinamiche di innovazione, design ed eco- design implementate, consentendo dunque una analisi di carattere qualitativo di sicuro interesse.

Il questionario includeva due domande specifiche sull'ecodesign per le materie prime:

- 35 aziende avevano dichiarato di implementare strategie volte alla prevenzione al consumo, riuso e/o riciclo di materie prime critiche (17 formalizzate, 18 informali);
- 12 aziende avevano dichiarato di avere in programma l'implementazione di strategie volte alla prevenzione al consumo, riuso e/o riciclo di materie prime critiche.

Il tema materie prime critiche risultava quindi ancora da approfondire nelle imprese.

¹⁴ <https://re.public.polimi.it/retrieve/e0c31c12-6134-4599-e053-1705fe0aef77/SYSTEM~3.PDF>

¹⁵ https://www.icesp.it/sites/default/files/DocsGdL/GTED_Report-EcoDesign_11-07-2023.pdf

E in generale, rispetto alle competenze in tema di eco-design, quasi il 65% del campione intervistato dichiarava di possedere un livello di competenze basso o medio.

Il tema Ecodesign rivolto alle materie prime è stato oggetto successivamente di un Tavolo tecnico nell'ambito dei lavori di OIMCE il 26 marzo 2025, dal titolo 'Il potenziale dell'ecodesign per il recupero e riciclo delle materie prime critiche'¹⁶, organizzato da WEC Italia e Assorisorse in collaborazione con ENEA. L'incontro ha riunito la constituency multi-energy e multi-stakeholder dell'Osservatorio e di ENEA per approfondire il ruolo strategico dell'ecodesign nella gestione sostenibile delle materie prime critiche.

5.2.1 Un focus sull'ecodesign per le materie prime come strumento per ambiente e salute

Il rapporto tra Ambiente e Salute, applicato al tema delle Materie Prime Critiche, non costituisce un elemento di novità rispetto a quanto le Amministrazioni competenti svolgono già quotidianamente. Le attività di implementazione e attuazione della normativa sanitaria e ambientale, infatti, hanno da sempre l'obiettivo di garantire la protezione dei lavoratori, dei consumatori e della popolazione generale, in un'ottica di tutela complessiva della Salute Pubblica. Nello scenario internazionale, anche sotto il profilo geopolitico, la crescente scarsità di materie prime ha generato la necessità di reinterpretare in una nuova prospettiva il tema della loro strategicità e criticità per il sistema produttivo italiano ed europeo. I colli di bottiglia economici, impiantistici e tecnologici, infatti, hanno progressivamente esposto a rischio le nostre filiere industriali, a partire dalla limitata disponibilità di approvvigionamento esterno e dalla ridotta capacità di recupero interno. Da qui la prospettiva già ben ampiamente documentata nei capitoli precedenti, in cui il focus sulle Materie Prime Critiche ha visto la necessità di armonizzare normative solo all'apparenza distanti, ma meramente focalizzate in punti diversi della filiera produttiva legata ai vari stadi del ciclo di vita.

Dall'ecodesign per le materie prime (che siano “seconde”, “critiche” o “strategiche”), passando per i processi di estrazione, raffinazione, produzione/utilizzo, sino alla loro gestione nei e dentro i rifiuti, anche per mezzo delle attività di “urban mining” in una prospettiva olistica, la prospettiva della Salute di competenza degli Enti di Ricerca e Controllo, vigilati dal Ministero della Salute – l'Istituto Superiore di Sanità (da qui ISS) e l'INAIL (per la sua parte di Ricerca finalizzata

¹⁶ <https://www.wec-italia.org/il-potenziale-dell-ecodesign-per-recupero-e-riciclo-delle-materie-prime-critiche>

alla prevenzione e sicurezza sui luoghi di lavoro) – viene rispettivamente garantita per la “Salute Pubblica” e per la “Salute dei Lavoratori”, in ogni fase dei processi sopra descritti.

