

CONFINDUSTRIA
Centro Studi



Materie prime critiche e resilienza delle supply chains

CASCADE

Criticality Analysis for Supply Chain Availability and Dependency Evaluation

CASCADE (Criticality Analysis for Supply Chain Availability and Dependency Evaluation) è un Progetto di ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN), finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca mediante fondi PRIN 2022 PNRR.

Il progetto vede la compartecipazione del Centro Studi Confindustria, del Dipartimento di Scienze Aziendali dell'Alma Mater Studiorum-Università di Bologna, del Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia dell'Università degli Studi dell'Aquila, del Dipartimento di Ingegneria Gestionale, dell'Informazione e della Produzione dell'Università degli Studi di Bergamo e del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano.

"CASCADE (Criticality Analysis for Supply Chain Availability and Dependency Evaluation)", Codice Progetto P20225P48L, CUP J53D23015130001, finanziato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza PNRR - Missione 4 – Componente 2 – Investimento 1.1 "Fondo per il Programma Nazionale di Ricerca e Progetti di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN)" (Bando indetto con D.D. del MUR n. 1409 del 14/09/2022).



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BERGAMO



POLITECNICO
MILANO 1863



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Direzione Alessandro Fontana
Coordinamento: Cristina Pensa

Gli autori del volume sono:

Paolo Barbieri	Università di Bologna
Albachiara Boffelli	Università degli Studi di Bergamo
Pietro De Ponti	Università di Bologna
Stefano Elia	Politecnico di Milano
Luciano Fratocchi	Università degli Studi dell'Aquila
Daniele Paparusso	Università degli Studi di Bergamo
Cristina Pensa	Centro Studi Confindustria
Chiara Puccioni	Centro Studi Confindustria

L'editing è stato curato da Vera Nardis.



CONFINDUSTRIA
Centro Studi

ReIt

Indice

01

Lo scenario internazionale e le dipendenze critiche

1.1	L'apertura commerciale verso un'autonomia calibrata	4
1.2	L'evoluzione della globalizzazione	6
1.3	In aumento: incertezza, misure protezionistiche e conflitti bellici	7
1.4	Alta l'intensità degli scambi globali, Cina in controtendenza	8
1.5	La resilienza della partecipazione alle Global Value Chain	11
1.6	Come selezionare le dipendenze critiche	12

02

Il progetto CASCADE: mappatura delle dipendenze e valutazione prospettica tramite metodo Delphi

2.1	Filiere strategiche, dipendenze critiche e strategiche, materie prime critiche: definizioni e stato dell'arte	20
2.2	La scelta delle filiere strategiche d'interesse e della rosa di materie prime critiche	23
2.3	Risultati dello studio Delphi	26
2.4	Considerazioni di sintesi	29
2.5	Requisiti di sostenibilità ed effetti sulle criticità	39

03

Dall'analisi alle politiche: le proposte del progetto CASCADE per la gestione strategica delle materie prime critiche

3.1	Dalla costituzione della CECA al Critical Raw Materials Act: alla ricerca dell'autonomia strategica	48
3.2	Politiche europee insufficienti: necessario un cambio di passo	50
3.3	Dalla politica industriale europea alla governance nazionale: un approccio verticale e orizzontale alle CRM	51

04

Conclusioni

54

05

Bibliografia completa

56

**Lo scenario
internazionale
e le dipendenze
critiche**

01

L'apertura commerciale verso un'autonomia calibrata

L'evoluzione della globalizzazione

In aumento: incertezza, misure protezionistiche e conflitti bellici

Alta l'intensità degli scambi globali, Cina in controtendenza

La resilienza della partecipazione alle Global Value Chain

Come selezionare le dipendenze critiche

L'apertura commerciale verso un'autonomia calibrata

La tensione tra i vantaggi dell'apertura commerciale e la necessità di autonomia nazionale è un fattore storico che caratterizza le relazioni economiche tra le nazioni. L'iperglobalizzazione, avviata dagli anni '90 e culminata con la grande crisi finanziaria del 2008, delle catene di approvvigionamento (Rodrik, D., 2012) ha intensificato questa tensione, sia aumentando i vantaggi della specializzazione commerciale, sia amplificando gli effetti "a cascata" delle interruzioni nelle reti di produzione, anche su alcuni "nodi produttivi" che non sono direttamente collegati ai mercati. Con la serie di shock globali che hanno colpito le economie di tutto il mondo dalla pandemia in poi, e il conseguente emergere di un clima di elevata incertezza, l'equilibrio si è sbilanciato, dando maggiore peso ai rischi che comporta l'integrazione nelle catene globali del valore e, simmetricamente, aumentando lo scetticismo verso i vantaggi della globalizzazione.

In particolare, se le interruzioni delle forniture internazionali causate dalla pandemia hanno messo in evidenza la dipendenza dell'Unione Europea e dell'Italia nei confronti dei Paesi extra-europei per quanto riguarda alcune materie prime essenziali, l'invasione russa dell'Ucraina ha dimostrato chiaramente il potenziale utilizzo delle dipendenze commerciali come "arma" durante i periodi di escalation delle tensioni internazionali. Il commercio internazionale non è necessariamente un campo neutrale di scambi economici con il fine della crescita e della prosperità economica, ma può diventare uno strumento di potere politico (Hirschman, A. O., 1987). Le relazioni commerciali creano legami di dipendenza, spesso asimmetrici, tra Paesi, che possono essere strumentalizzati per fini geopolitici (Farrell e Newman, 2019). Se dal dopoguerra le economie avanzate hanno considerato il commercio internazionale e l'integrazione dei mercati come strumenti di cooperazione economica che avrebbero reso i conflitti meno probabili e spinto i Paesi autoritari verso modelli più aperti e democratici, negli ultimi anni questa visione è stata messa in discussione. L'esperienza delle dipendenze energetiche dall'estero, il crescente peso tecnologico e industriale della Cina e l'uso strategico delle catene globali del valore come strumenti di pressione hanno evidenziato che l'interdipendenza può trasformarsi in una fonte di vulnerabilità. Negli ultimi anni, quindi, un'organizzazione della produzione estesa a livello internazionale, è percepita come un rischio potenziale di cui tener conto in caso di blocco.

Tuttavia, una strategia sistematica di disaccoppiamento economico, che annulli decenni di globalizzazione e riduca quindi notevolmente i vantaggi derivanti dagli scambi commerciali, non sembra fattibile né auspicabile (Ayar et al., 2023). Anche tra i paesi del G7¹, la strategia prevalente sembra essere quella di ridurre i rischi e differenziare le catene di approvvigionamento ove necessario e opportuno e di promuovere la resilienza e la sicurezza economica tramite la creazione di nuove partnership. In un'epoca di crisi sovrapposte e crescente frammentazione politica, è fondamentale rafforzare i canali di fornitura, in particolare nei settori strategici che sostengono la transizione verde e digitale.

¹ G7 Hiroshima Leaders' Communiqué of 20 May 2023; G7 Foreign Ministers' Meeting, New York, September 2024.

12

L'evoluzione della globalizzazione

Il capitolo si divide in due parti tra loro sinergiche. La prima parte è volta ad analizzare l'evoluzione della globalizzazione attraverso indicatori tradizionali degli scambi internazionali, integrandoli con misure del grado di partecipazione alle filiere produttive globali; la seconda è dedicata alla definizione e applicazione della metodologia adottata per l'identificazione e la misurazione delle dipendenze critiche dell'industria italiana, con l'obiettivo di fornire una valutazione strutturata e coerente con il contesto internazionale attuale.

Gli scambi internazionali hanno sempre costituito un potente volano di crescita per tutte le economie coinvolte, in qualsiasi fase del loro sviluppo economico. La forte crescita che ha caratterizzato l'intensità del commercio mondiale, definita come il valore medio della somma di import ed export in rapporto al PIL, evidenzia in maniera chiara il ruolo fondamentale che hanno svolto gli scambi dagli anni '70 fino al 2008 per la crescita mondiale (Figura 1). Infatti, dal 1970 al 2008 il peso del commercio mondiale sul PIL è triplicato raggiungendo quasi un quarto della ricchezza mondiale prodotta, manifestazione delle imponenti e complesse integrazioni commerciali e produttive che si sono realizzate tra la maggior parte delle economie mondiali.

A partire dagli anni Novanta, con la fine del blocco sovietico e l'integrazione di numerose economie nel sistema di mercato, la globalizzazione ha conosciuto una fase di accelerazione senza precedenti. La diffusione delle tecnologie ICT e l'espansione delle imprese multinazionali hanno favorito l'offshoring e la frammentazione internazionale della produzione, determinando un forte aumento del rapporto commercio/PIL. I paesi emergenti, in particolare la Cina, hanno

Figura 1
Stabile ma elevata la globalizzazione

(Scambi mondiali di beni, valori correnti, medie mobili a 5 anni, in % del PIL)



Fonte: elaborazioni Centro Studi Confindustria su dati Klasing and Milionis (2014), Peterson Institute for International Economics, Unctad.

beneficiario di un rapido trasferimento di know-how manifatturiero e di un'intensa integrazione nelle catene globali del valore, sostenuta anche dalla proliferazione di accordi commerciali e dall'ingresso nel WTO.

Questa fase di "iperglobalizzazione", caratterizzata da una pervasiva integrazione dei processi produttivi su scala globale, si è arrestata bruscamente con la crisi finanziaria del 2008. Da allora, l'economia mondiale è entrata in una fase di crescita più lenta e di minore intensità degli scambi e degli investimenti internazionali, definita come "slowbalization" o, secondo alcune letture, inizio di deglobalizzazione. Tale evoluzione si è accompagnata a un indebolimento della governance multilaterale, al riemergere di spinte protezionistiche e a crescenti tensioni geoeconomiche, non solo tra Stati Uniti e Cina.

Gli shock recenti – pandemia, guerra in Ucraina e nel Medio Oriente – hanno ulteriormente accentuato queste dinamiche, inaugurando una fase di "policrisi" in cui fattori economici, geopolitici e tecnologici interagiscono amplificando l'incertezza. La fiducia nella natura irreversibile della globalizzazione si è progressivamente attenuata, aprendo interrogativi sulle prospettive future dell'integrazione economica mondiale e avviando una fase di progressiva frammentazione politica ed economica.

1.3

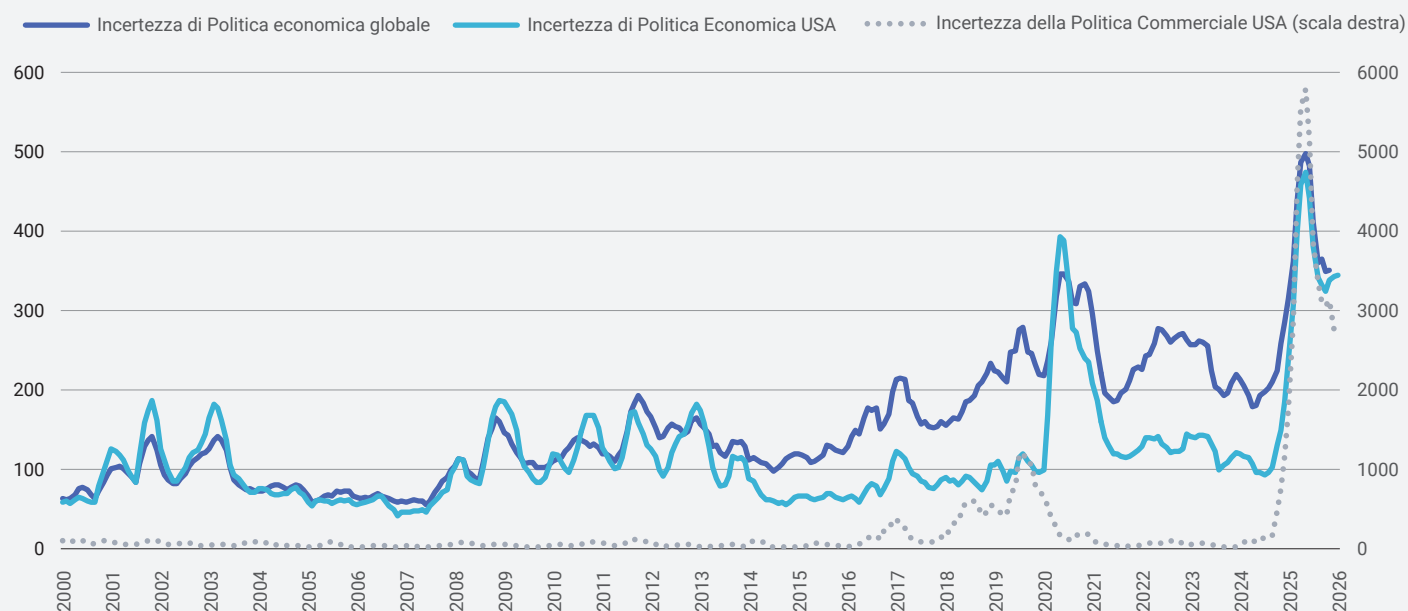
In aumento: incertezza, misure protezionistiche e conflitti bellici

La funzione allocativa del mercato, intesa come meccanismo di coordinamento tra domanda e offerta e come strumento di trasmissione dei vantaggi comparati tra economie interconnesse, risulta oggi sottoposta a tensioni crescenti. Una combinazione di fattori strutturali, geopolitici e regolatori, tra loro interdipendenti, ne ha progressivamente ridotto l'efficacia, compromettendo i benefici derivanti dall'integrazione economica. Prima fra tutte l'elevata incertezza legata alle politiche economiche che ha registrato il suo massimo storico nel corso del 2025, superiore di quasi un terzo rispetto al picco relativo registrato durante la pandemia (Figura 2). Il contributo maggiore proviene dalla politica commerciale degli Stati Uniti. Infatti, nonostante il raggiungimento di accordi con i principali partner commerciali americani, che ha contribuito a chiarire, nel breve, la nuova situazione tariffaria con il primo acquirente mondiale (si veda il Focus 5 in CSC 2025), permangono il rischio di ulteriori cambiamenti, il mancato accordo con alcuni paesi, la bassa affidabilità degli accordi raggiunti.

La "nuova" politica commerciale dell'attuale amministrazione Trump rappresenta una rottura anche rispetto a quella del precedente mandato, dove gli incrementi delle tariffe erano concentrati verso l'allora principale fornitore americano, la Cina, senza alterare, sostanzialmente, la competitività tra gli altri partner commerciali degli Stati Uniti. Attualmente si registra una forte crescita delle tariffe effettive praticate dal primo importatore mondiale, la più alta registrata dalla crisi del 1929 (Figura 3), i cui effetti a livello di scambi internazionali si dispiegheranno nei prossimi anni. Infatti, il 2025 è stato caratterizzato da fenomeni di *frontloading*, acquisti anticipati da parte degli importatori americani al fine di evitare il pagamento di aliquote tariffarie superiori, rinviando all'anno in corso e ai prossimi gli impatti del nuovo regime protezionistico americano sugli scambi mondiali di beni e sulla configurazione delle global value chain. In questo contesto, le politiche commerciali adottate dall'amministrazione statunitense hanno contribuito ad alimentare un incremento diffuso delle tariffe doganali, soprattutto nel comparto manifatturiero, dove l'aliquota media globale è salita dall'1,9% del 2024 al 4,7% del 2025 (WTO, 2026).

