



Italian
Circular Economy
Stakeholder Platform

GRUPPO DI LAVORO 1
**“Ricerca ed eco-innovazione,
diffusione di conoscenza
e formazione”**

RASSEGNA DELLE ATTIVITÀ
GRUPPO DI LAVORO SULLE CRM 2023 - 2024

“LE TECNOLOGIE DI FRONTIERA PER L'ECODESIGN
E L'URBAN MINING PER LE MATERIE PRIME:
POTENZIALE E OSTACOLI”

Rassegna n.7



GRUPPO DI LAVORO 1
**“Ricerca ed eco-innovazione,
diffusione di conoscenza
e formazione”**

RASSEGNA DELLE ATTIVITÀ
GRUPPO DI LAVORO SULLE CRM DELL'ANNO 2023-2024

**“LE TECNOLOGIE DI FRONTIERA PER L'ECODESIGN E L'URBAN MINING PER LE
MATERIE PRIME: POTENZIALE E OSTACOLI”**
DOI: 10.12910/DOC-2024-043

GRUPPO DI REDAZIONE

Curatori

Francesca Cappellaro, ENEA
Roberta De Carolis, ENEA
Eleonora Minelli, Università di Bologna

Autori

Danilo Fontana, ENEA
Elena Salernitano, ENEA
Eleonora Minelli, Università di Bologna
Federica Forte, ENEA
Francesca Beolchini, Università Politecnica delle Marche
Roberta De Carolis, ENEA

Sommario

Indice figure	3
Indice tabelle	3
Sintesi del documento	4
Executive summary (english)	5
1 Le materie prime critiche e strategiche	6
2 Le materie prime critiche e strategiche: le iniziative in Italia e il contributo di ICESP	8
2.1 Piattaforma Italiana degli Attori per l'Economia Circolare – ICESP	8
2.2 Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche	8
2.3 Piattaforma Italiana del Fosforo	10
3 Tecnologie di ecodesign e urban mining per le materie prime critiche	11
3.1 Metodologia di lavoro	11
3.1.1 <i>Urban mining</i>	11
3.1.2 <i>Ecodesign</i>	14
4 Risultati e discussione	15
5 Conclusioni	19
6 Appendice	20
7 Bibliografia	22

Indice figure

Figura 1 Materie prime (Commissione Europea, 2023)	7
Figura 2 Principali barriere segnalate per le tecnologie raccolte dal gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP ..	15

Indice tabelle

Tabella 1 Lista di CRM e SRMs (Commissione Europea, 2023)	6
Tabella 2 Recupero di CRM da RAEE (TRL inferiore a 6)	11
Tabella 3 Recupero di CRM da batterie (TRL inferiore a 6)	12
Tabella 4 Recupero di CRM da residui nella filiera automotive (TRL inferiore a 6)	13
Tabella 5 Recupero di CRM da rifiuti industriali (TRL inferiore a 6)	13
Tabella 6 Recupero di CRM da rifiuti estrattivi (TRL inferiore a 6)	13
Tabella 7 Tecnologie trasversali per il recupero di CRM (TRL inferiore a 6)	14
Tabella 8 Tecnologie di ecodesign segnalate dal gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP	14
Tabella 9 Principali barriere segnalate per le tecnologie raccolte dal gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP ..	17

Sintesi del documento

Le materie prime, non alimentari e non energetiche, sono distribuite in modo disomogeneo sulla crosta terrestre e i Paesi europei sono tra i più poveri di materie prime, quindi quasi completamente dipendenti per l'importazione da Paesi extra-europei. Tra questi spiccano alcuni con instabilità politiche e che quindi non garantiscono approvvigionamenti sicuri a lungo termine. Per questo la Commissione Europea ha lanciato una serie di iniziative a partire dal 2008 e dal 2011 stila ogni tre anni una lista di materie prime critiche, per le quali il rischio approvvigionamento è particolarmente elevato. La Commissione Europea ha inoltre proposto l'adozione del Regolamento CRM Act, con l'obiettivo di garantire l'accesso dell'UE a un approvvigionamento sicuro e sostenibile di materie prime critiche, consentendo all'Europa 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. La Piattaforma ICESP collabora con le iniziative italiane sul tema, in particolare la Piattaforma Italiana del Fosforo, promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) e il Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche, coordinato dal Ministero delle Imprese e del Made in Italy (MIMIT) e dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). In particolare, diversi gruppi di lavoro di ICESP hanno supportato il Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche nei gruppi di lavoro (CRM) attivi in diversi ambiti:

- CRM 3 su "Ecodesign ed Eco-progettazione" con il contributo ICESP del Gruppo Trasversale "Eco-progettazione e modelli di business circolari", GdL1 "Ricerca ed eco-innovazione, diffusione di conoscenza e formazione" e GdL 4 "Catene di valore sostenibili e circolari",
- CRM 4 su "Urban mining" con il contributo ICESP del GdL1 "Ricerca ed eco-innovazione, diffusione di conoscenza e formazione" e GdL 4 "Catene di valore sostenibili e circolari".

Questo documento evidenzia nello specifico il contributo del GdL1 di ICESP su aspetti legati alla ricerca di frontiera, raccogliendo tecnologie CRM non ancora presenti sul mercato.