Il tema “Salute” inerente i processi di estrazione/reperimento/produzione/trasformazione che richiedono e valutano un’esposizione di natura professionale, che comunemente viene declinato con la normativa inerente la “*tutela dei lavoratori*” è di competenza dell’INAIL (Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, il quale è un Ente pubblico non economico che gestisce l’assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali). Quando il concetto esteso di “Salute” si applica all’ambiente, sia esso naturale o costruito, e agli impatti antropici generati dalle filiere produttive e dall’intero Ciclo di Vita dei prodotti e delle applicazioni che impiegano anche Materie Prime Critiche e/o Strategiche, la competenza dell’Istituto Superiore di Sanità (ISS) si attiva invece nei seguenti ambiti:

- tutela del consumatore, con particolare riferimento ai potenziali rischi connessi all’impiego di tali materie prime nei prodotti immessi sul mercato;
- tutela e salvaguardia delle popolazioni residenti e delle comunità prossime alle aree in cui le Materie Prime Critiche e/o Strategiche vengono estratte, reperite, trattate, gestite, smaltite o recuperate, anche in una ottica di Economia Circolare, nonché tutela dell’ambiente naturale o antropizzato in cui tali popolazioni vivono
- valutazione della compatibilità e degli impatti ambientali e sanitari delle attività sopra citate (VIA/VAS/VIS), e più in generale, esercizio delle funzioni di tutela ambientale e sanitaria previste dal D.Lgs. n. 152 del 03 aprile 2006 e ss.mm.ii., in tutti i Titoli del Codice, fino agli aspetti relativi a Danno Ambientale. Coinvolgendo il più ampio tema della Salute Pubblica, che comprende anche la salubrità dell’Ambiente naturale e costruito in cui viviamo e lavoriamo, tutelato anche nella nostra Costituzione, con particolare riguardo alla protezione delle generazioni future.

Premesso ciò, declinare la Salute nel contesto complesso, anche di diverse cornici normative, per gli Enti che di questo si occupano comporta, a titolo non esaustivo, traguardare:

- nel caso in cui il reperimento o l’estrazione di materie prime implichi l’applicazione di processi nuovi o con contenuto di innovazione tale da richiedere valutazioni dedicate, queste debbono essere fatte in una ottica sempre di massima tutela dei lavoratori (INAIL) e compatibilmente con il minore impatto possibile sull’ambiente secondo gli strumenti già in essere nel nostro impianto

normativo (VIA/VAS/VIS) per parte ISS, (quindi contemplando i Pilastri ESG, negli obiettivi di sviluppo sostenibile);

- la prospettiva dell’Ecodesign, facendo viaggiare insieme ricerca ed innovazione dei processi produttivi e delle filiere di approvvigionamento nazionali e sovranazionali, è volta a tutelare il Cittadino/Consumatore/Lavoratore (per parte ISS ed INAIL) in ogni futuribile ed auspicato mutamento in nuove applicazioni e progettazioni nonché stili di consumo e pratiche di utilizzo più salubri che consentirà inoltre di mantenere sempre in luce il tema generale della salute, traguardando gli obiettivi più sfidanti, valutati secondo le normative di settore.

In questo contesto, anche al fine di rendere più speditivi e concreti i processi Amministrativi ed autorizzativi necessari per la realizzazione di progetti strategici di riciclo delle materie prime critiche e strategiche, il D.L. n.84 del 25 giugno 2024, convertito con modificazioni nella Legge n. 115 del 08 agosto 2024, ha dato attuazione al Regolamento (UE) n. 1252/2024 (come discusso nel Capitolo 3, introducendo tempistiche certe per la valutazione e l’autorizzazione di tali interventi, secondo lo schema riportato in Figura 11¹⁷.