Figura 2
Nel 2025 picco massimo dell'incertezza

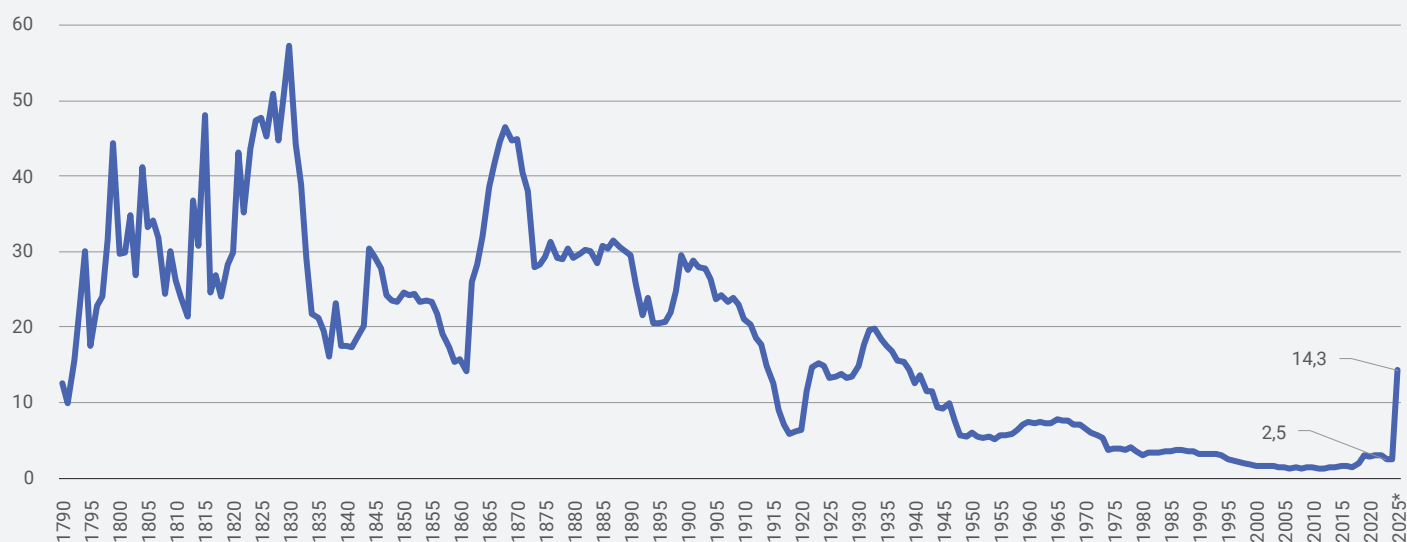
(Indice mensile, media mobile a quattro termini)



Fonte: elaborazioni Centro Studi Confindustria su dati "Measuring Economic Policy Uncertainty" by Scott Baker, Nicholas Bloom and Steven J. Davis at www.PolicyUncertainty.com & Davis, Steven J., 2016. "An Index of Global Economic Policy Uncertainty," *Macroeconomic Review*, October.

Figura 3
Evoluzione delle tariffe effettive negli USA

(Aliquote medie effettive dei dazi doganali negli Stati Uniti)

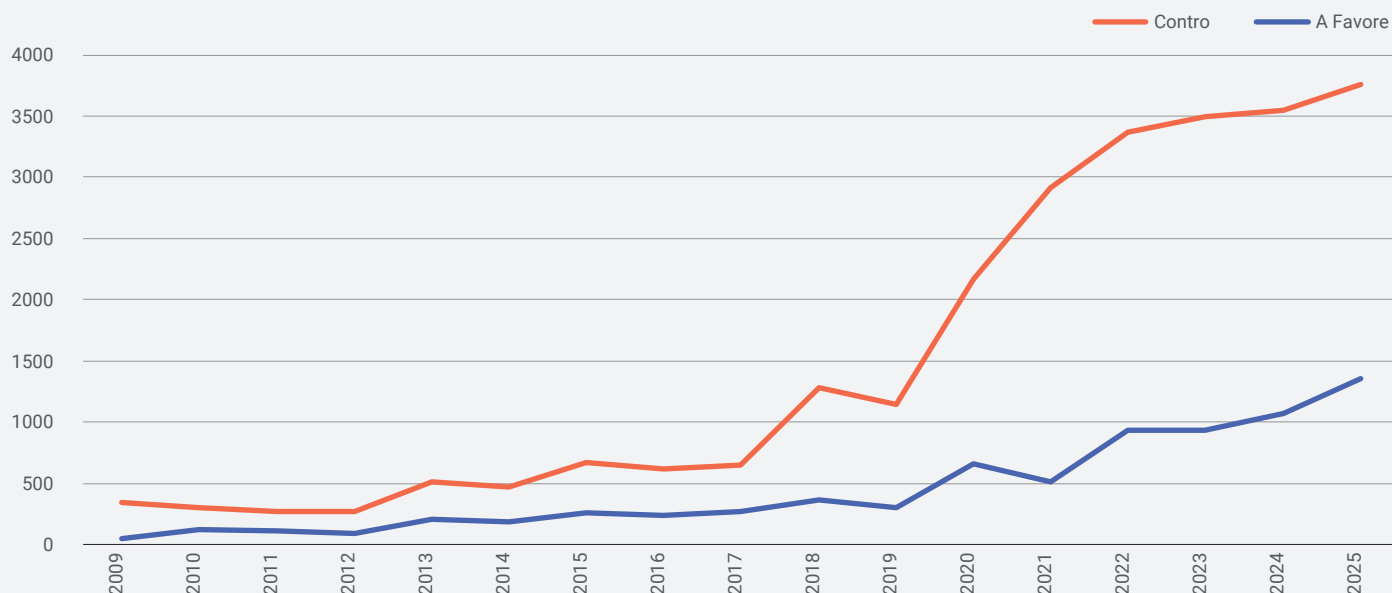


* L'aliquota per il 2025 tiene in considerazione le nuove quote di mercato USA.

Fonte: elaborazioni Centro Studi Confindustria su dati The Budget Lab at Yale, January 2026.

Figura 4 In crescita le misure protezionistiche

(Numero di misure sullo scambio di beni e IDE
a livello globale, implementate per anno*)



* Cut-off al 31 Dicembre di ogni anno.

Fonte: elaborazioni Centro Studi Confindustria su dati Global Trade Alert.

L'aumento non è stato uniforme, ma ha inciso in modo particolarmente significativo su alcuni settori strategici – tra cui automotive e trasporti, macchinari, metalli, tessile e abbigliamento – registrando forti rialzi con possibili effetti distorsivi sia a livello nazionale sia lungo le filiere produttive.

Tuttavia, l'inasprimento tariffario rappresenta soltanto una delle leve attraverso cui si è determinato un aumento complessivo dei costi del commercio mondiale. Più in generale, si osserva un incremento persistente degli ostacoli al libero scambio internazionale: le misure protezionistiche implementate a livello globale rimangono su livelli storicamente elevati e sono solo debolmente compensate da iniziative orientate alla liberalizzazione commerciale (Figura 4). Ne deriva un contesto di crescente frammentazione economica, con implicazioni rilevanti per l'allocatione efficiente delle risorse e per la stabilità delle catene globali del valore.

Accanto all'aumento delle barriere al libero commercio, tariffarie e non, contribuiscono alla forte crescita dell'incertezza anche l'intensificarsi di conflitti e tensioni geopolitiche su scala globale, con grave pregiudizio per la stabilità dello scenario internazionale. Secondo il Conflict Index di ACLED², nel 2025 si sono registrati circa 190.000 eventi conflittuali violenti nel mondo, quasi il doppio rispetto al 2021. Un contesto di tale natura accresce la volatilità dei mercati finanziari, indebolisce la propensione agli investimenti – in particolare quelli a carattere internazionale – e induce imprese e governi a riconsiderare l'assetto delle catene globali del valore, accelerando processi di riconfigurazione e regionalizzazione delle forniture.

² What's driving conflict today? A review of global trends, <https://acleddata.com/report/whats-driving-conflict-today-review-global-trends>.

1.4

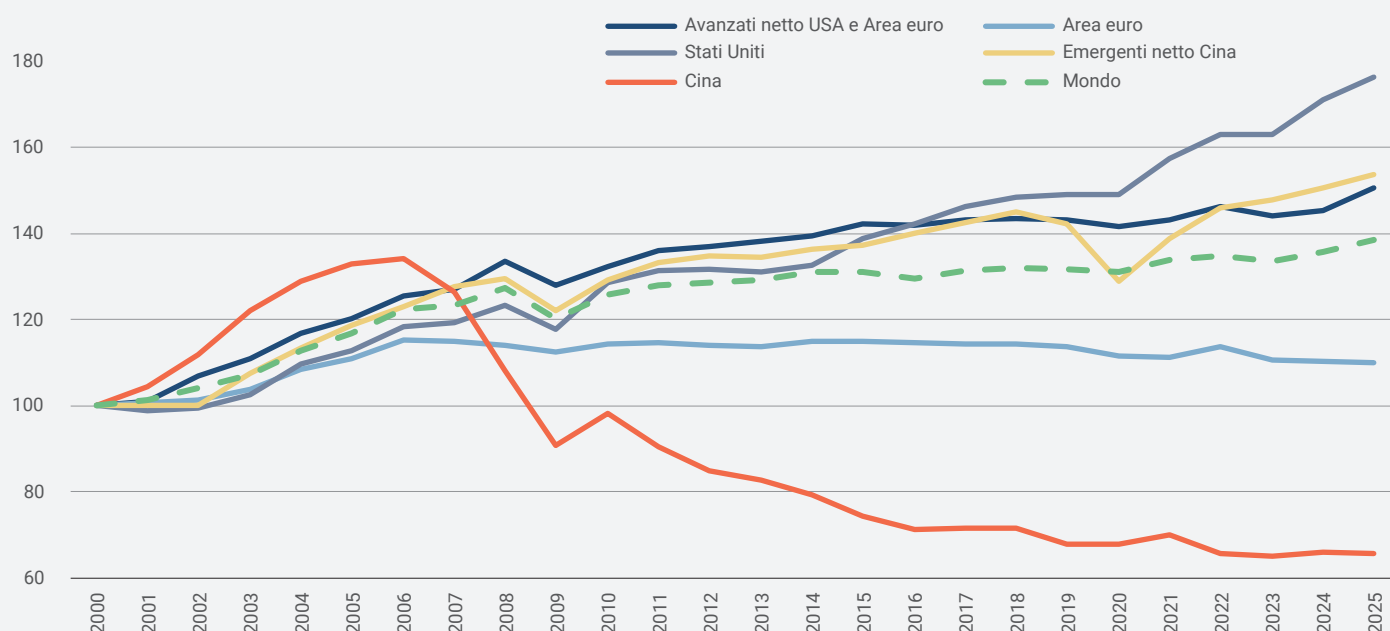
Alta l'intensità degli scambi globali, Cina in controtendenza

Questi profondi cambiamenti amplificati anche dagli shock imprevedibili e, in alcuni casi, imprevedibili come hanno impattato gli scambi internazionali? Per valutare l'evoluzione dell'apertura commerciale negli ultimi anni è necessario considerare congiuntamente l'andamento degli scambi internazionali e quello della produzione industriale. Entrambi gli indicatori si riferiscono infatti ai beni prodotti e consentono di cogliere in modo più accurato il grado di integrazione e di frammentazione internazionale dei processi produttivi a diversi livelli di aggregazione geografica: paese, area o mondo. Il confronto tra queste due dinamiche permette di comprendere se la crescita degli scambi rifletta un effettivo rafforzamento delle catene globali del valore o, al contrario, segnali una fase di rallentamento o riconfigurazione della produzione su base nazionale.

L'andamento del grado di integrazione produttiva internazionale, misurato dal rapporto tra il commercio con l'estero e la produzione industriale, mostra, almeno fino al 2025, una crescita sostenuta sia a livello globale che per i principali paesi, nonostante l'aumentata complessità delle relazioni commerciali e produttive globali (Figura 5).

Figura 5
Continua l'apertura produttiva tra aree

(Commercio estero su produzione industriale, dati in volume, 2000=100)



Fonte: elaborazioni Centro Studi Confindustria su dati CPB.

Dall'analisi dell'indicatore di intensità dell'apertura internazionale della produzione industriale emergono alcune evidenze rilevanti. In primo luogo, si osserva una marcata riduzione del peso del canale estero nel sostenere la crescita dell'economia cinese, indice di una progressiva ricomposizione del modello di sviluppo. La Cina, anche attraverso un forte upgrading tecnologico, ha portato all'interno della propria matrice di offerta input produttivi e beni precedentemente importati, raggiungendo una minore dipendenza dalle catene globali del valore (si veda di seguito).

In secondo luogo, per l'Area euro si osserva una sostanziale stabilizzazione del grado di frammentazione produttiva internazionale, che permane su livelli storicamente elevati. Ciò riflette la persistente integrazione delle economie dell'area nelle catene globali del valore, ma al tempo stesso segnala un rallentamento nella dinamica di espansione del commercio estero. In particolare, la stagnazione degli scambi nell'ultimo anno appare strettamente connessa alla fase recessiva attraversata dalla Germania – principale economia e hub manifatturiero dell'area – la cui contrazione della produzione industriale e della domanda estera ha avuto effetti di trascinamento sull'intero sistema europeo.

Al contrario, negli altri paesi – in particolare tra le economie emergenti – si evidenzia un rafforzamento della frammentazione internazionale della produzione, con un crescente ricorso al commercio estero quale leva di integrazione nelle catene globali del valore.

In particolare, è necessario considerare che la Cina, che da quasi vent'anni rappresenta un freno all'intensità degli scambi, è stata un potente fattore di globalizzazione del commercio estero, almeno fino a metà degli anni Dieci. Infatti, l'emergere dell'Asia, intorno alla Cina, come principale polo mondiale ha generato maggiori scambi intercontinentali con gli altri blocchi. L'Asia è la regione con gli scambi più globalizzati, perché la crescita dei suoi scambi è fortemente connessa alle filiere produttive e alla domanda finale nei paesi avanzati (si veda CSC "La bussola della manifattura italiana 2025").

Infine, per gli Stati Uniti si registra una significativa e continua crescita del contributo del canale estero alla dinamica produttiva nell'ultimo quarto di secolo.

1.5

La resilienza della partecipazione alle Global Value Chain

Una conferma della resilienza delle filiere produttive internazionali viene anche da misure più specifiche di partecipazione alle catene globali del valore (GVC), come quelle sviluppate dalla Banca mondiale. In particolare, è possibile stimare la componente degli scambi manifatturieri mondiali connessa alle GVC, cioè a merci che attraversano i confini nazionali almeno due volte, partecipando quindi a più processi produttivi in paesi diversi, prima di essere incorporate in beni e servizi finali per i consumi delle famiglie e gli investimenti delle imprese.

Gli scambi GVC sono stimati pari a poco meno di un quarto della produzione manifatturiera mondiale nel 2024, ultimo anno disponibile, un livello leggermente più basso rispetto alla componente "tradizionale" degli scambi (cioè che attraversa un solo confine tra paesi) pari a poco meno di un terzo.

A livello globale, la partecipazione alla frammentazione internazionale del processo produttivo manifatturiero si è complessivamente mantenuta stabile, pur in presenza di marcate differenze tra le principali economie.

In particolare, si osserva un significativo rafforzamento della partecipazione delle industrie europee alle catene globali del valore (Figura 6). Tale dinamica riflette l'elevato grado di integrazione commerciale e produttiva tra i paesi dell'Unione, che amplifica il coinvolgimento dell'area nelle filiere internazionali rispetto agli Stati Uniti e alla Cina.

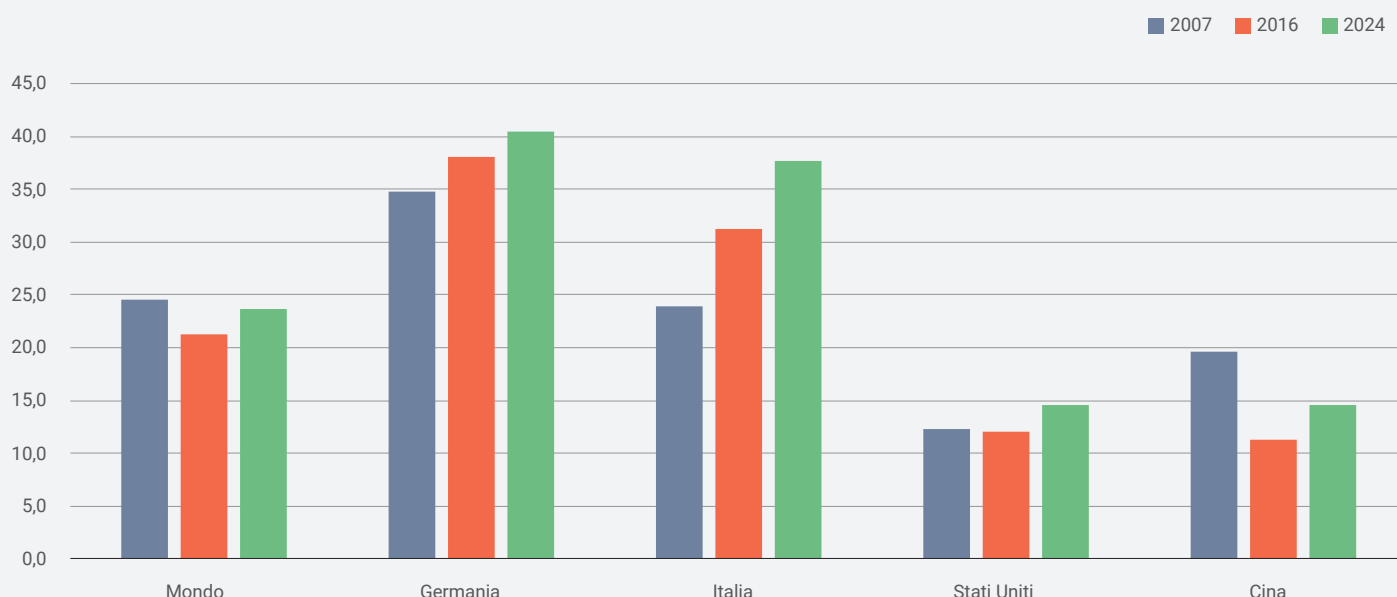
Nel caso italiano, oltre il 37% della produzione manifatturiera risulta attivato dalla partecipazione alle GVC, una quota molto vicina a quella tedesca (40%). Tale evidenza conferma il consolidamento dell'integrazione internazionale della manifattura italiana, coerente con la sua specializzazione nei segmenti intermedi delle filiere produttive.