Dal lavoro sono emerse tecnologie di urban mining per RAEE, batterie, automotive, rifiuti estrattivi e rifiuti industriali, ma anche trasversali, ovvero applicabili a più filiere, per un totale di 15 tecnologie e 2 di eco-design, in particolare una di sostituzione e riduzione del consumo di CRM per le filiere automotive e biomedicale e una seconda di sviluppo di materiali riciclabili e contenenti materie prime seconde per le filiere trasporto e edilizia. Sono purtroppo emersi anche diversi ostacoli che necessitano di essere rimossi per sbloccare un potenziale che può davvero essere di supporto alla transizione del nostro Paese verso l'economia circolare.

Executive summary (english)

Critical Raw Materials (CRMs) are unevenly distributed globally and European countries, relatively poor in terms of such resources, so almost completely dependent for import from extra-European countries. However, political instability in some Nations can undermine critical raw materials supply in the medium-long term. To overcome this, the European Union has launched in 2008 different initiatives and since 2011, draws up every three years a list of critical raw materials for these reasons. In addition, the European Commission has promoted the adoption of The Critical Raw Materials Act (CRM Act) aiming to grant a safe and prompt supply of critical raw materials, thus allowing the EU to reach its climate and digital objectives by 2030. CRM Act was recently finalized following a long negotiation with Members States and European Parliament, finally confirmed on March 18th, 2024, and published on the Official Journal of the European Union on May 3rd, 2024 (officially active since May 23rd, 2024).

The Italian Circular Economy Platform (ICESP) has been working on the issue of critical raw materials supply together with several Italian institutions especially with the Italian Phosphorus Platform promoted by the Italian Ministry for the Environment and Energy Security and the National Table of Critical Raw Materials coordinated by the Ministry of Enterprises and Made in Italy and the Italian Ministry for the Environment and Energy Security. In particular, several ICESP working groups have supported the National Table of Critical Raw Materials working groups (CRM) active in different ways:

- CRM 3 'Eco-design' with the contribution of ICESP Transversal WG 'Ecodesign', WG1 'Research and Ecoinnovation, Knowledge Diffusion and Education' and WG4 'Circular and Sustainable value chains'
- CRM 4 'Urban Mining' with the contribution of ICESP WG1 'Research and Ecoinnovation, Knowledge Diffusion and Education' and WG4 'Circular and Sustainable value chains'

More specifically, this document describes the ICESP WG1 contribution for the aspects related to frontier research, collecting CRM technologies not already in the market.

From this joint work numerous urban mining technologies have emerged particularly for RAEE, batteries, automotive, mining and industrial waste. However, such technologies are relevant for several sectors. In particular, 15 urban mining and 2 ecodesign technologies from this work were collected. Despite the positive results reached by these technologies, several obstacles for the market uptake have been encountered, to be overcome in order to unlock the potential of great support to Italy in the path to circular economy.

1 Le 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 Prime, con l'obiettivo di limitare tale dipendenza, proponendo una strategia per l'ottimizzazione delle risorse *in-house* basata su tre *pillars*, 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 introdotto¹ anche 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 di CRMs e SRMs (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>

Accanto alla consueta lista delle CRMs e alla nuova lista SRMs, la Commissione Europea ha proposto l'adozione del Regolamento CRM Act², con l'obiettivo di garantire l'accesso dell'UE a un approvvigionamento sicuro e sostenibile di materie prime critiche, consentendo all'Europa 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. Tra le modifiche apportate al testo a seguito del negoziato, si sottolinea l'ingresso dell'alluminio nella lista delle SRMs.