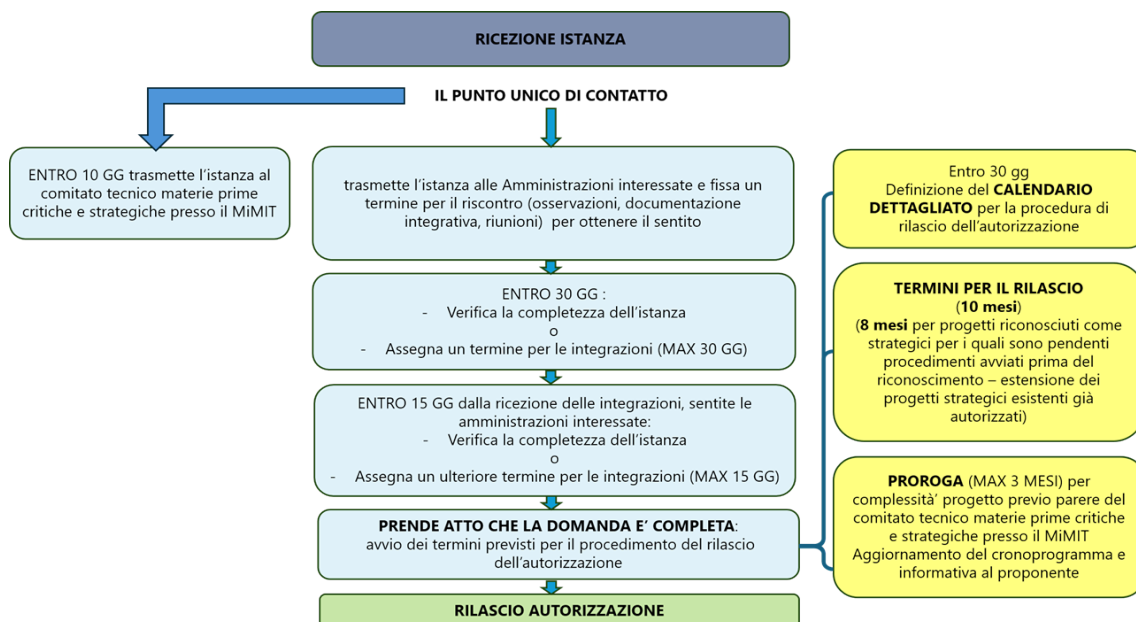


Figura 11 Schema tempistiche per valutazione e autorizzazione di progetti strategici di riciclo delle materie prime critiche e strategiche

In tale ottica, e sempre attraverso un processo di approvazione condotto mediante un’apposita Conferenza dei Servizi finalizzata al rilascio della autorizzazione unica da parte del MIMIT, vengono convocate tutte le amministrazioni competenti, incluse

¹⁷ <https://www.mase.gov.it/portale/la-procedura-nazionale-per-l-autorizzazione-dei-progetti-strategici-di-riciclaggio-aventi-a-oggetto-il-riciclaggio-delle-mpcs>

quelle preposte alla tutela ambientale, paesaggistico-territoriale, dei beni culturali, della salute e della pubblica incolumità. Tale Conferenza dei Servizi ha la funzione di raccogliere e valutare in modo univoco e coordinato tutti gli atti di concessione, autorizzazione, assenso, intesa, parere e nulla osta, previsti dalla normativa vigente in relazione alle opere necessarie per la realizzazione del progetto e delle attività da intraprendere, con la finalità di confluire tali adempimenti in un unico procedimento da esperire entro dieci mesi dalla presentazione dell'istanza iniziale.

Sempre secondo tale Legge n. 115 dell'agosto 2024, qualora il recupero di materie prime critiche si rifaccia a depositi storici e/o rifiuti estrattivi insistenti su siti sottoposti a procedure di Bonifica ai sensi e del Titolo V del D. Lgs. n. 152 del 03 aprile 2006 e ss.mm.ii., l'eventuale Piano di recupero delle materie prime dai rifiuti di estrazione storici sarà valutato anche per gli aspetti sanitari connessi, in coerenza con le azioni e gli interventi previsti dal relativo progetto di Bonifica. Si ricorda in questo ambito la competenza di ISS in merito agli aspetti igienico sanitari nelle istruttorie dei procedimenti di Bonifica di Siti Contaminati, a partire, per dispositivo normativo, da quelli di Interesse Nazionale.

Ripensare e/o riprogettare dunque l'utilizzo di materie prime, in particolare di quelle strategiche o suscettibili di generare colli di bottiglia nelle filiere di produzione di prodotti essenziali per la società europea, significa agire in coerenza con gli obiettivi del *Green Deal* e con gli indirizzi ambientali dell'Ottavo Piano d'Azione della Comunità Europea. Tale percorso comporta il passaggio, allo stesso tempo strategico e concettuale, verso l'integrazione sistematica dei principi di ecodesign, come delineato nelle premesse del Regolamento (Regolamento (UE) n. 2024/1781) cita al Punto (6): *“Esso dovrebbe disporre la definizione di nuovi requisiti di progettazione ecocompatibile per favorire la durabilità, l'affidabilità, la riparabilità, la possibilità di miglioramento, la riutilizzabilità e la riciclabilità dei prodotti, aumentare le possibilità del loro ricondizionamento e della loro manutenzione, affrontare la questione della presenza di sostanze chimiche pericolose nei prodotti, aumentare l'efficienza dei prodotti sotto il profilo energetico e delle risorse, in particolare per quanto riguarda la possibilità di recupero delle materie prime strategiche e critiche, ridurre la produzione prevista di rifiuti e aumentare il contenuto riciclato nei prodotti, garantendone al tempo stesso le prestazioni e la sicurezza, rendendo possibile la rifabbricazione e il riciclaggio di elevata qualità e riducendo l'impronta ambientale e quella di carbonio.”*