Diversamente, la manifattura cinese ha registrato una riduzione significativa della partecipazione alle GVC, coerentemente con la minore incidenza del commercio estero evidenziata nel paragrafo precedente e con un riequilibrio verso la domanda interna. Tuttavia, a partire dal 2020 si osserva una parziale inversione di tendenza, con un moderato incremento della quota di produzione attivata dalle filiere internazionali.

Negli Stati Uniti si rileva un leggero rafforzamento della partecipazione alle catene globali del valore, con un'incidenza della produzione attivata analoga a quella cinese, mantenendo una rilevanza significativa nel quadro internazionale.

Figura 6
Aumento della partecipazione
alle filiere globali

(Manifatturiero, partecipazione*
nelle Global Value Chain)



* La partecipazione è definita come la % di produzione manifatturiera attiva dalle GVC, in % del totale.

Fonte: elaborazioni Centro Studi Confindustria su dati Banca Mondiale.

Come selezionare le dipendenze critiche

Il problema della propagazione degli shock di offerta localizzati tramite le catene globali di fornitura, spesso accentuato da gestioni di magazzino “snello” e da modelli di produzione *just-in-time*, era stato in parte già affrontato nella letteratura, anche prima dello scoppio della pandemia di COVID-19. La letteratura, infatti, mostra come gli shock esogeni possano propagarsi lungo le catene di fornitura ben oltre le aree direttamente colpite. Carvalho, Nirei e Saito (2014) evidenziano che il terremoto giapponese del 2011 ha ridotto la crescita non solo delle imprese locali, ma anche di fornitori e clienti fino a più gradi di separazione, con effetti più forti a valle. In linea con questa prospettiva, Korniyenko et al. (2017) propongono un approccio di *network analysis* per identificare i prodotti più vulnerabili a shock di offerta globali, sulla base di centralità degli esportatori, scarsa cooperazione tra importatori e bassa sostituibilità. Eventi recenti come la Brexit e la pandemia hanno inoltre mostrato come tali shock possano avere effetti sistemici e geograficamente diffusi, dimostrando il ruolo fondamentale dell’analisi delle catene globali del valore (Baldwin & Freeman, 2022).

Con il Covid-19 e il conflitto russo-ucraino, l’attenzione si è spostata sulle dipendenze strategiche e sulla politica industriale. Diversi studi hanno cercato di individuare prodotti e catene vulnerabili, tra cui Bonneau e Nakaa (2020) e Jaravel e Méjean (2021) per la Francia, combinando indicatori di concentrazione delle importazioni, centralità commerciale e granularità della domanda. Analogamente, la Commissione Europea ha sviluppato una mappatura delle dipendenze strategiche dell’UE (European Commission, 2021; 2022), basata su indicatori di concentrazione e dipendenza extra-UE, con un focus sugli ecosistemi più sensibili, come le industrie ad alta intensità energetica, i prodotti chimici e la salute.

Utilizzando l’approccio proposto in diverse sedi dal Centro Studi Confindustria³, che si fonda proprio sull’approccio della Commissione Europea, si possono selezionare quali prodotti e relazioni commerciali rendono un sistema economico particolarmente vulnerabile, sia se si verificano vere e proprie interruzioni delle *supply chain* sia se i fornitori mettono in atto dei comportamenti monopolistici che possono aumentare i prezzi o limitare la fornitura, anche come leva politica, facendo crescere i costi di produzione e l’incertezza per le imprese, che devono gestire margini più variabili.

UE, USA e Cina a confronto

Confrontando le dipendenze critiche dell’Unione europea con quelle dei suoi principali partner commerciali, Stati Uniti e Cina, emerge chiaramente che le dipendenze dall’estero rappresentano un fenomeno strutturale di lungo periodo, legato alla specializzazione geografica in specifici settori o prodotti. Pur rimanendo relativamente stabili in percentuale delle importazioni totali, esse mostrano però variazioni nel tempo nella composizione dei prodotti critici e nella loro origine geografica.

Le dipendenze statunitensi derivano principalmente da un saldo commerciale negativo, che incide invece in misura minore sull’UE e sulla Cina. I prodotti

³ Per dettagli sulla metodologia si veda il rapporto del Centro Studi “Catene di fornitura tra nuova globalizzazione e autonomia strategica” del 2023 e il working paper “Cracks in the Chain: Mapping European Import Dependencies in Global Industrial Networks”, CSC Working paper n.1 del 2025 ad opera di Matteo Pignatti e Chiara Puccioni.

critici risultano inoltre concentrati in settori e presso fornitori diversi rispetto alle importazioni complessive, indicando che le dipendenze non riflettono proporzionalmente il commercio internazionale ma presentano caratteristiche specifiche. Per esempio, la Cina è sistematicamente sovra-rappresentata come paese fornitore di prodotti critici per UE e USA (più di quanto non sia comunque un fornitore importante per la generalità delle importazioni), mentre la filiera ICT, pur rappresentando circa il 10% delle importazioni totali europee e statunitensi, concentra il 30–40% delle dipendenze critiche.

Paesi UE a confronto

A livello europeo, le dipendenze commerciali rappresentano una quota simile delle importazioni totali nei diversi paesi dell'Unione. Tuttavia, mentre in media le importazioni critiche sono aumentate nel 2012-2022, Italia e Francia mostrano una riduzione delle dipendenze a partire dal 2020. In Francia ciò è dovuto a un significativo miglioramento del saldo commerciale e a uno spostamento degli scambi verso altri paesi dell'UE, mentre in Italia alla ricomposizione del paniere dei prodotti critici, ad esempio alla diminuzione della quota dei prodotti energetici. Italia, Francia e Germania presentano livelli simili di concentrazione delle importazioni, di saldo commerciale e di sostituibilità tramite il commercio intra-UE, mentre l'UE nel suo complesso mostra una concentrazione delle importazioni e un rapporto import/export nettamente più basso. Le importazioni critiche tendono a concentrarsi negli stessi paesi che risultano più rilevanti anche per le importazioni totali; tuttavia, la Cina emerge come l'area di gran lunga più importante, rappresentando circa la metà delle importazioni critiche dell'UE, una quota pari a circa 2,5 volte quella detenuta nelle importazioni complessive. Le importazioni italiane risultano più diversificate, come fornitori, rispetto a quelle degli altri paesi europei. I beni di consumo costituiscono di gran lunga la categoria più rilevante sia nelle importazioni critiche sia in quelle totali. I beni ICT e le commodity risultano fortemente sovra-rappresentati tra i prodotti critici.

Le dipendenze della manifattura italiana

Per focalizzare ulteriormente l'attenzione solo sulla manifattura italiana, si selezionano le materie prime⁴ e i prodotti energetici, e i beni intermedi e di investimento, che rientrano tra i ventuno settori manifatturieri secondo la classificazione ISIC Rev. 4⁵. Ovvero, vengono incluse le materie prime, i prodotti semilavorati e i beni capitali utilizzati nei processi produttivi, escludendo i beni di consumo⁶, la cui interruzione o discontinuità nelle catene di fornitura ha effetto prevalentemente sulla disponibilità e sui prezzi. Al contrario, la sostituibilità tra i fattori intermedi è in media più difficile (Fujiy, B. C. et al., 2022), soprattutto nel breve termine, e può portare a un effetto moltiplicatore degli shock lungo l'intera catena

⁴ Del settore primario, ad eccezione di quelle afferenti alla filiera dell'agricoltura, silvicoltura, pesca. Vengono invece mantenute tutte le materie prime agricole e dell'allevamento classificate nelle altre filiere, ad esempio lana e cotone per la filiera del tessile. Le filiere sono definite secondo la classificazione Broad Economic Categories Rev. 5.

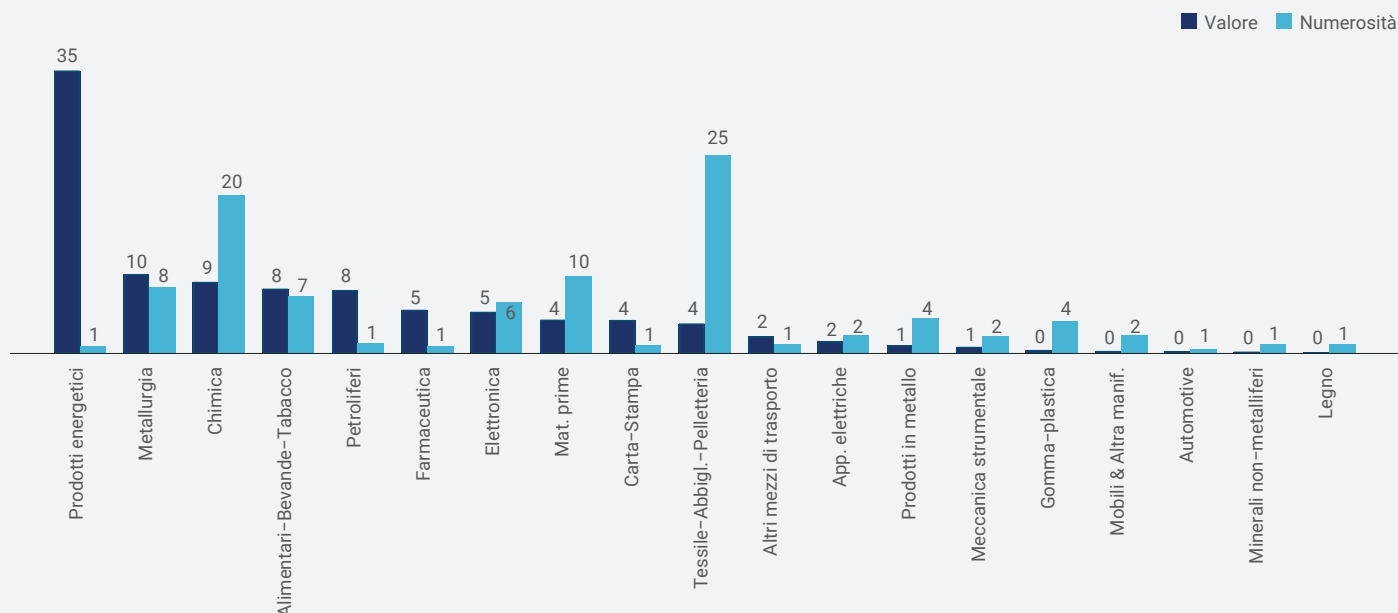
⁵ <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789211561760/read>.

⁶ L'unica eccezione è rappresentata dai prodotti energetici che sono in alcuni casi classificati come beni di consumo.

Figura 7

La manifattura italiana dipende soprattutto dalle importazioni di energia e semilavorati metallurgici

(Quote* sul totale delle importazioni critiche in valore e numerosità sul totale dell'import critico, Italia, media 2018-2023)



* Le quote sono ottenute sulla base dei valori medi tra il 2018 e il 2023, escludendo il 2020.

Fonte: elaborazione Centro Studi Confindustria su dati BACI-CEPII.

di produzione (Atalay, 2017). Inoltre, vengono esclusi i prodotti che non sono più critici dopo il 2017 o che, tra il 2018 e il 2023, non sono critici per la maggior parte del tempo (Vicard e Wibaux, 2023) e gli scambi commerciali intercorsi nel 2020, per eliminare le criticità strettamente legate alla contingenza della pandemia.

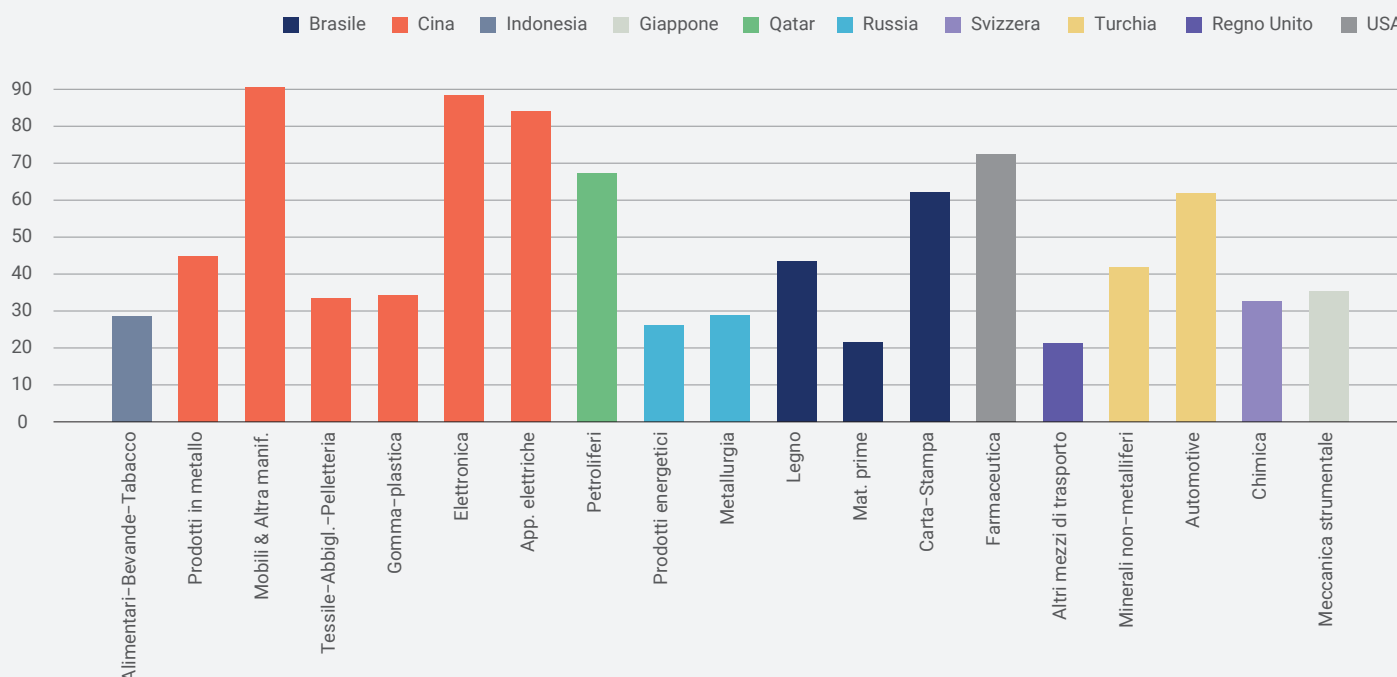
Applicando questi ulteriori criteri di selezione, emergono 364 prodotti manifatturieri per cui l'Italia risulta fortemente dipendente da forniture extra-UE, per un valore complessivo di circa 26 miliardi di euro. Come mostrato in Figura 7, le dipendenze più rilevanti riguardano i prodotti energetici (35% dell'import critico, in particolare il gas naturale, sebbene in calo) e i semilavorati metallurgici (10%). Numerosi, ma di valore inferiore, risultano anche i prodotti del tessile-abbigliamento e pelletteria e quelli chimici, evidenziando una forte eterogeneità settoriale nella composizione delle dipendenze critiche.

Il profilo di rischio di interruzione della fornitura che caratterizza le dipendenze commerciali varia sensibilmente anche in base alla distanza geopolitica dei fornitori. Selezionando per ciascun settore manifatturiero il principale paese fornitore, l'analisi mostra che le importazioni più esposte sotto questo profilo si concentrano nel settore alimentare⁷ e, soprattutto, nei semilavorati elettronici e nelle apparecchiature elettriche insieme ai semilavorati del settore dei mobili e

⁷ In questo caso, però, il primo paese fornitore, l'Indonesia, conta per solo il 30% della fornitura.

Figura 8 I semilavorati elettronici e le apparecchiature elettriche critici sono a maggiore rischio geopolitico

(Quota del primo fornitore sulla media delle importazioni critiche settoriali tra il 2018 e il 2023, Italia*)



* I settori sono ordinati sulla base della distanza geopolitica dall'Italia nel 2023 del primo fornitore dell'import critico, dal più distante al meno distante.