¹ https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report_en

² https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202401252

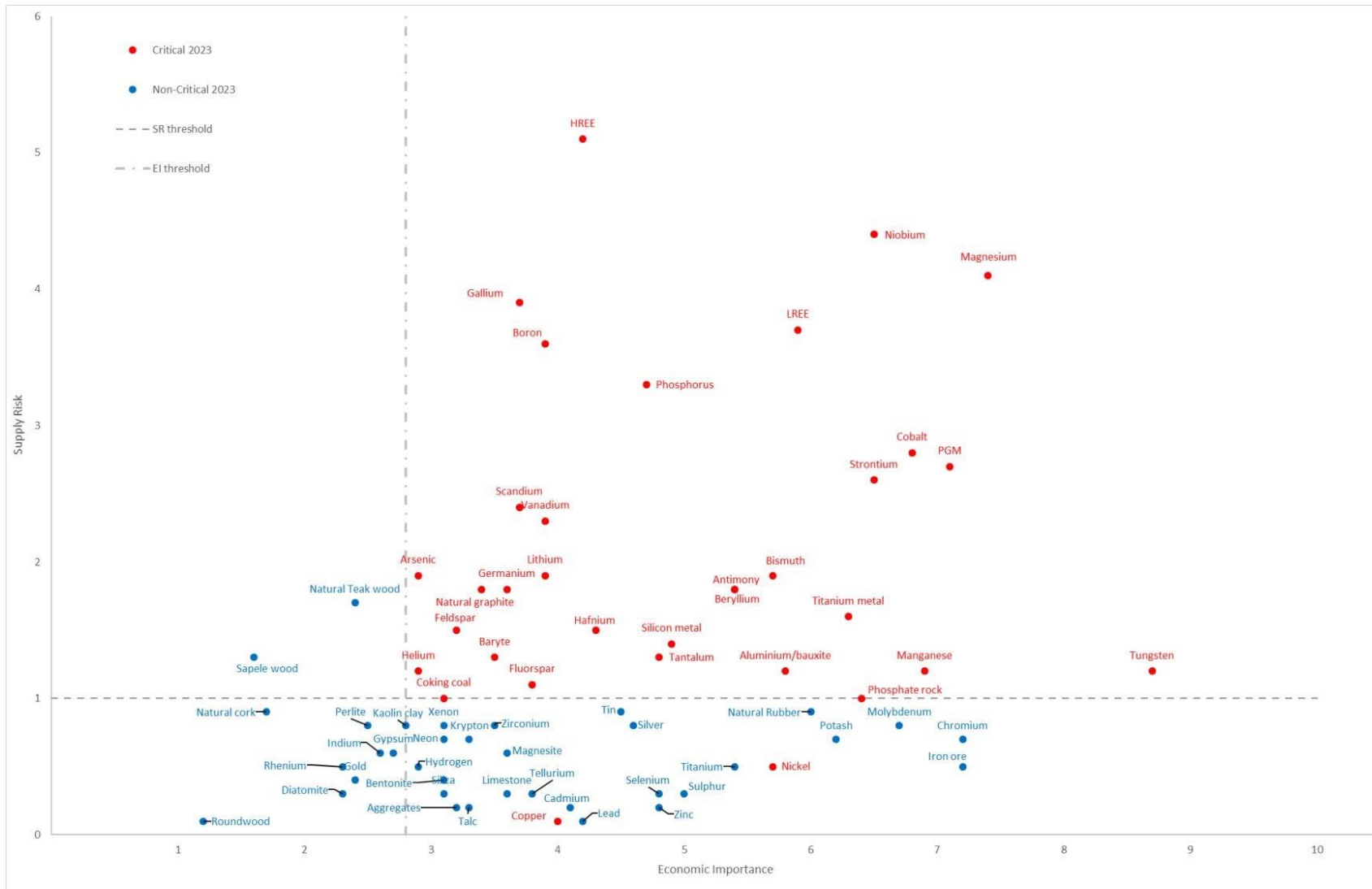


Figura 1 Materie prime (Commissione Europea, 2023)

2 Le materie prime critiche e strategiche: le iniziative in Italia e il contributo di ICESP

2.1 Piattaforma Italiana degli Attori per l'Economia Circolare – ICESP

La Piattaforma Italiana degli Attori per l'Economia Circolare – ICESP, nasce nel 2018 come piattaforma *mirror* della Piattaforma Europea degli Stakeholder per l'Economia Circolare - ECESP (European Circular Economy Stakeholder Platform). L'obiettivo principale della piattaforma ICESP è di innescare, ispirare e supportare i processi di transizione circolare, creando un punto di convergenza nazionale sulle iniziative, le esperienze, le criticità le prospettive che il sistema Italia vuole e può rappresentare in Europa in tema di economia circolare³. Attualmente ICESP è composta da oltre 300 organizzazioni della quadrupla elica, che quindi includono stakeholder della Pubblica Amministrazione, delle imprese, del mondo della ricerca e della società civile. ICESP è composta da 6 gruppi di lavoro tematici (GdL), 2 gruppi di lavoro trasversali (GT) e dal Comitato di Revisione Buone Pratiche.

Nell'ambito di ICESP, il **GdL1 'Ricerca ed eco-innovazione, diffusione di conoscenza e formazione'** ha come focus l'eco-innovazione applicata all'economia circolare, le competenze e relativa offerta formativa su economia circolare. Il GdL1 include partecipanti di tutte le 4 categorie di stakeholder di ICESP e tale composizione, unita alla varietà di competenze tecniche coperte dal GdL1, consente di creare una rete di collaborazioni, caratterizzato sia da trasversalità che da verticalità tali da poter rispondere alle diverse esigenze del mondo imprenditoriale.

Al suo interno è organizzato in due sottogruppi (SG), come di seguito dettagliato:

- **SG Eco-innovazione**, volto ad approfondire e misurare le dinamiche di eco-innovazione nelle aziende anche attraverso la selezione/definizione di alcuni indicatori di performance (KPI) con cui valutare il livello di circolarità di prodotti, servizi e processi e identificare opportunità per mantenere e migliorare tali performance.
- **SG Competenze e Formazione**, volto a individuare i principali gap tra la domanda di competenze delle aziende e l'attuale offerta formativa e a formulare raccomandazioni di policy per l'adeguamento del sistema della formazione tecnica per le aziende.

2.2 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;

³ www.icesp.it

- 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 GdL 1 'Ricerca ed eco-innovazione, diffusione di conoscenza e formazione' per le tecnologie di eco-design e urban mining;
- ✓ dal GdL4 'Catene di Valore Sostenibili e Circolari' per le buone pratiche di eco-design 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 eco-design;
- ✓ 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.