E successivamente al Punto (10) si cita:

“Il presente regolamento contribuirà anche al conseguimento degli obiettivi ambientali dell'Unione più ampi. L'Ottavo Programma d'Azione per l'Ambiente

istituito dalla decisione (UE) 2022/591 del Parlamento europeo e del Consiglio (10) sancisce in un quadro giuridico l'obiettivo dell'Unione di rimanere all'interno dei limiti del pianeta e individua le condizioni propizie al conseguimento degli obiettivi prioritari, tra cui la transizione verso un'economia circolare non tossica. Anche il Green Deal europeo invita l'Unione a essere più efficace nel monitorare, comunicare, prevenire e porre rimedio all'inquinamento atmosferico, idrico, del suolo e generato dai prodotti di consumo. Ciò significa che le sostanze chimiche, i materiali e i prodotti devono essere sicuri e sostenibili sin dalla progettazione e per l'intero ciclo di vita, così da creare cicli di materiali non tossici, come indicato nella comunicazione della Commissione del 12 maggio 2021 su un piano d'azione dell'UE «Verso l'inquinamento zero per l'aria, l'acqua e il suolo» e nella comunicazione della Commissione del 14 ottobre 2020 dal titolo «Strategia in materia di sostanze chimiche sostenibili – Verso un ambiente privo di sostanze tossiche», che invita ad adottare l'obiettivo di inquinamento zero nella produzione e nel consumo. Sia il Green Deal europeo sia il CEAP riconoscono che il mercato interno dell'Unione costituisce una massa critica in grado di influenzare le norme mondiali in materia di sostenibilità e progettazione dei prodotti. Il presente svolgerà pertanto un ruolo significativo nel conseguimento, sia all'interno che all'esterno dell'Unione, di diversi traguardi fissati nell'ambito degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile, in particolare i traguardi dell'obiettivo di sviluppo sostenibile 12 («Consumo e produzione responsabili»).

Mentre il Punto (23) entra nel dettaglio:

“Al fine di tenere conto della diversità dei prodotti, la Commissione dovrebbe scegliere i metodi per valutare la definizione dei requisiti di progettazione ecocompatibile e, se del caso, svilupparli ulteriormente [...]. Basandosi su questi strumenti e, ove necessario, avvalendosi di studi specifici, la Commissione dovrebbe rafforzare ulteriormente gli aspetti della circolarità, come la durabilità, la riparabilità, compreso un sistema di punteggio relativo alla riparabilità, la riciclabilità, la riutilizzabilità, l'individuazione delle sostanze chimiche che ostacolano il riutilizzo e il riciclaggio, nella valutazione dei prodotti in linea con un approccio basato sul ciclo di vita nell'ottica della definizione dei requisiti di progettazione ecocompatibile, così come dovrebbe sviluppare eventuali metodi o strumenti nuovi ove necessario.”

Ed ancora di più rilevante è quanto indicato al Punto (26), nel quale si richiamano numerosi Regolamenti europei, tra cui il Regolamento REACH, il Regolamento CLP, il Regolamento Imballaggi (con specifico riferimento ai materiali destinati al contatto con alimenti, i cosiddetti MOCA o Materiali a Contatto con gli Alimenti), il Regolamento sui Cosmetici, il Regolamento sulla sicurezza dei giocattoli, oltre a

quello relativo agli inquinanti organici persistenti (POPs). Si tratta di ambiti nei quali l'ISS, nello specifico il Dipartimento di Ambiente e Salute (DAMSA) svolge funzioni di applicazione, controllo e vigilanza, anche in qualità di Laboratorio Nazionale di Riferimento (LNR):