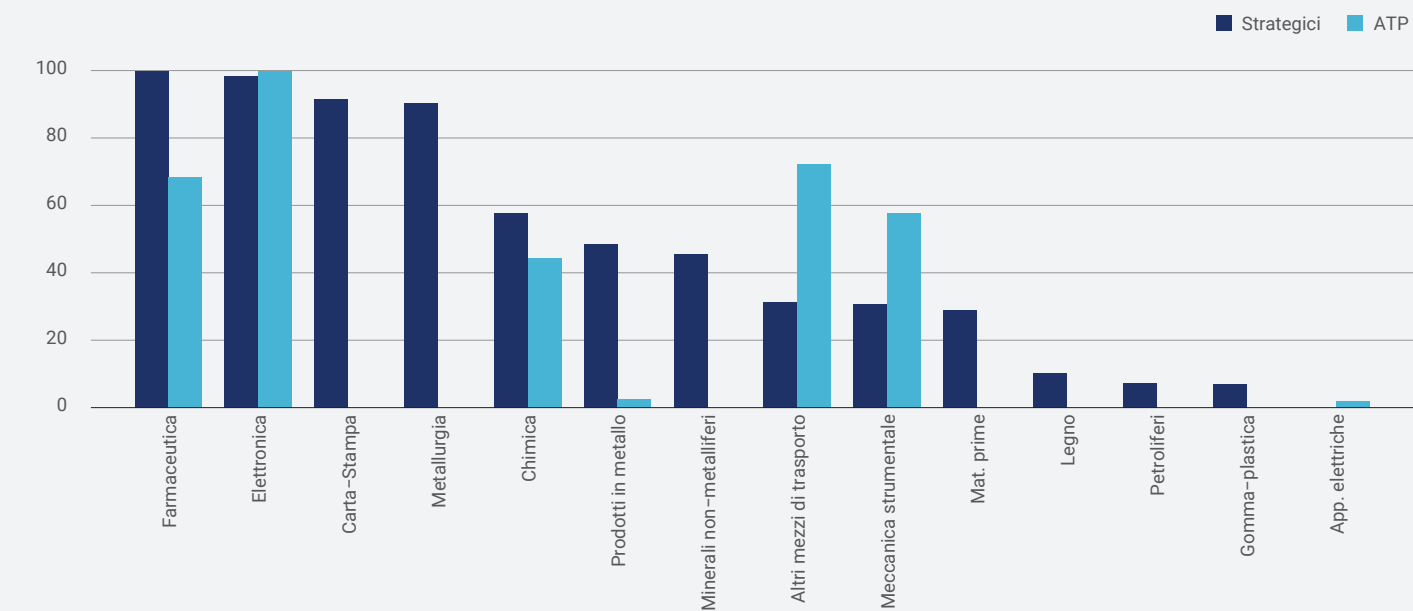
Fonte: elaborazione Centro Studi Confindustria su dati BACI-CEPII e Bailey et al. (2017).

altra manifattura, tutti fortemente dipendenti dalla Cina, ad eccezione del settore alimentare (Figura 8). Ulteriori dipendenze rilevanti riguardano i prodotti petroliferi (Qatar), la metallurgia e i prodotti energetici (Russia) e carta e legno (Brasile), mentre altri settori dipendono da paesi geopoliticamente più vicini all'Italia.

Un altro elemento importante per caratterizzare (e prioritizzare) le dipendenze risiede nella natura strategica e tecnologica dei prodotti che le compongono. Come evidenziato in Figura 9, nella farmaceutica e nell'elettronica tutti i prodotti critici sono strategici e in larga parte tecnologicamente avanzati, pur rappresentando una quota limitata del valore totale delle importazioni critiche. Elevate quote di prodotti strategici caratterizzano anche carta e metallurgia, mentre un alto contenuto tecnologico emerge in chimica, meccanica strumentale e altri mezzi di trasporto.

Figura 9
Le importazioni critiche della farmaceutica
e dell'elettronica sono strategiche
e a elevato contenuto tecnologico

(Quota prodotti strategici o Advanced Technology Product (ATP)
sulla media delle importazioni critiche settoriali tra il 2018 e il 2023, Italia)



Fonte: elaborazione Centro Studi Confindustria su dati BACI-CEPII e US Census Bureau.

**Il progetto CASCADE:
mappatura delle dipendenze e
valutazione prospettica tramite
metodo Delphi**

02

Filiere strategiche, dipendenze critiche e strategiche, materie prime critiche: definizioni e stato dell'arte

La scelta delle filiere strategiche d'interesse e della rosa di materie prime critiche

Risultati dello studio Delphi

Considerazioni di sintesi

Requisiti di sostenibilità ed effetti sulle criticità

Negli ultimi anni, il susseguirsi sempre più frequente di shock e tensioni geopolitiche su scala globale ha reso evidente la vulnerabilità delle catene del valore e delle catene di fornitura europee, con particolare riguardo a svariati beni e servizi che risultano essenziali per il perseguimento degli obiettivi e degli interessi dell'Unione, quali, ad esempio, la transizione digitale e verde, la salute e la sicurezza dei propri cittadini, la difesa dei propri confini e delle proprie infrastrutture digitali.

In questo contesto, le istituzioni europee hanno intensificato gli sforzi volti, da un lato, a identificare filiere e settori strategici per i propri interessi, nonché il loro grado di esposizione e dipendenza da partner di fornitura non europei e, dall'altro, a definire piani industriali e strategici orientati a rafforzare la resilienza delle *supply chain* (Carrara et al., 2023; European Commission, 2021, 2022, 2024a; EUCO, 2020).

Sebbene tali dipendenze riguardino anche servizi, competenze, infrastrutture, dati e tecnologie, una dimensione fondamentale concerne un insieme di materie prime, che fungono da input chiave per diversi settori strategici europei e rispetto alle quali l'Unione Europea presenta una marcata dipendenza dalle importazioni, in alcuni casi provenienti da un numero ristretto di Paesi fornitori e quindi esposte a elevati rischi di concentrazione (si veda paragrafo 1.6): si tratta delle cosiddette *Materie Prime Critiche e Strategiche* o *Critical and Strategic Raw Materials*, comunemente indicate con l'acronimo CRM (European Commission, 2023).

Già dal 2008 (European Commission, 2008), a livello Europeo, l'identificazione delle CRM e il monitoraggio dell'evoluzione della dipendenza ad esse relative sono consolidate, mantenendosi tuttavia ad un livello prevalentemente *macro* e facendo passare in secondo piano l'analisi delle problematiche e dei rischi di approvvigionamento di forniture e materiali critici da parte delle imprese (Kalaitzi et al., 2018, 2019; Queiroz et al., 2024). In altre parole, nonostante la crescente attenzione ai rischi legati alle CRM, manca una comprensione di come le imprese percepiscano, gestiscano e si adattino a queste sfide.

A questo riguardo, il progetto CASCADE ha proprio per oggetto l'analisi delle criticità di fornitura in alcune *filiere strategiche* nel panorama industriale italiano – in particolare, “Aerospazio, Difesa e Sicurezza”, “Progettazione e produzione di macchine e linee per l'imballaggio per l'industria farmaceutica e cosmetica” e “Automazione industriale e settori della Mobilità e delle Rinnovabili” – con un focus primario sulle problematiche delle imprese relative all'approvvigionamento di un campione di quattro CRM – alluminio, rame, titanio e terre rare – e dei beni intermedi che li contengono.

Tramite un'analisi che copre diversi livelli della catena di fornitura, il progetto CASCADE ha come obiettivi:

- L'esplorazione della percezione delle imprese italiane rispetto alle criticità attese nell'approvvigionamento di forniture critiche e ai loro impatti sulle *supply chain* da qui a cinque anni;
- L'individuazione delle strategie di *risk-management* che potrebbero essere implementate per mitigare tali criticità, nonché i possibili ostacoli alla loro messa in atto;
- La valutazione del possibile impatto di iniziative di economia circolare (es. recupero e riciclo di materiali critici da prodotti a fine vita) nel mitigare le problematiche delle forniture critiche;

Filiere strategiche, dipendenze critiche e strategiche, materie prime critiche: definizioni e stato dell'arte

- L'incremento della consapevolezza di imprenditori, manager, associazioni di categoria e *policymakers* rispetto alla tematica.

Il progetto si è concretizzato in tre principali filoni di attività:

- L'analisi dello stato dell'arte in materia di filiere strategiche e CRM, e la selezione del contesto di studio, con l'individuazione del campione di filiere strategiche esposte a criticità nel contesto italiano e delle CRM d'interesse;
- Un'analisi esplorativa delle criticità di fornitura, mediante *focus group* con esperti¹ specializzati nell'approvvigionamento delle CRM d'interesse, e la successiva analisi di dettaglio mediante la metodologia Delphi;
- L'indagine approfondita di una particolare filiera – nello specifico, quella degli elicotteri – mediante tre casi studio lungo la medesima, a tre livelli diversi della catena di fornitura (cliente utilizzatore finale, fornitore di *tier-1* e fornitore di *tier-2*).

Il progetto CASCADE si concentra sul caso italiano, ma tratta argomenti analizzati prevalentemente a livello europeo. Per questo motivo, si offre di seguito una breve sintesi delle risultanze degli *assessment* effettuati dalle istituzioni dell'Unione Europea in materia di *dipendenze*, *filiere* e *materie prime critiche e strategiche*, nonché delle loro definizioni.

Dipendenze, filiere critiche e strategiche negli assessment delle istituzioni europee

Le istituzioni europee hanno dedicato sforzi significativi, da un lato, all'identificazione di settori e catene del valore e di fornitura di prodotti strategici e, dall'altro, alla definizione delle proprie dipendenze critiche e strategiche.

In primo luogo, il rapporto 2019 dello *Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest* individua tre criteri rispetto ai quali viene definita la natura *strategica* di una specifica catena del valore (European Commission, 2019). Più nello specifico, esso sostiene che una *catena del valore strategica* presenti le seguenti tre dimensioni:

- Innovatività tecnologica, ossia la catena del valore si basa sullo sfruttamento di tecnologie abilitanti chiave strategiche, su *breakthrough* tecnologici, su importanti risultati della Ricerca e Sviluppo (R&S) o su innovazioni dirompenti (ad es. guida autonoma, tecnologie a basse emissioni di carbonio);
- Potenziale economico e di mercato, ossia la catena del valore ha un peso economico considerevole, attuale o potenziale;
- Importanza sociale e politica per l'Europa, ossia la catena del valore fornisce un contributo rilevante alle sfide sociali europee e/o agli obiettivi di policy (ad es. cambiamento climatico, invecchiamento della popolazione), ed è strumentale

¹ Gli esperti coinvolti, competenti in materia di una o più delle CRM di interesse, provengono dal mondo delle imprese – in particolare, profili attivi nel procurement, nella R&S e nella progettazione di prodotto – nonché dal mondo della ricerca, del trading di materie prime e della distribuzione di semilavorati e componenti che incorporano le CRM considerate.

alla sicurezza e all'autonomia dell'Europa: in un mondo in cui sempre più processi industriali sono pienamente interconnessi, alcune tecnologie chiave devono essere prodotte e possedute intellettualmente in Europa per raggiungere un certo grado di indipendenza tecnologica, ad esempio in infrastrutture critiche, componenti o insiemi di proprietà intellettuale, al fine di garantire la sicurezza economica.

Successivamente, la Commissione ha meglio caratterizzato i concetti di *dipendenze critiche* e *dipendenze strategiche*. Entrambe sono definite con riferimento a beni (materie prime, input, beni finali), servizi, competenze, infrastrutture, dati o tecnologie, e vengono valutate in relazione alla rilevanza delle loro importazioni da fonti extra-UE. Più precisamente, l'UE valuta la dipendenza dalle importazioni di uno specifico prodotto utilizzando tre criteri (European Commission, 2021):

- Un'elevata concentrazione delle importazioni da fonti non UE, utilizzata come metrica della diversificazione degli approvvigionamenti;
- Un'elevata quota di importazioni non UE sul totale delle importazioni, che delinea la rilevanza dei fornitori extra-UE;
- Un'elevata quota di importazioni extra-UE rispetto al totale delle esportazioni europee, considerata una *proxy* robusta della capacità produttiva e, conseguentemente, della capacità di compensare il fabbisogno di importazioni in caso di interruzioni della *supply chain*.

Quando un prodotto soddisfa tali criteri, viene definita una *dipendenza critica*, ossia la dipendenza da un numero limitato di attori per la fornitura di beni, combinata con una limitata capacità di produzione interna o sostituibilità di tali forniture. Un prodotto rappresenta invece una *dipendenza strategica* quando è considerato di importanza critica per l'UE e per gli interessi strategici dei suoi Stati membri, quali sicurezza, protezione, salute e la transizione verde e digitale.

In recenti valutazioni riguardanti le dipendenze all'interno delle industrie europee, tra i quattordici ecosistemi industriali che caratterizzano il Mercato Unico dell'UE, alcuni settori sono stati esplicitamente identificati come *ecosistemi industriali sensibili*, sulla base di due criteri (Council of the EU, 2020; European Commission, 2021):

- Sono stati riconosciuti di cruciale interesse per gli obiettivi strategici dell'Unione;
- Sono stati ritenuti altamente esposti ai potenziali rischi associati alla dipendenza delle forniture di tali ecosistemi da fonti extra-UE.

Gli ecosistemi industriali sensibili evidenziati sono: (i) Aerospazio e Difesa; (ii) Elettronica; (iii) Industrie ad alta intensità energetica; (iv) Energie rinnovabili; (v) Salute; (vi) Digitale.

Una recente valutazione della Commissione Europea sulle dipendenze della catena di approvvigionamento dell'UE e sulle previsioni della domanda di materiali fino al 2050 identifica inoltre un elenco di cinque *settori strategici*² e un campione di *tecnologie chiave* ad essi trasversali³ (Carrara et al., 2023).

² Trattasi di: Energia rinnovabile; Mobilità elettrica (e-mobility); Industrie ad alta intensità energetica; Tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT); Aerospazio e Difesa.

³ Trattasi di: batterie agli ioni di litio; celle a combustibile; elettrolizzatori; turbine eoliche; motori di trazione; fotovoltaico solare; pompe di calore; ferro a riduzione diretta con idrogeno e forni elettrici ad arco; reti di trasmissione dati; archiviazione dati e server; smartphone, tablet e laptop; manifattura additiva (stampa 3D); robotica; droni; lanciatori spaziali e satelliti.

Le materie prime critiche e strategiche: definizioni

Negli ultimi due decenni, la scarsità delle risorse naturali e la sicurezza degli approvvigionamenti di materie prime sono tornate a essere riconosciute in misura elevata e crescente (IEA, 2024, 2025).

Nel contesto dell'Unione Europea, dal 2011 e con cadenza triennale, la Commissione svolge una valutazione della criticità di approvvigionamento di un campione di materie prime, identificate come *critiche* sulla base di due criteri (European Commission, 2017; 2023):

- Quello dell'*importanza economica*, che si verifica se la materia prima risulta rilevante per l'economia in termini di settori di applicazione finale, considerati rilevanti in termini economici e di sicurezza, e di valore aggiunto dei corrispondenti settori manifatturieri;
- Quello del *rischio di approvvigionamento*, che si verifica se la sua catena di approvvigionamento risulta vulnerabile a interruzioni, in virtù dell'elevata concentrazione dell'offerta primaria in pochi Paesi produttori.

Il criterio dell'*importanza economica* è dunque funzione della rilevanza dei settori che impiegano il dato materiale, della quantità impiegata in ciascun settore e del grado di sostituibilità del medesimo con materiali alternativi senza incorrere in eccessive perdite di performance e/o aumenti dei costi. Il criterio del *rischio di approvvigionamento*, invece, è funzione di fattori quali il grado di concentrazione dell'offerta – sia in termini assoluti che relativamente ai Paesi fornitori dell'UE –, della qualità della *governance* nei Paesi fornitori – in termini di stabilità politica, stato di diritto, qualità delle istituzioni, etc. –, il livello di dipendenza dalle importazioni necessario a soddisfare la domanda interna, la presenza di restrizioni o barriere commerciali nei Paesi fornitori, il tasso di riciclo a fine vita del materiale – che riduce la dipendenza dalle fonti primarie – e la sostituibilità del materiale con alternative meno esposte al rischio di approvvigionamento.

Il recente *Critical Raw Materials Act* dell'UE (European Commission, 2024b) ha inoltre introdotto il concetto di materie prime *strategiche*, definite come materie prime:

- Di importanza strategica per le tecnologie alla base delle transizioni verde e digitale, oppure per applicazioni nella difesa o nell'aerospazio;
- Caratterizzate da un potenziale divario significativo tra l'offerta globale e la domanda prevista;
- Per le quali un aumento della produzione domestica risulta relativamente difficile.

Sebbene tali materie prime siano spesso utilizzate in volumi relativamente ridotti, esse sono essenziali per lo sviluppo della totalità delle tecnologie e delle applicazioni avanzate, nonché dei *settori strategici*, discussi nella sezione (2.1).