Per quanto riguarda il contributo del GdL1, oggetto di questo documento, il focus del lavoro è sulle tecnologie, con un livello di maturità tecnologica (TRL) non superiore a 6, al di sopra del quale la tecnologia viene considerata buona pratica. Nel 2023, all'interno del sottogruppo Eco-innovazione è nato un gruppo di lavoro dedicato alle tecnologie per le CRM, che ad oggi conta 19 membri provenienti da realtà industriali, Enti Regionali, Accademia, e PMI. L'obiettivo di questo gruppo è supportare l'operato del Tavolo CRM raccogliendo potenziali tecnologie italiane di eco-design e urban mining che riguardano le CRM, tecnologie che, per una serie di ostacoli, non sono ancora riuscite ad entrare sul mercato. Per questo il gruppo di lavoro ha focalizzato l'attenzione sull'individuazione delle principali difficoltà e barriere che

incontrano le tecnologie per le CRM (ecodesign e urban mining) a diventare buone pratiche.

2.3 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. 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 60 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. Il lavoro della Piattaforma è supportato da quello del sottogruppo Agrifood del GdL4 di ICESP.

3 Tecnologie di ecodesign e urban mining per le materie prime critiche

3.1 Metodologia di lavoro

Il gruppo sulle CRM nell'ambito del GdL1 Eco-Innovazione di ICESP ha iniziato i lavori nel 2023 con l'obiettivo generale di raccogliere tecnologie promettenti per CRM, sia nella fase di progettazione di prodotto (ecodesign) che nella gestione del fine vita (urban mining) con livello di maturazione tecnologica inferiore a 6. Tutti i membri del gruppo si sono attivati alla ricerca di informazioni, compilando le schede riportate in Appendice. Nei paragrafi successivi la raccolta viene presentata per filiere di interesse: rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), batterie a fine vita, settore automotive, rifiuti industriali, settore estrattivo, tecnologie applicabili a livello trasversale.

3.1.1 Urban mining

RAEE. L'attuale sistema di gestione dei RAEE⁴ in Italia produce a valle del trattamento di recupero dei materiali (plastiche, metalli ferrosi, metalli non ferrosi quali alluminio e rame) una serie di componenti residui che hanno un grande valore come fonte di CRM: schede elettroniche, pannelli da schermi a cristalli liquidi, pannelli fotovoltaici, magneti permanenti di hard disk (elenco non esaustivo). Attualmente non esistono in Italia tecnologie considerate tra le migliori disponibili per la gestione di tali residui, e finora quelli di maggior valore vengono venduti e trattati all'estero (e.g. Aurubis, Umicore). Negli ultimi anni, alla luce del Green Deal Europeo⁵ è emerso un grande interesse verso tecnologie applicabili nel contesto italiano dalle PMI che gestiscono i RAEE, che possano consentire il recupero sostenibile di CRM sul territorio.

Tabella 2 Recupero di CRM da RAEE (TRL inferiore a 6)

Residui	CRM	Altri materiali recuperati	Tecnologia
pannelli fotovoltaici	silicio, argento	vetro alta qualità	trattamento meccanico, idrometallurgia
pannelli LCD	indio	vetro per malte	idrometallurgia
magneti permanenti	terre rare		idrometallurgia
schede elettroniche	rame, oro, argento	stagno, zinco	idrometallurgia
schede elettroniche	rame	residuo ricco di oro e argento	bioidrometallurgia
RAEE in generale	metalli in generale		termochimica

⁴ Decreto legislativo 14 marzo 2014

⁵ COM(2019)640

La Tabella 2 mostra in maniera schematica le principali caratteristiche delle tecnologie raccolte dal tavolo di lavoro riguardanti i RAEE.

Batterie a fine vita. Anche per quanto riguarda la gestione delle batterie a fine vita in Italia, stiamo assistendo in questo periodo ad una rapida evoluzione del mercato, per identificare le migliori tecniche disponibili adatte al recupero di CRM. Infatti, attualmente, mentre è molto chiaro il destino degli accumulatori al piombo, con recupero praticamente completo di piombo, è ancora confuso il sistema di gestione delle altre batterie, ricche di CRM di enorme importanza strategica in questa epoca di transizione green. Finora, batterie alcaline, altre batterie primarie e accumulatori agli ioni di litio, a fine vita sono prevalentemente inviati all'estero per essere trattati in grandi impianti pirometallurgici (e.g. Umicore, Batrec); esistono tecnologie basate su processi fisico-meccanici per la produzione di *black mass*, materiale elettrodico contenente litio, cobalto e altre materie prime di interesse. Per il recupero di CRM dalla *black mass* e di grafite con caratteristiche di purezza adatte all'applicazione di nuovi elettrodi, c'è un grande interesse del mondo della ricerca scientifica e dell'innovazione per identificare tecnologie sostenibili. La Tabella 3 mostra quanto individuato dal gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP.