“La sicurezza chimica è un aspetto riconosciuto della sostenibilità dei prodotti. Essa si basa sui pericoli intrinseci delle sostanze chimiche per la salute o per l'ambiente in combinazione con un'esposizione specifica o generica ed è disciplinata dal diritto dell'Unione in materia di sostanze chimiche, come i regolamenti (CE) n. 1935/2004 (30), (CE) n. 1907/2006 (31), (CE) n. 1272/2008 (32), (CE) n. 1223/2009 (33), (UE) 2017/745 e (UE) 2019/1021 (34) e la direttiva 2009/48/CE (35) del Parlamento europeo e del Consiglio. Il presente Regolamento non dovrebbe prevedere la restrizione delle sostanze principalmente sulla base della sicurezza chimica, già disposta da altro diritto dell'Unione. Il diritto dell'Unione in materia di sostanze chimiche prevede già la restrizione delle sostanze o delle miscele sulla base della sicurezza o dei rischi, ove necessario. Tuttavia, la definizione di requisiti di prestazione dovrebbe anche ridurre, se del caso, i rischi significativi per la salute umana o l'ambiente. Anche gli obblighi di informazione circa la presenza di sostanze che destano preoccupazione contribuiranno a ridurre l'esposizione alle sostanze chimiche, andando ad aggiungersi alle misure di gestione dei rischi previste da altro diritto dell'Unione.”

Oltre a ricordare la necessità di tenere conto dell'ecodesign, e di un approccio di “greening dei materiali” per la produzione di Dispositivi Medici, e Dispositivi Medico-Diagnostici in vitro in ISS di competenza dell'Organismo Notificato n. 0373, cui ci si richiama sempre nelle premesse del Reg Ecodesign al Punto (19):

“Inoltre, per i dispositivi medici di cui all'articolo 2, punto 1), del Regolamento (UE) 2017/745 del Parlamento europeo e del Consiglio (23) e i dispositivi medico-diagnostici in vitro di cui all'articolo 2, punto 2), del Regolamento (UE) 2017/746 del Parlamento europeo e del Consiglio (24), la Commissione dovrebbe tenere conto della necessità di non incidere negativamente sulla salute e sulla sicurezza dei pazienti e degli utilizzatori.”

Concludendo, l'aspetto trasversale e pervasivo dell'ecodesign, che richiede di valutare ed implementare processi e utilizzi di sostanze a ridotta impronta ambientale e sempre minor impatto sulla salute, non può prescindere dalle competenze proprie della Sanità Pubblica. Le valutazioni già in essere e i ruoli istituzionali, peraltro già consolidati dalla normativa vigente, risultano infatti essenziali e costituiscono un contributo qualificato all'interno delle procedure previste dal Regolamento Ecodesign, in particolare nelle fasi in cui si integra la dimensione sanitaria con quella produttiva e ambientale.

6. Conclusioni e prospettive future

Il documento mostra con chiarezza che il tema delle Materie Prime Critiche e Strategiche non può più essere considerato una questione settoriale o esclusivamente tecnologica. Si tratta di una priorità industriale, ambientale e geopolitica che riguarda la capacità dell'Italia e dell'Europa di sostenere la transizione energetica e digitale con filiere più sicure, resilienti e meno dipendenti da forniture esterne. In questo quadro, ICESP svolge un ruolo utile come spazio di raccordo tra attori diversi e come piattaforma capace di raccogliere esperienze concrete, bisogni emergenti e possibili traiettorie di sviluppo.

L'analisi delle pratiche raccolte evidenzia che esistono già in Italia competenze, tecnologie e modelli organizzativi promettenti per il recupero e la valorizzazione di materie prime seconde. Le esperienze su pannelli fotovoltaici, batterie, rifiuti elettronici, fosforo e materiali tessili mostrano che la circolarità può produrre benefici ambientali, economici e sociali concreti, contribuendo alla riduzione delle emissioni, alla creazione di nuove filiere industriali, allo sviluppo di occupazione qualificata e al rafforzamento dell'autonomia strategica. Tuttavia, emerge anche che molte soluzioni si trovano ancora in una fase di consolidamento o dimostrazione e richiedono condizioni abilitanti più stabili per poter passare alla scala industriale. Il riciclo e l'urban mining rappresentano leve fondamentali, ma non sufficienti da soli: per generare un reale impatto sistemico devono infatti essere accompagnati da politiche coerenti, tempi autorizzativi compatibili con l'innovazione, accesso al credito e agli incentivi, standard tecnici condivisi e maggiore certezza regolatoria, in particolare sui temi di *End of Waste*, sottoprodotti e circolarità dei materiali. In assenza di queste condizioni, anche le pratiche più avanzate rischiano di rimanere confinate a casi pilota o a mercati di nicchia.