La scelta delle filiere strategiche d'interesse e della rosa di materie prime critiche

Le tre *filiere strategiche* e le quattro CRM considerate nello studio sono state selezionate attraverso diversi passaggi preparatori, finalizzati a garantire che lo studio riguardasse settori industriali di primo piano e strategici per l'Italia e per l'Europa e materiali per essi rilevanti.

In primo luogo, è stata individuata una rosa ristretta di industrie di riferimento, caratterizzate da una particolare rilevanza nel panorama economico italiano in termini di innovatività tecnologica, potenziale economico e importanza sociale, nonché potenzialmente esposte a criticità legate all'approvvigionamento di CRM e/o dei beni intermedi che le incorporano.

In secondo luogo, all'interno di queste industrie, è stata identificata una rosa di *filiere* con le seguenti caratteristiche:

- Che risultassero di spiccata rilevanza economica all'interno del contesto nazionale, e che mostrassero un andamento di crescita negli ultimi anni e di un potenziale di crescita per il futuro;
- Che rientrassero tra gli *ecosistemi industriali sensibili*, i *settori strategici*, le *catene del valore strategiche* e/o le *tecnologie chiave* discusse nella sezione (2.1), o si estendessero a monte e/o a valle a prodotti e settori effettivamente considerati *strategici*;
- Che presentassero difficoltà di approvvigionamento passate, attuali e/o future, anche con riferimento alle CRM;
- Che non riguardassero tecnologie caratterizzate da informazioni sensibili che le imprese produttrici non possono divulgare.

L'analisi, basata su dati ufficiali, letteratura scientifica e documenti di policy, ha portato all'individuazione di tre *filiere*: "Aerospazio, Difesa e Sicurezza", "Progettazione e produzione di macchine e linee per l'imballaggio per l'industria farmaceutica e cosmetica" e "Automazione industriale e settori della Mobilità e delle Rinnovabili" (ANIE 2023a, 2023b, 2026; Carrara et al., 2023; CDP, 2021; European Commission, 2019; Istat, 2022, 2023, 2024; MECS, 2023; TEHA, 2022; 2023; UCIMA, 2024).

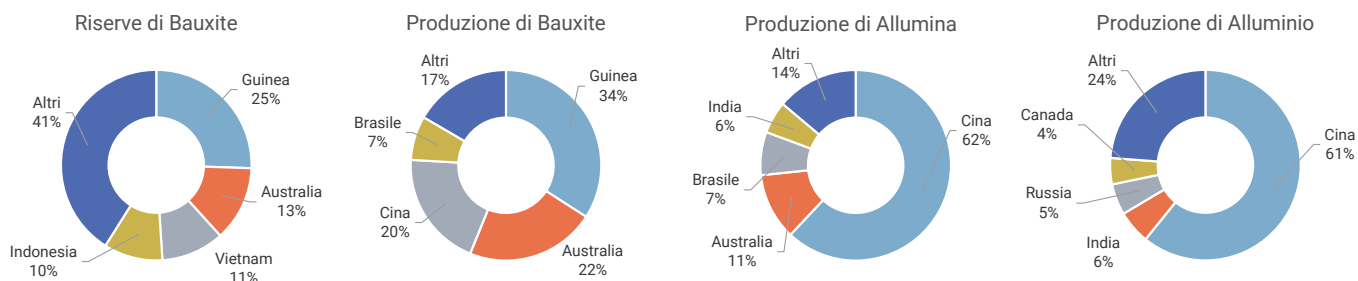
Abbiamo condotto interviste esplorative con manager di imprese coinvolte in queste *filiere*, al fine di comprendere quali CRM fossero più rilevanti nei loro contesti, quale fosse la loro percezione degli scenari attuali e futuri dei mercati di approvvigionamento, nonché le principali sfide che le aziende stanno attualmente affrontando nelle attività di fornitura dei materiali stessi e/o dei componenti che li incorporano.

A partire da queste evidenze, abbiamo quindi individuato un insieme di quattro CRM, trasversali e comuni alle *filiere* considerate, ossia alluminio, rame, titanio e terre rare, su cui si concentra l'analisi empirica.

Appendice statistica - Produzione e impieghi principali

Figura A
Alluminio

Produttori primari e di materiale raffinato (% produzione globale)



Approvvigionamento UE, materiale primario e raffinato (% fabbisogno UE coperto)

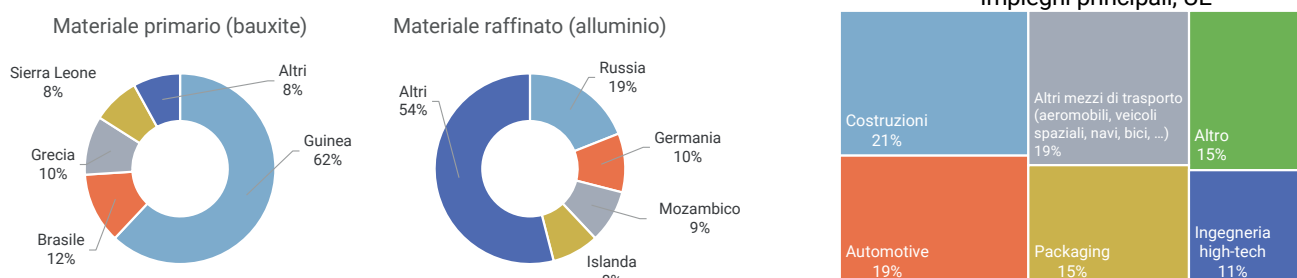
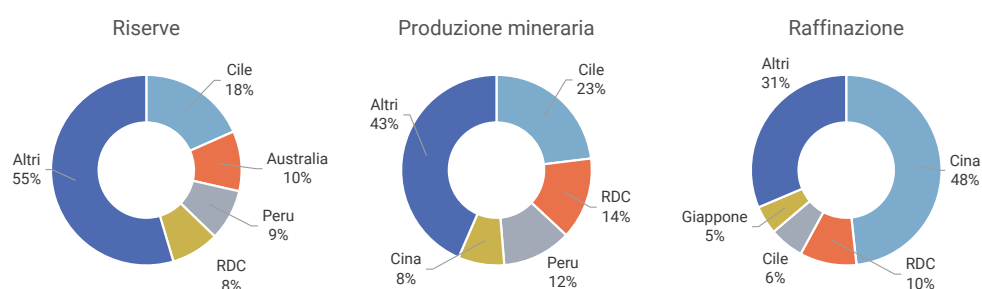


Figura B
Rame

Produttori primari e di materiale raffinato (% produzione globale)



Approvvigionamento UE, materiale primario e raffinato (% fabbisogno UE coperto)

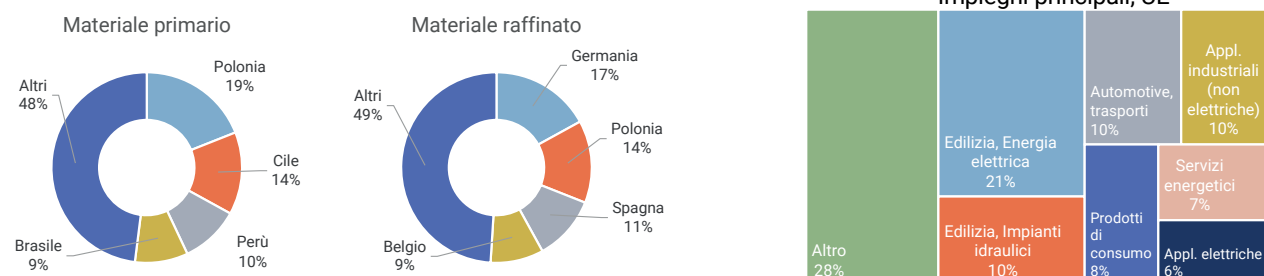
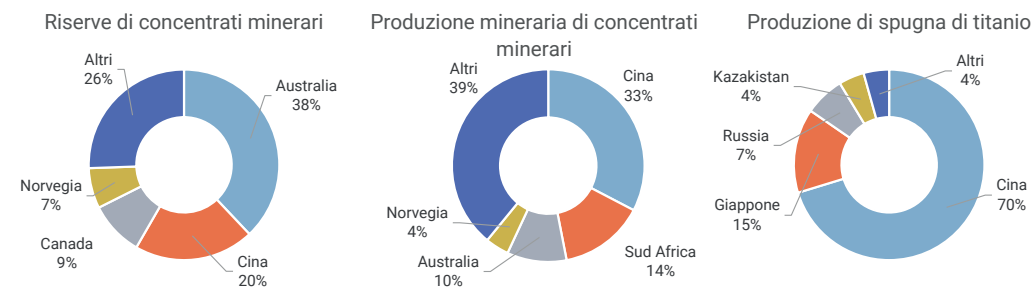


Figura C
Titanio

Produttori primari e di materiale raffinato (% produzione globale)



Approvvigionamento UE, materiale primario e raffinato (% fabbisogno UE coperto)

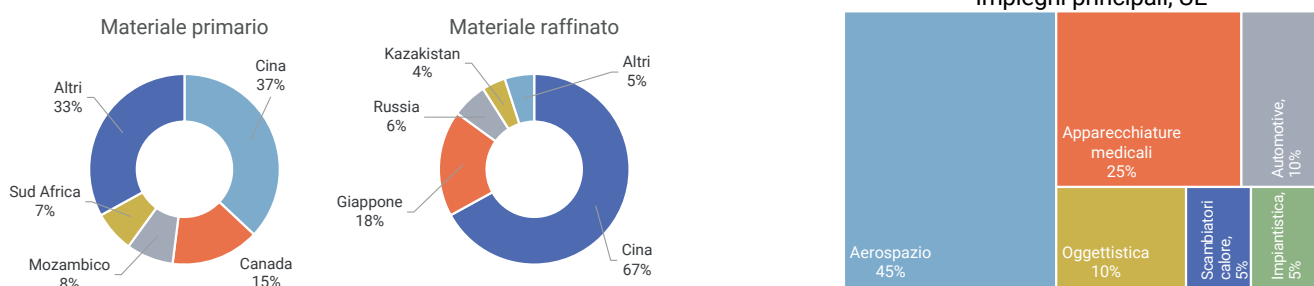
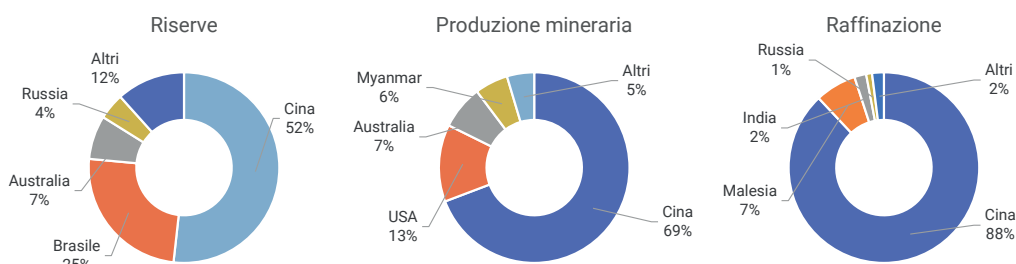
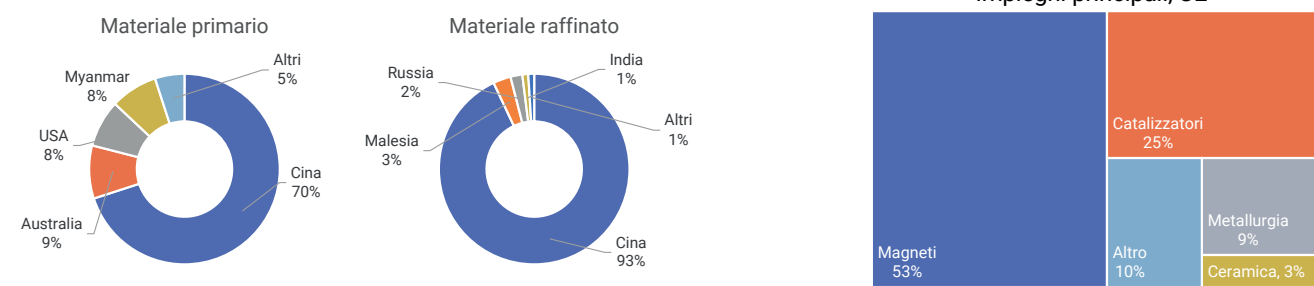


Figura D
Terre rare

Produttori primari e di materiale raffinato (% produzione globale)



Approvvigionamento UE, materiale primario e raffinato (% fabbisogno UE coperto)



Fonti: elaborazioni su dati European Commission (2023), RMIS (2026), USGS (2026).

Risultati dello studio Delphi

Per analizzare in modo strutturato le criticità legate alle materie prime critiche e le possibili strategie di mitigazione, il progetto si è sviluppato in più fasi, con l'obiettivo di integrare l'esperienza diretta delle imprese con un processo formale di costruzione del consenso tra esperti.

Il percorso è iniziato con una fase esplorativa preliminare, che ha avuto la funzione di definire l'ambito dell'analisi e identificare le principali dimensioni di interesse. Attraverso lo studio di casi aziendali e l'organizzazione di un focus group, sono stati individuati i materiali maggiormente esposti a rischi di approvvigionamento e sono state raccolte le prime evidenze su criticità percepite, strategie adottate e ostacoli incontrati lungo le filiere. Questa fase ha permesso di costruire il questionario dello studio Delphi in modo aderente alle dinamiche industriali reali (Khodyakov et al., 2023).

Lo studio Delphi: costruire consenso in un contesto di incertezza

Il nucleo centrale dell'analisi è rappresentato dallo studio Delphi, condotto in due round successivi.

La metodologia Delphi è particolarmente indicata quando si affrontano temi caratterizzati da incertezza, complessità e conoscenza distribuita tra più attori. Nel caso delle materie prime critiche, le dinamiche di mercato, geopolitiche e regolatorie rendono difficile formulare previsioni lineari, rendendo necessario un confronto strutturato tra esperti.

Nel primo round, i partecipanti hanno espresso le proprie valutazioni in modo indipendente. Successivamente, è stata fornita una sintesi aggregata delle risposte del gruppo, consentendo a ciascun esperto di riconsiderare la propria posizione nel secondo round. Questo meccanismo non mira a forzare un accordo, ma a favorire una convergenza ragionata delle valutazioni, rendendo più solido il risultato finale.

Al termine dei due round è stato organizzato un focus group di validazione con un sottoinsieme dei partecipanti, con l'obiettivo di discutere collettivamente i risultati, approfondire le aree di maggiore incertezza e tradurre le evidenze in chiave applicativa.

Il Panel di esperti

Alla survey sono stati invitati 55 esperti con competenze dirette nelle filiere analizzate; 45 hanno completato il primo round e tutti hanno partecipato anche al secondo, garantendo una continuità particolarmente elevata nel processo. Il panel è stato costruito in modo da assicurare eterogeneità di ruoli e prospettive, includendo figure apicali aziendali, responsabili acquisti e supply chain, profili operativi e tecnici, esperti di innovazione e professionisti attivi in ambito commerciale e consulenziale. La Tabella 1 riporta il profilo demografico del panel di esperti.

Un aspetto metodologico rilevante è che **ciascun partecipante ha espresso valutazioni esclusivamente sui materiali per i quali dichiarava competenza specifica**. Questo significa che il numero di risposte varia a seconda del materiale, ma aumenta l'affidabilità complessiva delle evidenze, poiché le valutazioni sono state fornite solo da soggetti con esperienza diretta.

Tabella 1
Profilo demografico
del panel di esperti (n=45)

Dimensione	Numero	% del totale
Genere		
Maschio	36	80%
Femmina	8	18%
Altro	1	2%
Titolo di studio più elevato		
Diploma di scuola superiore	15	33%
Laurea Triennale	2	5%
Laurea magistrale (o laurea a ciclo unico)	18	40%
Master universitario/MBA	6	13%
Dottorato di ricerca (PhD)	4	9%
Ruolo all'interno dell'azienda/organizzazione		
Leadership aziendale e membri del consiglio di amministrazione	10	22%
Ruoli in procurement, acquisti e supply chain	21	47%
Ruoli nelle operations e nella produzione	4	9%
Ruoli tecnici, R&S e innovazione	2	4%
Ruoli commerciali, policy, consulenza e sviluppo business	7	16%
Non assegnato	1	2%
Anni di esperienza		
Meno di 2 anni	2	4%
Tra 2 e 5 anni	4	9%
Tra 6 e 10 ani	4	9%
Tra 11 e 20 anni	15	33%
Oltre 20 anni	20	45%
Totale	45	100%

Fonte: elaborazione degli autori.

Le dimensioni analizzate

Il questionario è stato articolato in cinque aree di indagine tra loro interconnesse:

- i. L'evoluzione attesa delle condizioni di accesso ai materiali nei prossimi cinque anni;
- ii. I fattori che possono determinare delle criticità;
- iii. Gli impatti settoriali e lungo la filiera dei materiali;
- iv. Le strategie di mitigazione e le barriere alla loro implementazione;
- v. La relazione tra requisiti di sostenibilità e criticità del materiale.