Tabella 3 Recupero di CRM da batterie (TRL inferiore a 6)

Residui	CRM	Altri materiali recuperati	Tecnologia
batterie al litio e alcaline	grafite		idrometallurgia
accumulatori agli ioni di litio	litio, cobalto	nuovi elettrodi a base di litio e cobalto	trattamento meccanico, idrometallurgia
black mass da accumulatori agli ioni di litio	litio, cobalto	residuo a base di grafite	bioidrometallurgia

Automotive. La filiera automotive merita una considerazione dedicata. Infatti, la rapida evoluzione dell'elettrico spinta dalla transizione ecologica fa sì che sia fondamentale avere un'infrastruttura italiana dedicata al recupero dei CRM sia dai veicoli a fine vita basati su motori a combustione che dai veicoli ibridi ed elettrici. L'attuale sistema di gestione dell'auto a fine vita non considera le diverse componenti (e.g. catalizzatori, componenti elettroniche, motori), ricche di CRM, per cui si perde traccia di tali risorse. Al momento è in fase di valutazione un cambiamento della legislazione di riferimento per la gestione dell'auto a fine vita, COM (2023)451, per cui si auspica che diventi obbligatorio tener traccia di tutte le componenti ricche di CRM con codici CER dedicati. In questo ambito, le tecnologie già presentate per il recupero di CRM da RAEE e da batterie possono essere considerate di interesse

anche per il recupero di CRM da componenti di auto a fine vita (batterie, componentistica elettronica, schermi LCD, magneti permanenti di motori elettrici). Oltre a queste, il gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 ICESP ha raccolto quanto riportato in Tabella 4 dedicato al recupero di CRM dai catalizzatori esausti.

Tabella 4 Recupero di CRM da residui nella filiera automotive (TRL inferiore a 6)

Residui	CRM	Altri materiali recuperati	Tecnologia
monoliti da catalizzatori esausti	platino, palladio		idrometallurgia
monoliti da catalizzatori esausti	palladio		bio/idrometallurgia

Altre filiere. Il gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP ha individuato anche tecnologie considerate promettenti per il recupero di CRM da residui prodotti in ambito industriale Tabella 5 in particolare da cartiere e dal settore petrolchimico, e in ambito estrattivo Tabella 6 ma anche tecnologie trasversali, ovvero applicabili a più filiere, Tabella 7 in quanto dedicate alla fase di purificazione dei CRM da soluzioni.

Tabella 5 Recupero di CRM da rifiuti industriali (TRL inferiore a 6)

Residui	CRM	Altri materiali recuperati	Tecnologia
imballaggi da cartiere, poliaccoppiati prodotti di scarto di cartiere	alluminio		termochimica (gassificazione)
catalizzatori del settore petrolchimico	vanadio, cobalto	molibdeno, nichel	idrometallurgia

Tabella 6 Recupero di CRM da rifiuti estrattivi (TRL inferiore a 6)

Residui	CRM	Altri materiali recuperati	Tecnologia
Tailings di miniera	antimonio, metalli preziosi	-	termica, idrometallurgia

Tabella 7 Tecnologie trasversali per il recupero di CRM (TRL inferiore a 6)

CRM	Tecnologia
CRM in generale	membrane sviluppate ad hoc per legare i CRM in maniera selettiva

3.1.2 Ecodesign

Dal gruppo di lavoro sono emerse anche due tecnologie di eco-design, in particolare una di sostituzione e riduzione del consumo di CRM per le filiere automotive e biomedicale e una seconda di sviluppo di materiali riciclabili e contenenti materie prime seconde per le filiere trasporto e edilizia, come riportato in Tabella 8.

Tabella 8 Tecnologie di eco-design segnalate dal gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP

Tecnologia di eco-design	Potenziale livello di applicazione	Filiere	Barriera
Riduzione del consumo e sostituzione di materie prime critiche	Area produttiva	Automotive	Riduzione del consumo e sostituzione di materie prime critiche
Biomedicale	Assenza o insufficienza		Biomedicale

4 Risultati e discussione

Le analisi condotte sulle tecnologie raccolte non possono essere considerate significative dal punto di vista statistico per il panorama italiano visto il loro esiguo numero; tuttavia, qualche considerazione sui risultati è ritenuta utile e indicativa di realtà effettivamente ricorrenti nel nostro tessuto industriale.

Innanzitutto, si è osservata una netta prevalenza di tecnologie di urban mining rispetto a quelle di ecodesign, risultato perfettamente atteso anche sulla base di quanto emerso dai Tavoli CRM 3 e 4 del Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche. Per quanto riguarda le filiere, le tecnologie ne abbracciano diverse, indicando un potenziale di sviluppo davvero rilevante.

In generale, si è osservato che l'applicazione sul mercato delle tecnologie raccolte dal gruppo di lavoro sulle CRM è ostacolata da barriere di diversa natura Figura 2.