Il documento mostra che la gestione della criticità delle materie prime non inizia al momento del rifiuto, ma nella fase di progettazione: ridurre il contenuto di materie prime critiche, favorire la sostituibilità, aumentare durabilità, riparabilità e possibilità di disassemblaggio, e progettare il recupero dei materiali sono tutte scelte che determinano in modo diretto la futura disponibilità di risorse secondarie. D'altronde per limitare la nostra dipendenza dalle importazioni di materie prime non è necessario solo aumentare la loro offerta attraverso il recupero e il riciclo da risorse secondarie, ma anche ridurre la domanda: in questo senso, l'ecodesign non è soltanto uno strumento ambientale, ma una componente della sicurezza materiale e industriale.

È necessario inoltre avere strumenti analitici più maturi: l'introduzione della *criticality assessment* nel quadro più ampio della *Life Cycle Sustainability Assessment* è particolarmente rilevante perché permette di collegare il rischio di approvvigionamento con gli impatti ambientali, economici e sociali lungo l'intero ciclo di vita. Questo approccio consente di superare una lettura frammentata del problema e di supportare meglio sia le decisioni delle imprese sia quelle dei decisori pubblici. In prospettiva, la diffusione di questi strumenti potrà aiutare a individuare priorità, colli di bottiglia e strategie di mitigazione più efficaci.

Il documento suggerisce in definitiva che la sfida delle Materie Prime Critiche richiede un approccio integrato fondato su cinque elementi: conoscenza delle catene del valore, innovazione tecnologica, progettazione circolare, cooperazione tra stakeholder e politiche pubbliche coerenti. La presenza di progetti strategici europei e nazionali indica che questa direzione è già stata avviata; il passaggio decisivo sarà ora trasformare una pluralità di iniziative promettenti in filiere strutturate, economicamente sostenibili e socialmente accettabili.

In questa prospettiva, il contributo di ICESP è particolarmente importante nel continuare a mappare le pratiche, facilitare il confronto tra imprese, ricerca e istituzioni, far emergere i fabbisogni reali delle filiere e supportare una lettura condivisa delle priorità. Il valore del documento, infatti, non sta solo nel fotografare lo stato dell'arte, ma anche nel porre le basi per un lavoro continuativo di confronto e aggiornamento, indispensabile per accompagnare la transizione verso un sistema industriale più circolare, competitivo e resiliente.

7. Proposte e raccomandazioni

L'Italia guarda con attenzione al tema delle materie prime critiche e con il Decreto-Legge 84/2024 di attuazione del Regolamento Ue sulle materie prime critiche è stato compiuto un passo significativo verso la definizione di un quadro normativo nazionale organico per rafforzare l'autonomia strategica e la competitività del settore, anche attraverso lo sviluppo di filiere integrate di produzione e riciclo.

È opportuno, tuttavia, prevedere ulteriori misure per accelerare lo sviluppo della filiera nazionale delle materie prime critiche, come illustrato nei paragrafi successivi.

7.1 Semplificazione e coordinamento delle procedure autorizzative

La normativa italiana ha previsto iter autorizzativi accelerati per i progetti strategici sulle materie prime critiche, riducendo ulteriormente le tempistiche previste a livello europeo. Tuttavia, questi restano caratterizzati da complessità e tempistiche elevate soprattutto con riferimento alle attività di riciclo e alle autorizzazioni EoW caso per caso.