Le valutazioni sono state raccolte attraverso scale Likert a cinque punti, che consentono di misurare l'intensità percepita dei fenomeni analizzati. Un elemento centrale dell'analisi è il livello di consenso tra gli esperti: quando nei risultati

viene segnalata l'assenza di consenso, ciò indica che su quel tema permane una divergenza significativa di opinioni e, quindi, un maggiore grado di incertezza prospettica. Questo aspetto rappresenta un'informazione strategica, perché segnala ambiti in cui le imprese potrebbero trovarsi ad affrontare scenari meno prevedibili.

Nel loro insieme, questi elementi consentono di leggere i risultati presentati nelle sezioni successive non come semplici percezioni individuali, ma come l'esito di un processo strutturato di confronto tra attori direttamente coinvolti nella gestione delle materie prime critiche.

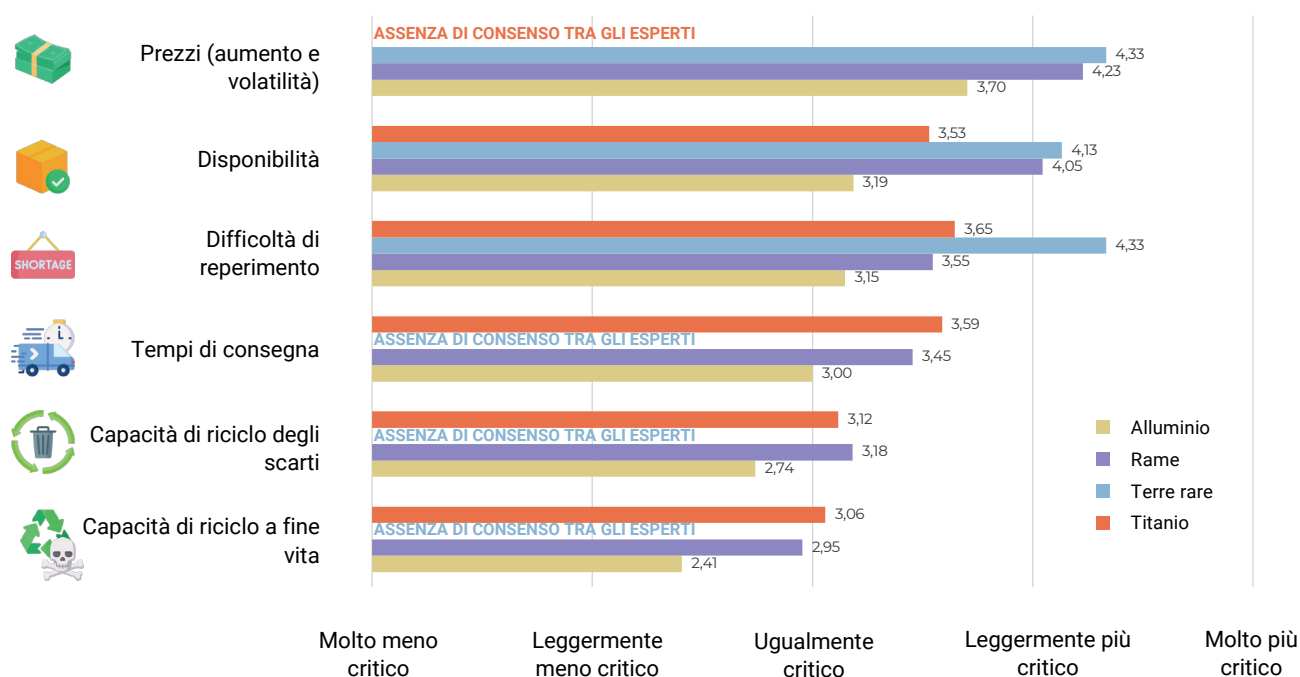
Le sezioni che seguono illustrano i risultati dello studio Delphi, offrendo una lettura integrata delle principali dinamiche che potrebbero caratterizzare le filiere delle materie prime critiche nei prossimi cinque anni. L'analisi mette in evidenza non solo le criticità attese, ma anche i fattori che le alimentano, le strategie ritenute più efficaci per affrontarle e le barriere che potrebbero limitarne l'adozione.

Evoluzione delle criticità nei prossimi cinque anni

La Figura 1 sintetizza le valutazioni degli esperti sull'evoluzione attesa delle condizioni di accesso ad alluminio, rame, terre rare e titanio nei prossimi cinque anni. Le dimensioni considerate riguardano l'andamento dei prezzi (aumento e volatilità), la disponibilità del materiale, la difficoltà di reperimento, i tempi di consegna e le capacità di riciclo, sia degli scarti di produzione sia a fine vita.

Nel complesso emerge un'aspettativa condivisa di progressivo irrigidimento delle condizioni di accesso, in particolare per quanto riguarda prezzi, disponibilità e difficoltà di approvvigionamento. Le dimensioni legate al riciclo risultano invece mediamente meno critiche rispetto ai fattori di mercato e di procurement.

Figura 1
Evoluzione attesa delle criticità di accesso dei materiali nei prossimi cinque anni



Fonte: elaborazione degli autori.

Per l'**alluminio**, la principale criticità attesa nei prossimi cinque anni riguarda l'aumento e la volatilità dei prezzi, giudicati leggermente più critici. Disponibilità, difficoltà di reperimento e tempi di consegna sono invece percepiti come ugualmente critici rispetto alla situazione attuale.

Le dimensioni legate al riciclo risultano meno problematiche: la capacità di riciclo degli scarti è considerata sostanzialmente stabile, mentre il riciclo a fine vita è percepito come leggermente meno critico.

Nel caso dell'alluminio, dunque, la vulnerabilità appare legata soprattutto a dinamiche di costo più che a una reale scarsità fisica del materiale.

Per quanto riguarda il **rame**, sia l'aumento dei prezzi sia la disponibilità sono percepiti come leggermente più critici, così come la difficoltà di reperimento. Le dimensioni legate al riciclo e ai tempi di consegna risultano sostanzialmente ugualmente critiche, senza segnali di miglioramento o peggioramento significativo.

Il rame appare quindi esposto a una combinazione di pressioni legate alla domanda globale e alla competizione per l'accesso al materiale, con una tensione crescente sia sul piano economico sia su quello operativo.

Le **terre rare** emergono come il materiale con il livello di criticità complessiva più elevato. Prezzi, disponibilità e difficoltà di reperimento sono tutti percepiti come leggermente più critici, con un'intensità superiore rispetto agli altri materiali.

Per quanto riguarda i tempi di consegna e le dimensioni legate al riciclo, non è stato raggiunto pieno consenso tra gli esperti, a conferma dell'elevato grado di incertezza che caratterizza questo materiale.

Nel confronto tra materiali, le terre rare presentano quindi il profilo di vulnerabilità più strutturale e sistemico.

Per il **titanio**, le principali criticità riguardano la disponibilità, la difficoltà di reperimento, e i tempi di consegna, tutti percepiti come leggermente più critici nei prossimi cinque anni.

Le dimensioni legate al riciclo risultano sostanzialmente ugualmente critiche, senza segnali di miglioramento rilevante. Sulla volatilità e sull'aumento dei prezzi invece, non è emersa una valutazione pienamente condivisa, segnalando una percezione meno uniforme rispetto agli altri materiali.

Il titanio presenta quindi un profilo di rischio prevalentemente operativo, legato alla struttura dell'offerta e alla capacità produttiva.

Nel loro insieme, i risultati indicano una tendenza condivisa verso un graduale peggioramento delle condizioni di accesso alle materie prime critiche. La dinamica dei prezzi rappresenta la criticità più trasversale, ma si accompagna a una crescente pressione sulla disponibilità e sulla capacità delle imprese di assicurarsi volumi adeguati in modo stabile.

Le dimensioni legate al riciclo non emergono come un fattore di forte aggravamento, ma nemmeno come una leva in grado di compensare in modo strutturale le vulnerabilità del mercato primario.

La Figura 2 sintetizza le principali dimensioni di criticità attese nei prossimi 5 anni per i diversi materiali, secondo il panel di esperti.

Figura 2
Sintesi delle principali dimensioni
di criticità attese nei prossimi cinque anni

 Al Alluminio	 Cu Rame	 Terre rare	 Ti Titanio
 Prezzi (aumento e volatilità)	 Prezzi (aumento e volatilità)	 Prezzi (aumento e volatilità)	
	 Disponibilità	 Disponibilità	 Disponibilità
	 Difficoltà di reperimento	 Difficoltà di reperimento	 Difficoltà di reperimento
			 Tempi di consegna

Fonte: elaborazione degli autori.

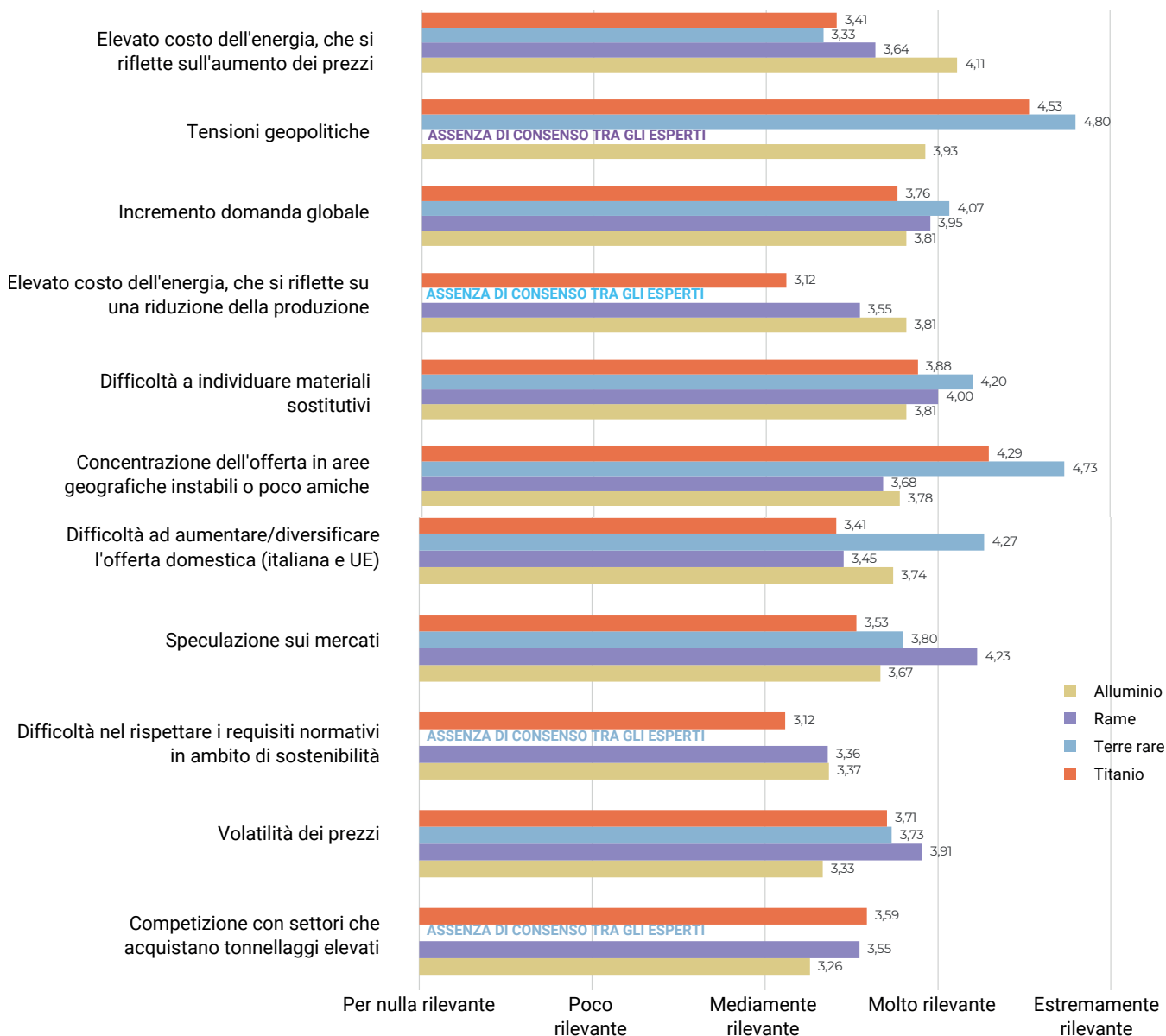
Fattori che determinano le criticità di approvvigionamento

La Figura 3 riporta la valutazione degli esperti in merito ai principali fattori che, nei prossimi cinque anni, potrebbero contribuire ad aggravare le criticità di accesso ad alluminio, rame, terre rare e titanio. Gli elementi considerati includono dinamiche di domanda globale, tensioni geopolitiche, concentrazione geografica dell'offerta, difficoltà di sostituzione, costi energetici, speculazione di mercato e requisiti normativi legati alla sostenibilità.

Nel complesso emerge un quadro chiaro: le criticità future sono attribuite prevalentemente a fattori strutturali di mercato e a dinamiche geopolitiche, più che a vincoli normativi o ambientali. Crescita della domanda globale, difficoltà di individuare materiali sostitutivi, dinamiche speculative e concentrazione dell'offerta in aree geografiche instabili risultano elementi ricorrenti e considerati almeno **molto rilevanti per tutti i materiali analizzati**.

Per l'**alluminio**, risultano molto rilevanti l'elevato costo dell'energia, sia per il suo impatto diretto sull'aumento dei prezzi sia per la possibile riduzione della capacità produttiva, insieme alle tensioni geopolitiche. Sono inoltre considerati molto rilevanti l'incremento della domanda globale, la difficoltà di individuare materiali sostitutivi, la concentrazione dell'offerta in aree geografiche instabili, le difficoltà di diversificazione dell'offerta domestica e la speculazione sui mercati. Gli altri fattori di studio sono valutati come mediamente rilevanti, quindi non tra i principali driver di criticità. È interessante osservare che, sebbene la volatilità dei prezzi sia indicata come una criticità attesa per l'alluminio, essa non viene considerata tra i principali fattori che ne determinano l'aggravamento.

Figura 3
Fattori ritenuti rilevanti nel determinare
le criticità di accesso ad alluminio, rame,
terre rare e titanio nei prossimi cinque anni



Fonte: elaborazione degli autori.

Nel caso dell'alluminio, dunque, la vulnerabilità appare fortemente connessa ai costi energetici e alle dinamiche geopolitiche, in un contesto di domanda crescente e limitata sostituibilità del materiale.

Per quanto riguarda il **rame**, emergono come molto rilevanti la speculazione sui mercati, la difficoltà di individuare materiali sostitutivi, l'incremento della domanda globale, la volatilità dei prezzi, la concentrazione dell'offerta in aree instabili, la competizione con settori che acquistano tonnellaggi elevati e l'elevato costo dell'energia. Gli altri fattori risultano mediamente rilevanti. Non è stato raggiunto pieno consenso sull'impatto delle tensioni geopolitiche, segnalando una maggiore divergenza di valutazioni su questo punto.

Il rame appare quindi esposto soprattutto a dinamiche di mercato e competizione globale, con una pressione significativa legata alla domanda e alla struttura dell'offerta.

Le **terre rare** rappresentano il caso più critico sotto il profilo geopolitico. Le tensioni geopolitiche e la concentrazione dell'offerta in aree instabili sono valutate come estremamente rilevanti, configurando un rischio strutturale di natura sistemica. Sono inoltre molto rilevanti la difficoltà di diversificare l'offerta domestica, la difficoltà di individuare materiali sostitutivi, l'incremento della domanda globale, la speculazione sui mercati e la volatilità dei prezzi. Gli altri fattori sono considerati mediamente rilevanti. Non è stato raggiunto consenso sulla competizione con settori ad alto consumo, sulle difficoltà legate ai requisiti normativi di sostenibilità e sull'impatto dei costi energetici sulla riduzione della produzione.

Nel confronto tra materiali, le terre rare evidenziano una vulnerabilità fortemente concentrata nella dimensione geopolitica e nella dipendenza da specifiche aree di approvvigionamento.

Per il **titanio**, le tensioni geopolitiche sono considerate estremamente rilevanti, mentre la concentrazione dell'offerta in aree instabili, la difficoltà di individuare materiali sostitutivi, l'incremento della domanda globale, la volatilità dei prezzi, la speculazione sui mercati e la competizione con settori ad alto consumo risultano molto rilevanti. Gli altri fattori sono valutati come mediamente rilevanti e, per il titanio, è stato raggiunto consenso su tutti gli elementi analizzati.