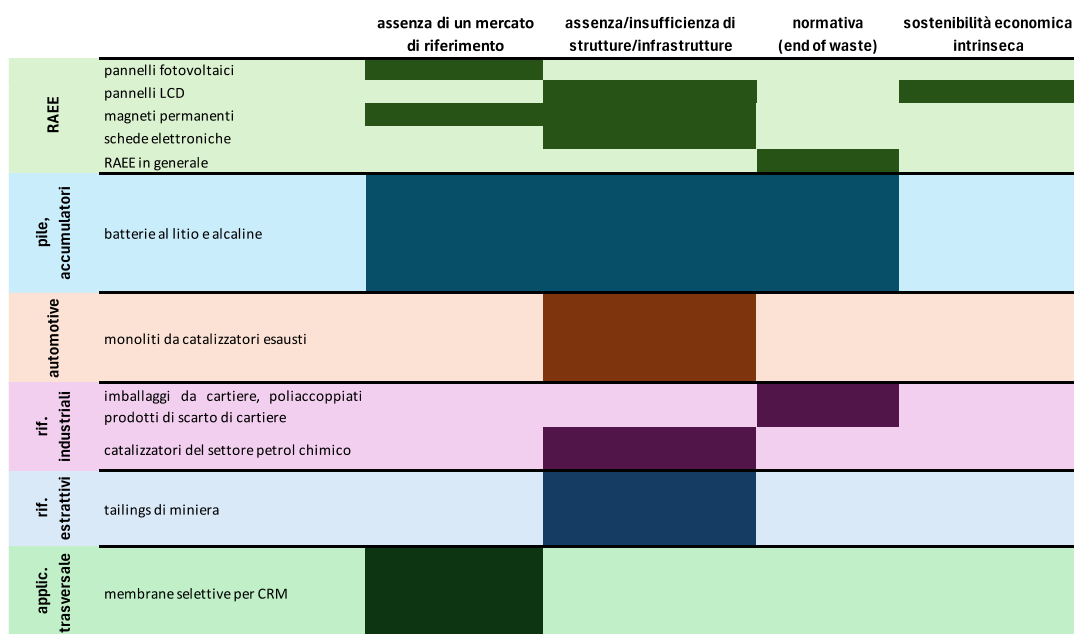


Figura 2 Principali barriere segnalate per le tecnologie raccolte dal gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP

L'assenza o insufficienza di infrastrutture rientra tra le più frequenti. Infatti, nel caso delle schede elettroniche, per esempio, non esistono infrastrutture in Italia per il loro trattamento e al momento queste vengono vendute per il trattamento all'estero, con scarso interesse a investire in Italia su una tecnologia per il recupero delle CRM. Allo stesso modo, per il recupero delle CRM dalle componenti delle auto a fine vita non esiste un mercato, avendo adesso una legislazione di riferimento che non prevede il tracciamento di tali componenti. Anche i pannelli LCD, classificati come rifiuti non pericolosi e smaltibili in discarica, finora non sono stati considerati di interesse come risorsa per indio, gallio o altri CRM, e non esiste di conseguenza un'infrastruttura per il loro riciclo. L'assenza di un mercato di riferimento rientra tra le altre barriere più frequenti: infatti, non esistono *benchmark* da utilizzare come riferimento in tutti i casi in cui la quantità di dispositivi a fine vita è ancora relativamente limitata. Questo si verifica ad esempio per i pannelli fotovoltaici, i magneti permanenti e la *black mass*,

ovvero materiale elettrodico risultato del processo di riciclaggio di accumulatori agli ioni di litio. Anche la mancanza di produttori in Italia, cioè di utilizzatori delle CRM recuperate, rappresenta un altro importante ostacolo, analogamente associabile all'assenza di un mercato di riferimento. È fondamentale, infatti, che il recupero delle CRM venga guidato dal loro riutilizzo nei processi manifatturieri per evitare una purificazione eccessiva che potrebbe rendere insostenibile il processo di recupero⁶. Un'altra barriera significativa è l'effettiva sostenibilità economica: in alcuni casi le concentrazioni dei CRM sono troppo basse da compensare la richiesta di risorse per l'estrazione, oppure le fasi richieste dalla purificazione sono troppo complesse, in presenza di metalli interferenti (questo è il caso dell'indio nei pannelli LCD). In questo ambito, l'azione di un gruppo di lavoro come quello del GdL1 di ICESP potrebbe essere utile a mettere in contatto operazioni unitarie diverse nella stessa filiera, ad esempio dedicate a concentrare le CRM prima della fase di mobilitazione, oppure a eliminare eventuali metalli interferenti prima della mobilitazione delle diverse CRM, o ancora a favorire il trasferimento della tecnologia sviluppata per una matrice verso un'altra più promettente (ad esempio dai pannelli LCD ai pannelli fotovoltaici inorganici di ultima generazione).

Le barriere di tipo normativo rappresentano un ulteriore importante ostacolo sulla base di quanto osservato dal gruppo di lavoro: sulla base di quanto raccolto, una criticità importante è rappresentata dalla classificazione del processo come trattamento rifiuti, che rende complessa a livello normativo la valorizzazione dei prodotti recuperati. Inoltre, l'attuale sistema di gestione dei veicoli a fine vita non richiede che si tenga traccia delle componenti ricche di CRM⁷; allo stesso modo l'attuale sistema di gestione dei RAEE impone un target nelle efficienze dei recuperi solo su base ponderale⁸, senza attenzione ai CRM. In questo ambito, si auspica che il recepimento italiano del *Critical Raw Material Act* europeo⁹, imponendo il riciclo di una percentuale minima di CRM, favorisca l'introduzione di norme ad hoc semplificando il percorso.