In tale contesto, si propone di:

- prevedere un presidio di coordinamento a livello centrale, volto a garantire una maggiore omogeneità nell'applicazione delle procedure autorizzative delle attività di riciclo di materie prime critiche da parte delle autorità locali, anche mediante l'elaborazione di indirizzi operativi e linee guida condivise;
- potenziare le strutture amministrative competenti, aumentando le risorse dedicate ai processi autorizzativi per le attività di trasformazione e riciclo delle materie prime critiche, così da assicurare maggiore certezza del quadro normativo e tempi più prevedibili, con effetti positivi sulla capacità di attrarre investimenti privati.

7.2 Valorizzazione delle aree oggetto di bonifica per impianti strategici nella filiera delle materie prime critiche

Si propone di ampliare le attività autorizzabili nei siti soggetti a bonifica ai sensi dell'art. 242-ter del Dlgs 152/2006 per favorire la realizzazione di progetti di riutilizzo delle aree legati alle filiere delle materie prime critiche, senza compromettere le operazioni di risanamento ambientale e salvaguardando la salute dei lavoratori e degli altri fruitori dell'area.

In questo ambito si suggerisce di estendere l'elenco delle attività riportate in Allegato 1-bis, parte II del Dlsg 152/2006 introducendo nuove voci specifiche relative:

- a tutta la filiera dell'accumulo elettrochimico, includendo non solo l'installazione degli impianti ma anche la produzione dei materiali attivi, la componentistica, l'assemblaggio e le attività di ricerca e sviluppo;
- alle attività di estrazione sostenibile e di trasformazione di materie prime critiche, agli impianti di recupero da rifiuti, nonché alle infrastrutture ad essi connesse. Ciò consentirebbe di rendere più completo il quadro degli interventi strategici per la transizione energetica che possono essere realizzati all'interno di tali aree, promuovendo il riutilizzo di siti già antropizzati ed evitando il consumo di nuovo suolo.

7.3 Sostegno alle attività di riciclo e all'economia circolare

È fondamentale adottare un approccio sistemico al recupero delle risorse, massimizzando il contributo delle cosiddette "miniere urbane".

Si propone di promuovere le attività di ricerca e sviluppo e le pratiche circolari volte a:

- migliorare l'efficienza dei sistemi di raccolta dei rifiuti, in particolare per le filiere ad alto contenuto di materiali strategici;
- sviluppare tecnologie avanzate per il recupero di materie prime critiche da prodotti a fine vita (batterie, RAEE, pannelli fotovoltaici, turbine eoliche);
- valorizzare i flussi derivanti da attività di dismissione industriale;
- ottimizzare le attività di riciclo, massimizzando il contestuale recupero di materie prime critiche e altri materiali rilevanti (plastiche, rifiuti da costruzione e demolizione, materiali da veicoli fuori uso).

L'obiettivo è aumentare la disponibilità di materie prime secondarie e ridurre la dipendenza dalle importazioni.

Parallelamente allo sviluppo delle attività di riciclo, è necessario intervenire a monte della catena del valore, agendo sull'ecoprogettazione dei prodotti per facilitare il recupero di materiali critici e strategici. In particolare, è essenziale favorire attività di ricerca e sviluppo e pratiche circolari che mirano a:

- incentivare design modulari e facilmente disassemblabili;
- ridurre la complessità dei prodotti e l'eterogeneità dei materiali;
- promuovere l'utilizzo di materie prime secondarie o alternative;

- integrare obiettivi di riduzione del fabbisogno di materie critiche già in fase progettuale;
- prolungare la vita utile degli impianti esistenti, in particolare nel settore delle energie rinnovabili, e ottimizzarne il ciclo di vita riducendo la necessità di sostituzione dei componenti, adottando tecniche di manutenzione predittiva e monitoraggio continuo attraverso tecnologie digitali.

Questo approccio contribuisce a favorire il riciclo di materie prime critiche e strategiche riducendo anche i costi di queste attività e a ridurre i fabbisogni di materie prime da estrazione.

7.4 Valorizzazione dei rifiuti organici

Digestato e compost rappresentano una risorsa strategica per ridurre l'uso di fertilizzanti di origine fossile e diminuire la domanda di fosforo vergine che rappresenta una delle principali materie prime critiche per l'Unione Europea. A tal fine, è essenziale chiarire il quadro normativo e colmare le lacune oggi esistenti nelle norme nazionali che impediscono la piena valorizzazione dei residui, inclusi quelli delle attività della bioeconomia, per la produzione di fertilizzanti, biometano e digestato per uso agronomico.