Figura 4
Sintesi dei fattori ritenuti rilevanti nel determinare le criticità di accesso ad alluminio, rame, terre rare e titanio nei prossimi cinque anni

	 Alluminio	 Rame	 Terre rare	 Titanio
 ESTREMAMENTE RILEVANTI  MOLTO RILEVANTI  MEDIAMENTE RILEVANTI  ASSENZA DI CONSENSO TRA GLI ESPERTI				
Elevato costo dell'energia, che si riflette su una riduzione della produzione				
Tensioni geopolitiche				
Incremento domanda globale				
Difficoltà a individuare materiali sostitutivi				
Elevato costo dell'energia, che si riflette sull'aumento dei prezzi				
Concentrazione dell'offerta in aree geografiche instabili o poco amiche				
Difficoltà ad aumentare/diversificare l'offerta domestica (italiana e UE)				
Speculazione sui mercati				
Difficoltà nel rispettare i requisiti normativi in ambito di sostenibilità				
Volatilità dei prezzi				
Competizione con settori che acquistano tonnellaggi elevati				

Fonte: elaborazione degli autori.

Il titanio presenta quindi un'elevata esposizione ai fattori geopolitici, combinata con pressioni di mercato strutturali che ne amplificano la vulnerabilità.

Nel loro insieme, i risultati indicano che le criticità future saranno guidate principalmente da fattori geopolitici, concentrazione dell'offerta e dinamiche di domanda globale, più che da vincoli regolatori. La difficoltà di sostituzione dei materiali emerge come elemento trasversale e strutturale, mentre i requisiti normativi di sostenibilità non vengono percepiti come un driver primario di aggravamento delle criticità. Questo suggerisce che le tensioni future saranno guidate soprattutto da equilibri geopolitici, concentrazione dell'offerta e competizione globale per le risorse.

Impatti settoriali e lungo la filiera

Le Figure 5 e 6 sintetizzano le valutazioni degli esperti in merito agli impatti attesi delle criticità sui principali settori utilizzatori e sulle diverse fasi della filiera nei prossimi cinque anni. L'analisi distingue tra intensità dell'impatto settoriale e presenza/evoluzione delle criticità lungo le fasi di estrazione, processamento, produzione di semilavorati, prodotti finiti e raccolta/riciclo.

Nel complesso emerge un quadro differenziato per materiale, con effetti particolarmente marcati nei comparti ad alta intensità tecnologica e nelle fasi intermedie e finali della filiera.

Per l'**alluminio** si prevede un lieve aumento dell'impatto nei settori dell'aerospazio e dell'ingegneria elettrica e termica, mentre nelle costruzioni l'impatto è atteso rimanere sostanzialmente invariato. Non è emerso un consenso tra gli esperti sull'evoluzione dell'impatto nei settori dell'ingegneria meccanica avanzata, del packaging e dell'automotive. Questa eterogeneità riflette la natura trasversale del materiale, ampiamente utilizzato in comparti molto diversi tra loro.

Nel caso dell'alluminio, dunque, le criticità sembrano distribuirsi in modo diffuso, senza una concentrazione netta su un singolo comparto.

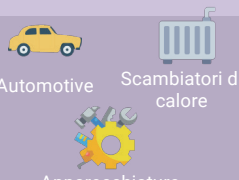
Per il **rame**, l'impatto più significativo è atteso nelle applicazioni elettriche ed elettroniche, dove si prevede un aumento marcato delle criticità. Incrementi più contenuti sono attesi nell'automotive, negli scambiatori di calore e nelle apparecchiature meccaniche, mentre nelle costruzioni l'impatto è stimato rimanere stabile.

Il rame risulta quindi particolarmente esposto nei settori legati all'elettrificazione e alla transizione energetica.

Le **terre rare** mostrano il profilo settoriale più concentrato. L'impatto è atteso aumentare significativamente nel settore dei magneti, mentre applicazioni quali laser, leghe metalliche ad alte prestazioni, batterie e applicazioni ottiche risultano già oggi esposte, pur in presenza di valutazioni meno convergenti e senza un consenso sull'evoluzione futura. Nel comparto ceramico l'impatto è atteso rimanere invariato.

Nel loro complesso, le terre rare evidenziano una forte esposizione nei settori ad alta intensità tecnologica e strategica.

Figura 5
Impatto settoriale atteso delle criticità
di approvvigionamento nei prossimi cinque anni

	 Alluminio	 Rame	 Terre rare	 Titanio
 Aumenterà significativamente		 Applicazioni elettriche & elettroniche	 Magnet	 Aerospazio Applicazioni militari
 Aumenterà leggermente	 Aerospazio Ingegneria elettrica e termica	 Automotive Scambiatori di calore Apparecchiature meccaniche		
 Rimarrà invariato	 Costruzioni	 Costruzioni	 Ceramica	 Attrezzatura industriale Vernici
Assenza di consenso tra gli esperti	 Ingegneria meccanica avanzata  Packaging  Automotive		 Laser  Leghe metalliche (superleghe per turbine, catalizzatori,...)  Batterie  Applicazioni ottiche (lenti)	

Fonte: elaborazione degli autori.

Per il **titanio**, l'aumento più significativo dell'impatto è atteso nei settori dell'aerospazio e delle applicazioni militari. Al contrario, per attrezzature industriali e vernici l'impatto è stimato di rimanere stabile.

Il titanio appare quindi fortemente legato a comparti strategici e ad alta rilevanza geopolitica con una concentrazione del rischio nei settori direttamente connessi alla difesa e all'aeronautica.

Presenza ed evoluzione delle criticità lungo la filiera

L'analisi della filiera evidenzia come la presenza di criticità sia diffusa lungo più fasi, ma con intensità differenziate tra materiali.

Per l'**alluminio**, le criticità risultano presenti nella fase di estrazione e in quella di processamento del materiale, così come nella produzione di semilavorati, di prodotti finiti e nella raccolta e riciclo.

Nei prossimi cinque anni, l'evoluzione è attesa rimanere sostanzialmente stabile in tutte le fasi della filiera.

Nel complesso, l'alluminio mostra una presenza diffusa di criticità lungo tutta la filiera, ma senza un'aspettativa di peggioramento marcato in alcuna delle fasi nel breve-medio periodo.

Per il **rame**, le criticità sono presenti nella fase di estrazione e nella raccolta e riciclo, mentre non risultano attualmente presenti nelle altre fasi. Guardando all'evoluzione futura, la situazione è attesa rimanere stabile nella fase estrattiva e di processamento del materiale, ma si prevede un possibile aumento delle tensioni nella produzione di semilavorati, nei prodotti finiti e nella raccolta e riciclo.

Nel caso del rame emergono criticità nelle fasi iniziali e finali della filiera, mentre si prevede un potenziale aumento delle tensioni soprattutto nelle fasi più a valle.

Per le **terre rare**, le criticità risultano presenti nella fase di estrazione, nel processamento del materiale, nella produzione di semilavorati e nella raccolta e riciclo. Per quanto riguarda l'evoluzione futura, si prevede un aumento delle tensioni nella fase di processamento, mentre per l'estrazione, la produzione di semilavorati, la produzione di prodotti finiti e la raccolta e riciclo non è stato raggiunto consenso tra gli esperti.

Figura 6
Presenza ed evoluzione
delle criticità lungo la filiera
delle materie prime analizzate



Fonte: elaborazione degli autori.

24

Considerazioni di sintesi

Nel complesso, le terre rare presentano una filiera già oggi strutturalmente esposta, con un'elevata incertezza sull'evoluzione futura in più fasi della catena del valore.

Per il **titanio**, le criticità sono presenti per l'estrazione e per il processamento del materiale. Nei prossimi cinque anni si prevede un possibile aggravamento nella fase di estrazione e in quella di processamento, nonché un potenziale aumento delle criticità nella produzione di semilavorati e nei prodotti finiti, mentre la raccolta e il riciclo dovrebbero rimanere stabili.

Il titanio evidenzia quindi un rischio concentrato nelle fasi upstream, con possibili effetti di trasmissione anche verso valle.

I risultati indicano che l'impatto delle materie prime critiche sarà particolarmente rilevante nei settori ad alta intensità tecnologica, strategica o energetica. Parallelamente, le criticità lungo la filiera tendono a propagarsi dalle fasi iniziali verso quelle intermedie e finali, ampliando il numero di attori potenzialmente esposti. Questo quadro suggerisce che la gestione del rischio non possa essere limitata alla sola fase di approvvigionamento primario, ma debba estendersi all'intera catena del valore, includendo trasformazione, manifattura e sistemi di riciclo.

Azioni di mitigazione e barriere all'implementazione

La seguente analisi mette a confronto le azioni ritenute più efficaci per mitigare le criticità di approvvigionamento e le principali barriere che ne ostacolano l'implementazione nei prossimi cinque anni. Le valutazioni distinguono tra livello di efficacia delle strategie e grado di ostacolo delle barriere, con riferimento specifico a ciascun materiale.

Strategie di mitigazione

Le strategie analizzate includono accordi di filiera o consorzi per acquisti comuni, misure di policy a livello nazionale ed europeo, l'evitare l'introduzione di dazi sulle importazioni dai Paesi produttori, strumenti di hedging finanziario e fisico⁴, innovazione nei processi produttivi per migliorare la riciclabilità, mantenimento di scorte a magazzino, partnership tra imprese, sostituzione con materiali alternativi e sussidi per l'incremento del riciclo.

Per l'**alluminio**, le azioni di policy coordinate a livello europeo emergono come la strategia più efficace, giudicata molto efficace nel mitigare il rischio di approvvigionamento. Tra le misure ritenute più efficaci figurano l'assenza di dazi all'importazione dai Paesi produttori e i sussidi volti a incrementare il riciclo. Tutte le altre strategie analizzate sono state valutate come moderatamente efficaci, mentre la sostituzione del materiale con alternative è percepita come solo leggermente efficace.

Nel caso dell'alluminio, dunque, la leva principale appare di natura istituzionale e sistemica, più che tecnologica o finanziaria.

⁴ Per hedging finanziario si intende l'adozione di strumenti finanziari (quali futures, opzioni o swap) per mitigare il rischio di prezzo delle forniture, compensando variazioni dei prezzi senza modificarne i flussi fisici. Per hedging fisico si intende l'adozione di procedure di copertura dal rischio di prezzo o di fornitura, che mettono in sicurezza volumi e/o condizioni di acquisto (mediante contratti a prezzo fisso o con un cap, accordi a lungo termine, etc.).

Per il **rame**, le misure coordinate a livello europeo risultano nuovamente la strategia più efficace. Sono inoltre giudicate molto efficaci l'innovazione nei processi produttivi per migliorare la riciclabilità, l'evitare dazi all'importazione, i sussidi al riciclo e la sostituzione con materiali alternativi. Al contrario, partnership con altre aziende, hedging finanziario e fisico, consorzi di acquisto e misure nazionali sono valutati come solo moderatamente efficaci. Non è stato raggiunto consenso sull'hedging fisico e finanziario, sul mantenimento di scorte a magazzino e sull'evitare l'introduzione di dazi sulle importazioni dai Paesi produttori, a conferma di una maggiore incertezza sulle leve operative di breve periodo.

Per il rame emerge quindi una combinazione di leve industriali e di policy, con un ruolo rilevante dell'innovazione tecnologica.

Nel caso delle **terre rare**, la strategia ritenuta più efficace è l'innovazione nei processi produttivi per migliorare la riciclabilità. Sono inoltre considerate molto efficaci la sostituzione con materiali alternativi, l'evitare dazi all'importazione, le misure coordinate a livello europeo e i sussidi al riciclo. Anche le politiche a livello nazionale, le partnership tra imprese e gli accordi di filiera sono giudicati molto efficaci. Gli strumenti come hedging e mantenimento di scorte a magazzino risultano invece solo moderatamente efficaci. Non è stato raggiunto consenso sull'evitare dazi all'importazione.

Per le terre rare emerge quindi una forte enfasi su innovazione, sostituzione e coordinamento istituzionale, coerente con l'elevata vulnerabilità strutturale del materiale.

Per il **titanio**, le misure coordinate a livello europeo rappresentano l'unica strategia giudicata molto efficace, mentre tutte le altre azioni sono considerate moderatamente efficaci. Non è stato raggiunto consenso sull'efficacia della sostituzione del materiale e sull'evitare dazi all'importazione.

Il titanio evidenzia quindi un quadro in cui le leve industriali risultano meno incisive rispetto alla dimensione regolatoria e geopolitica, suggerendo che la gestione del rischio dipenda in misura maggiore da dinamiche istituzionali e macro-strategiche.

Barriere all'implementazione

Accanto alle strategie di mitigazione, l'analisi ha indagato le principali barriere che potrebbero ostacolare l'adozione di misure efficaci nei prossimi cinque anni. Le barriere considerate includono: azioni di policy potenzialmente dannose (es. introduzione di dazi sulle importazioni), competizione con altre gamme di prodotto a più alto margine, difficoltà nell'individuare materiali sostitutivi efficaci ed efficienti, difficoltà nell'implementazione dei processi di riciclo, elevato potere contrattuale dei settori ad alto consumo della materia prima critica, scarsa apertura alla collaborazione lungo la filiera, scarsa conoscenza di strumenti di mitigazione (es. hedging finanziario) e volatilità della domanda a fronte di impegni presi con i fornitori.

Per l'**alluminio**, la barriera ritenuta più ostacolante è rappresentata da azioni di policy potenzialmente dannose, quali l'introduzione di dazi sulle importazioni, giudicate molto ostacolanti. Sono inoltre considerate molto ostacolanti la limitata conoscenza degli strumenti di mitigazione (ad esempio l'hedging finanziario), l'elevato potere contrattuale dei settori ad alto consumo e la difficoltà di individuare materiali sostitutivi efficaci ed efficienti. Le altre barriere analizzate risultano moderatamente ostacolanti.

Nel caso dell'alluminio, dunque, gli ostacoli principali sono riconducibili a fattori regolatori e di struttura del mercato, più che a vincoli tecnologici.

Per il **rame** sono state valutate come barriere molto ostacolanti le difficoltà nell'implementazione dei processi di riciclo, la difficoltà di individuare materiali sostitutivi efficaci, l'elevato potere contrattuale dei grandi consumatori e la limitata conoscenza degli strumenti di mitigazione. Le restanti barriere risultano moderatamente ostacolanti. Non è stato raggiunto consenso proprio sulla valutazione delle azioni di policy potenzialmente dannose.

Nel caso del rame emerge quindi un intreccio tra ostacoli di natura regolatoria, tecnologica e contrattuale.

Per le **terre rare**, le difficoltà nell'implementazione dei processi di riciclo rappresentano la barriera più rilevante, giudicata molto ostacolante. Anche la limitata apertura alla collaborazione lungo la filiera, le azioni di policy potenzialmente dannose, la difficoltà di individuare materiali sostitutivi e l'elevato potere contrattuale dei grandi consumatori sono considerate molto ostacolanti. Le altre barriere risultano moderatamente ostacolanti.

Nel caso delle terre rare, dunque, gli ostacoli assumono una natura prevalentemente tecnologica e organizzativa, coerente con la complessità dei processi di recupero e sostituzione.

Per il **titanio**, la barriera principale è rappresentata da azioni di policy potenzialmente dannose, giudicate molto ostacolanti. Sono inoltre considerate molto ostacolanti l'elevato potere contrattuale dei grandi consumatori, la volatilità della domanda rispetto agli impegni con i fornitori e la difficoltà di individuare materiali sostitutivi. Le altre barriere sono da considerarsi come moderatamente ostacolanti.

Il titanio evidenzia quindi una combinazione di ostacoli regolatori e di mercato, con una minore incidenza delle barriere strettamente tecnologiche.

Confronto tra strategie di mitigazione e barriere

L'analisi congiunta di strategie e barriere evidenzia una tensione strutturale tra leve potenzialmente efficaci e ostacoli che ne limitano l'attuazione. La Figura 7 sintetizza questa relazione, mettendo in parallelo alcune tra le azioni ritenute più efficaci e le barriere considerate maggiormente ostacolanti.