In Tabella 9 vengono forniti maggiori dettagli sulle barriere segnalate dai diversi attori coinvolti nello sviluppo delle tecnologie raccolte dal gruppo di lavoro e descritte in maniere schematica in Figura 2.

⁶ Amato A., Beolchini F. Turning e-waste into opportunity. *Nature Reviews Electrical Engineering* 1, 212–213 (2024).

⁷ Direttiva 2000/53/CE

⁸ Decreto legislativo 14 marzo 2014

⁹ Regulation EU 2024/1252

Tabella 9 Principali barriere segnalate per le tecnologie raccolte dal gruppo di lavoro sulle CRM del GdL1 di ICESP

Tecnologia (TRL)	Ostacoli
Metodo di trattamento e valorizzazione di schermi a cristalli liquidi a fine vita con rifiuti zero (TRL 3)	Assenza/ insufficienza di un mercato di riferimento. La tecnologia si basa sul trattamento della black mass. Attualmente questa non è disponibile nel mercato o perché non viene prodotta o perché viene venduta all'estero.
Trattamento per il recupero di cobalto e litio da black mass di batterie al litio tramite processo di bioleaching (TRL 3)	Assenza/insufficienza di un mercato di riferimento. La tecnologia si basa sul trattamento della black mass. Attualmente questa non è disponibile nel mercato o perché non viene prodotta o perché viene venduta all'estero.
Trattamento per il recupero di rame da circuiti stampati a fine vita tramite processo di bioleaching	Ostacolo di tipo normativo perché attualmente le schede elettroniche vengono vendute e inviate all'estero. Nessun imprenditore ha interesse a sviluppare una tecnologia in Italia per il recupero di rame e di preziosi dalle schede, finché queste possono essere vendute all'estero.
Recupero metalli da RAEE (TRL 3)	Ostacolo di tipo normativo dato dalla classificazione dell'operazione come trattamento rifiuti.
Recupero alluminio da poliaccoppiati provenienti da Pulper Cartiere (TRL 4)	Ostacolo di tipo normativo dato dalla classificazione dell'operazione come trattamento rifiuti.
A-MEMBRANES (TRL 4)	Assenza di un mercato sufficiente per i CRM da WEE.
Riciclo batterie litio ione (TRL 5)	Assenza/insufficienza di un mercato di riferimento e mancanza infrastruttura per battery manufacturing utilizzatrice delle materie prime. Mancanza di una normativa per le batterie relativa all'end of waste.
Riciclo pannelli fotovoltaici (TRL 5)	Assenza/insufficienza di un mercato di riferimento e mancanza di investitori.

Recupero di metalli preziosi ed antimonio da minerali e tailings minerari (TRL 3)	Assenza/insufficienza di strutture/infrastrutture.
Recupero di terre rare da magneti permanenti e RAEE (TRL 5)	Assenza/insufficienza di strutture/infrastrutture. La disponibilità dei magneti crescerà ma al momento non è significativa.
Recupero di metalli base, preziosi e CRM da RAEE (TRL 5)	Assenza/insufficienza di strutture/infrastrutture e necessità di supporto agli investimenti necessari.

5 Conclusioni

Le materie prime stanno ricevendo sempre più attenzione dalla Commissione Europea e dagli Stati Membri a causa della loro importanza per lo sviluppo industriale con particolare riferimento alla transizione ecologica e della loro scarsità di reperimento nei territori dell'Unione Europea che ci rende quasi completamente dipendenti da Paesi extra europei, a volte caratterizzati da una forte instabilità politica. Per questo motivo, già dal 2008 la Commissione ha iniziato a promuovere iniziative volte al superamento di questa problematica, con l'Iniziativa Europea dei Raw Materials e la pubblicazione della Lista delle Materie Prime Critiche (ogni tre anni a partire dal 2011), a cui nel 2023 si è aggiunta anche quella delle Materie Prime Strategiche.

A livello nazionale, sono state invece lanciate e promosse dal Governo iniziative specifiche per il tessuto industriale italiano, tra cui il Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche e la Piattaforma Italiana del Fosforo, al quale la Piattaforma Italiana degli Attori per l'Economia Circolare (ICESP) contribuisce incrementando la massa critica delle consultazioni e fornendo contributi tecnici specifici. In particolare, all'interno del GdL1 di ICESP e in particolare del sottogruppo Ecoinnovazione nel 2013 è nato un gruppo di lavoro sulle CRM che ha raccolto tecnologie emergenti per le CRM di ecodesign e urban mining, individuando le filiere di riferimento e i principali ostacoli al loro ingresso sul mercato.

Dal lavoro sono emerse tecnologie di urban mining per RAEE, batterie, automotive, rifiuti estrattivi e rifiuti industriali, ma anche trasversali, ovvero applicabili a più filiere, per un totale di 16 tecnologie e due di ecodesign, in particolare una di sostituzione e riduzione del consumo di CRM per le filiere automotive e biomedicale e una seconda di sviluppo di materiali riciclabili e contenenti materie prime seconde per le filiere trasporto e edilizia.

Sono purtroppo emerse anche barriere e diversi ostacoli che necessitano di essere rimossi per sbloccare un potenziale che può davvero essere di supporto alla transizione del nostro Paese verso l'economia circolare.

6 Appendice

Scheda raccolta di Tecnologie di Ecodesign ed Eco progettazione	
<i>Dati Tecnologia</i>	
TITOLO	Inserisci testo
LOCALIZZAZIONE DELLA TECNOLOGIA (Stato, Regione, Città)	Inserisci testo
SETTORE (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	
<i>se altro specificare</i>	Inserisci testo (opzionale)
STRATEGIA (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	
<i>se altro specificare</i>	Inserisci testo (opzionale)
SITO WEB dei CONTENUTI ORIGINALI	Inserisci testo (opzionale)
LINGUA IN CUI SONO SVILUPPATI I CONTENUTI ORIGINALI	Inserisci testo
TRL (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	
La tecnologia è stata sviluppata in partnership? (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	
Partner/ Soggetti/proponenti/operatori coinvolti nel progetto	Inserisci testo (opzionale)
TARGET GROUPS (pubblici/privati, persone e organizzazioni alle quali è rivolta la tecnologia)	Inserisci testo
POTENZIALE LIVELLO DI APPLICAZIONE (area produttiva, filiera, quartiere, comune, regione, città metropolitana, ecc...)	Inserisci testo
DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA (max 600 caratteri spazi inclusi)	Inserisci testo
TIPOLOGIA DI BARRIERA ALL'APPLICAZIONE SUL MERCATO (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	
<i>se altro specificare</i>	Inserisci testo (opzionale)
DESCRIZIONE DELLA BARRIERA ALL'APPLICAZIONE SUL MERCATO (max 600 caratteri spazi inclusi)	Inserisci testo
POTENZIALE E CONDIZIONI PER LA REPLICABILITÀ (max 600 caratteri spazi inclusi)	Inserisci testo
Link url a documenti/report /approfondimenti sulla tecnologia	Inserisci testo (opzionale)
<i>RIFERIMENTI</i>	
Nome Organizzazione che sviluppato la tecnologia	Inserisci testo
Tipologia di organizzazione (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	

da replicare se presente più di una barriera

da replicare se presente più di una barriera

da replicare se presente più di una barriera

Scheda raccolta di Tecnologie di Urban Mining finalizzate ai CRM

Dati Tecnologia	
TITOLO	Inserisci testo
LOCALIZZAZIONE DELLA tecnologia (Stato, Regione, Città)	Inserisci testo
SETTORE (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	
<i>se altro specificare</i>	Inserisci testo (opzionale)
STRATEGIA	Inserisci testo (opzionale)
SITO WEB dei CONTENUTI ORIGINALI	Inserisci testo (opzionale)
LINGUA IN CUI SONO SVILUPPATI I CONTENUTI ORIGINALI	Inserisci testo
TRL (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	
La tecnologia è stata sviluppata in partnership?	
Partner/ Soggetti/proponenti/operatori coinvolti nel progetto	Inserisci testo (opzionale)
TARGET GROUPS (pubblici/privati, persone e organizzazioni alle quali è rivolta la tecnologia)	Inserisci testo
POTENZIALE LIVELLO DI APPLICAZIONE (area produttiva, filiera, quartiere, comune, regione, città metropolitana, ecc...)	Inserisci testo
DESCRIZIONE DELLA tecnologia/TECNOLOGIA* (max 600 caratteri spazi inclusi)	Inserisci testo
TIPOLOGIA DI BARRIERA ALL'APPLICAZIONE SUL MERCATO (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	Altro
<i>se altro specificare</i>	Inserisci testo (opzionale)
DESCRIZIONE DELLA BARRIERA ALL'APPLICAZIONE SUL MERCATO	Inserisci testo
POTENZIALE E CONDIZIONI PER LA REPLICABILITÀ (max 600 caratteri spazi inclusi)	Inserisci testo
Link url a documenti/report /approfondimenti sulla tecnologia	Inserisci testo (opzionale)
RIFERIMENTI	
Nome Organizzazione che sviluppato la tecnologia	Inserisci testo
Tipologia di organizzazione (selezionare un'opzione dal menù a tendina)	

da replicare se presente più di una barriera

da replicare se presente più di una barriera

da replicare se presente più di una barriera

7 Bibliografia

Amato A., Beolchini F. Turning e-waste into opportunity. Nature Reviews Electrical Engineering 1, 212–213 (2024).

COM(2019)640. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions The European Green Deal.

COM(2023)451, 13 Luglio 2023. Elementi per la verifica di sussidiarietà - Proposta di regolamento relativo alle norme di circolarità per la progettazione dei veicoli e alla gestione dei veicoli fuori uso

DECRETO LEGISLATIVO 20 novembre 2008, n. 188. Attuazione della direttiva 2006/66/CE concernente pile, accumulatori e relativi rifiuti e che abroga la direttiva 91/157/CEE.

Decreto legislativo 14 Marzo 2014 Legge ITA RAEE Consolidato 2024 Attuazione direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche

Direttiva 2000/53/CE "Veicoli fuori uso" <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0053-20130611>

European Critical Raw Materials Act, proposal 16th March 2023, regulation (EU) 2024/1252 11th April 2024. Establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020.