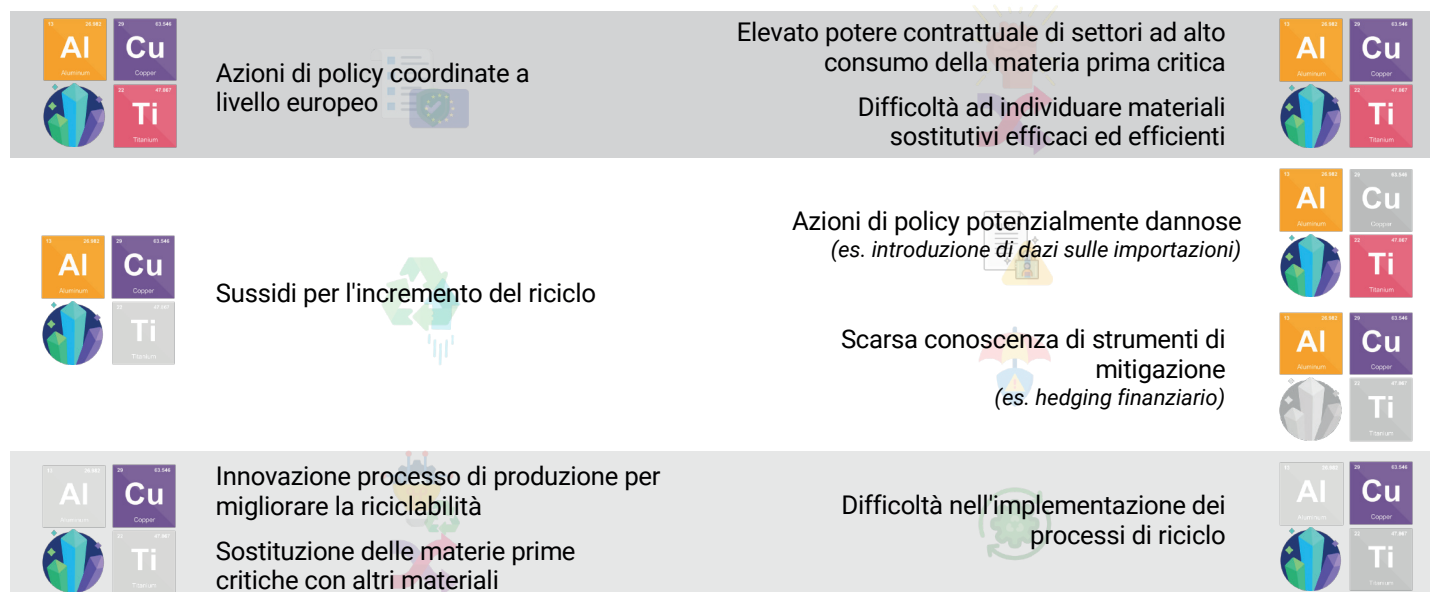
In primo luogo, le misure coordinate a livello europeo emergono come la strategia più universalmente efficace per tutti i materiali analizzati. Allo stesso tempo, però, le azioni di policy potenzialmente dannose, quali l'introduzione di dazi sulle importazioni, sono percepite come tra le barriere più rilevanti per tutti i materiali ad eccezione del rame. Questo duplice risultato evidenzia come la dimensione regolatoria rappresenti al contempo la leva più potente e il rischio più significativo per la resilienza delle filiere.

Un secondo elemento riguarda il riciclo. Per il rame e le terre rare, l'innovazione nei processi produttivi e sussidi per l'incremento del riciclo sono considerati strumenti molto efficaci. Tuttavia, le difficoltà nell'implementazione dei processi di riciclo emergono anch'esse tra le barriere più ostacolanti. Ciò suggerisce che il potenziale del riciclo come strumento di riduzione della dipendenza da materie prime primarie sia ampiamente riconosciuto, ma che persistano vincoli tecnologici, organizzativi e di investimento che ne limitano la piena realizzazione.

Figura 7
Confronto tra strategie di mitigazione ritenute più efficaci e principali barriere alla loro implementazione

AZIONI vs BARRIERE

Confronto tra le barriere più ostacolanti e le azioni di mitigazione più efficaci



Fonte: elaborazione degli autori.

Un'ulteriore tensione riguarda la sostituzione dei materiali. Per rame e terre rare essa è ritenuta una leva molto efficace, ma allo stesso tempo la difficoltà di individuare alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili è indicata come barriera significativa trasversale a tutti i materiali analizzati. La sostituzione appare quindi una strategia teoricamente promettente, ma complessa da attuare in pratica.

Infine, l'elevato potere contrattuale dei settori ad alto consumo emerge come barriera ricorrente per tutti i materiali, indicando che la struttura della domanda e le asimmetrie di mercato possono limitare la capacità delle imprese di implementare strategie di mitigazione anche quando ritenute efficaci.

Nel loro insieme, questi risultati mostrano che la resilienza delle filiere delle materie prime critiche non dipende soltanto dall'individuazione di strumenti adeguati, ma dalla capacità di intervenire simultaneamente su più livelli: regolatorio, tecnologico, contrattuale e organizzativo. Le strategie più efficaci tendono infatti a essere di natura sistemica, mentre molte delle barriere individuate hanno carattere strutturale, suggerendo la necessità di un approccio coordinato e multilivello.

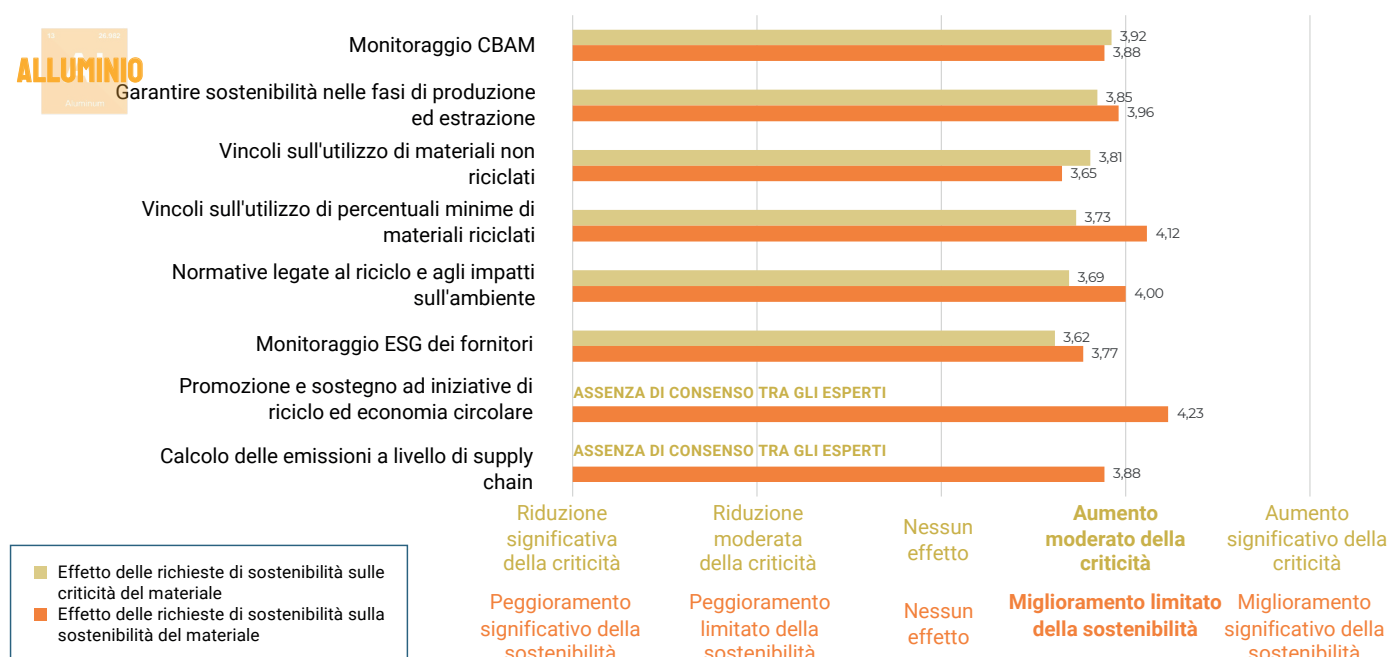
Requisiti di sostenibilità ed effetti sulle criticità

La seguente analisi riporta la valutazione degli esperti in merito agli effetti attesi delle principali richieste di sostenibilità nei prossimi cinque anni, considerando due dimensioni distinte: l'impatto sulle criticità di approvvigionamento e l'impatto sul livello complessivo di sostenibilità del materiale. I fattori analizzati includono il calcolo delle emissioni a livello di supply chain, la garanzia di sostenibilità nelle fasi di produzione ed estrazione, il monitoraggio *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM) (per l'alluminio), il monitoraggio *Environmental Social and Governance* (ESG) dei fornitori, le normative legate al riciclo e agli impatti ambientali, la promozione e il sostegno a iniziative di riciclo ed economia circolare, nonché vincoli sull'utilizzo di materiali non riciclati e sull'impiego di percentuali minime di materiale riciclato.

Nel complesso, i risultati evidenziano che i requisiti di sostenibilità sono percepiti come un fattore ambivalente: in diversi casi contribuiscono a migliorare la sostenibilità, ma possono essere associati a un aumento, generalmente limitato, delle criticità di accesso.

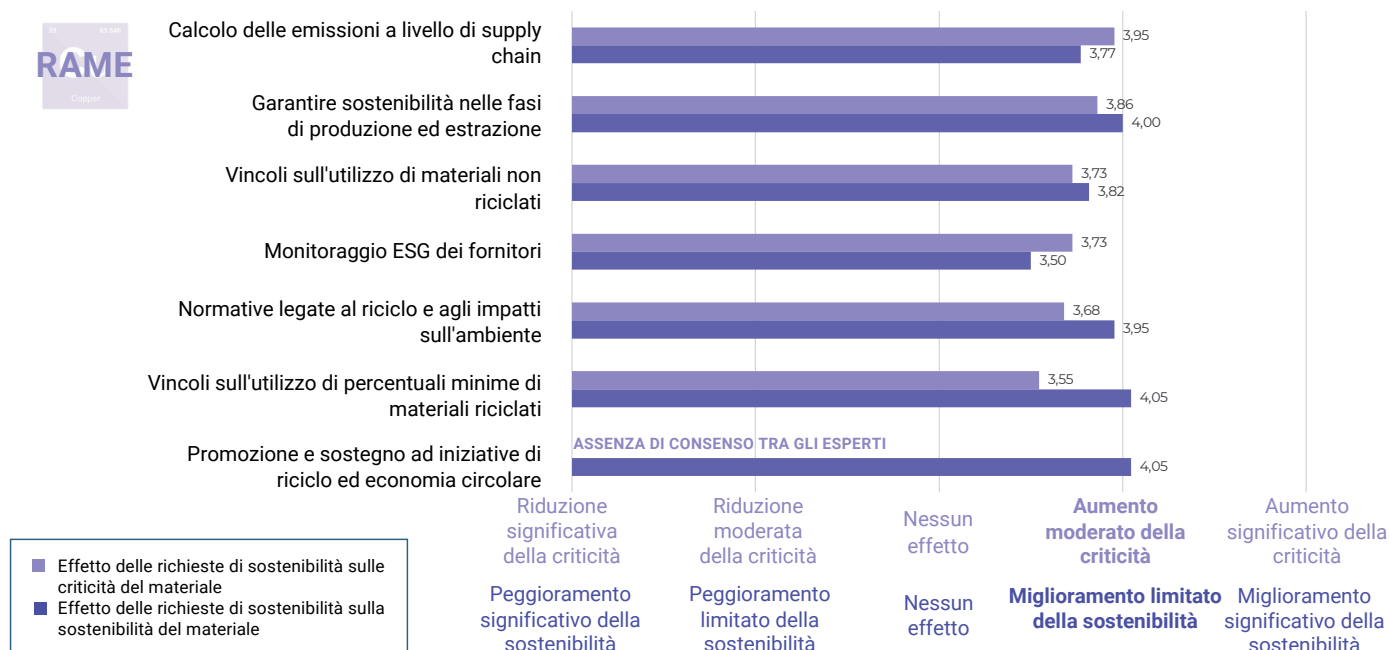
Per l'**alluminio** emerge un chiaro trade-off tra sostenibilità e criticità. La maggior parte delle richieste analizzate sono percepite come in grado di generare un miglioramento limitato della sostenibilità, ma al costo di un aumento moderato delle criticità.

Figura 8
Effetti attesi delle richieste di sostenibilità su criticità e sostenibilità dell'alluminio nei prossimi cinque anni



Fonte: elaborazione degli autori.

Figura 9
Effetti attesi delle richieste di sostenibilità
su criticità e sostenibilità del rame
nei prossimi cinque anni



Fonte: elaborazione degli autori.

Permane invece l'assenza di consenso tra gli esperti sugli effetti della promozione e del sostegno a iniziative di riciclo ed economia circolare e sul calcolo delle emissioni lungo la supply chain per quanto riguarda l'impatto sulle criticità, pur essendo tali strumenti ritenuti favorevoli sotto il profilo della sostenibilità.

Nel caso dell'alluminio, dunque, le richieste ambientali e regolatorie appaiono efficaci nel rafforzare la sostenibilità, ma non sono percepite come strumenti in grado di incidere in modo significativo sulle dinamiche di mercato che ne determinano la criticità.

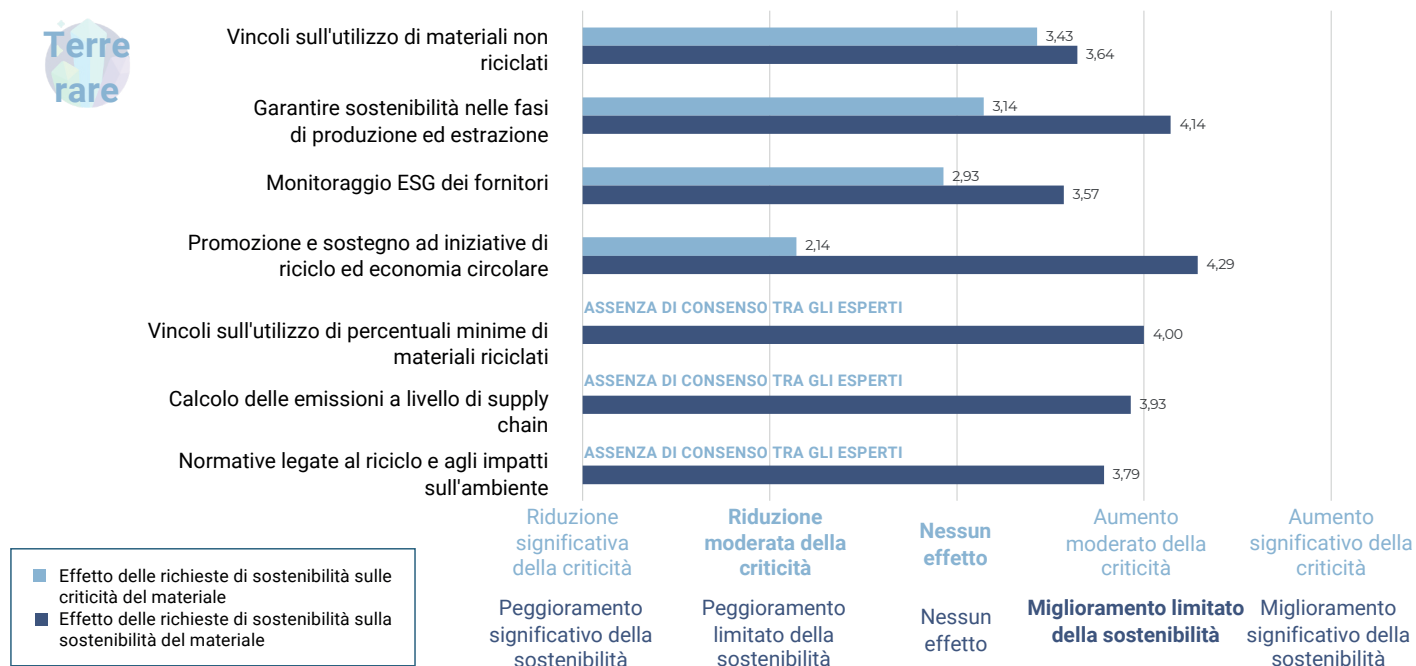
Anche per il **rame** emerge una configurazione simile a quella osservata per l'alluminio. Le principali richieste di sostenibilità sono associate a un miglioramento limitato della sostenibilità, accompagnato tuttavia da un aumento moderato delle criticità. L'unica area di incertezza riguarda la promozione e il sostegno a iniziative di riciclo ed economia circolare, considerate positive per la sostenibilità ma senza consenso sull'effetto in termini di criticità.

Per il rame si conferma quindi un equilibrio delicato: le richieste di sostenibilità rafforzano il profilo ambientale del materiale, ma non sono percepite come un fattore di alleggerimento sostanziale delle tensioni di mercato.

Per le **terre rare** il quadro appare parzialmente differente. La promozione di iniziative di riciclo ed economia circolare è l'unica misura a cui è associato non solo un miglioramento limitato della sostenibilità, ma anche una riduzione moderata delle criticità. Altre misure, in particolare i vincoli sull'utilizzo di materiali non riciclati, la garanzia di sostenibilità nelle fasi di produzione ed estrazione, e il monitoraggio ESG dei fornitori, sono associate a un miglioramento della sostenibilità senza conseguenze sulla criticità del materiale.

Figura 10

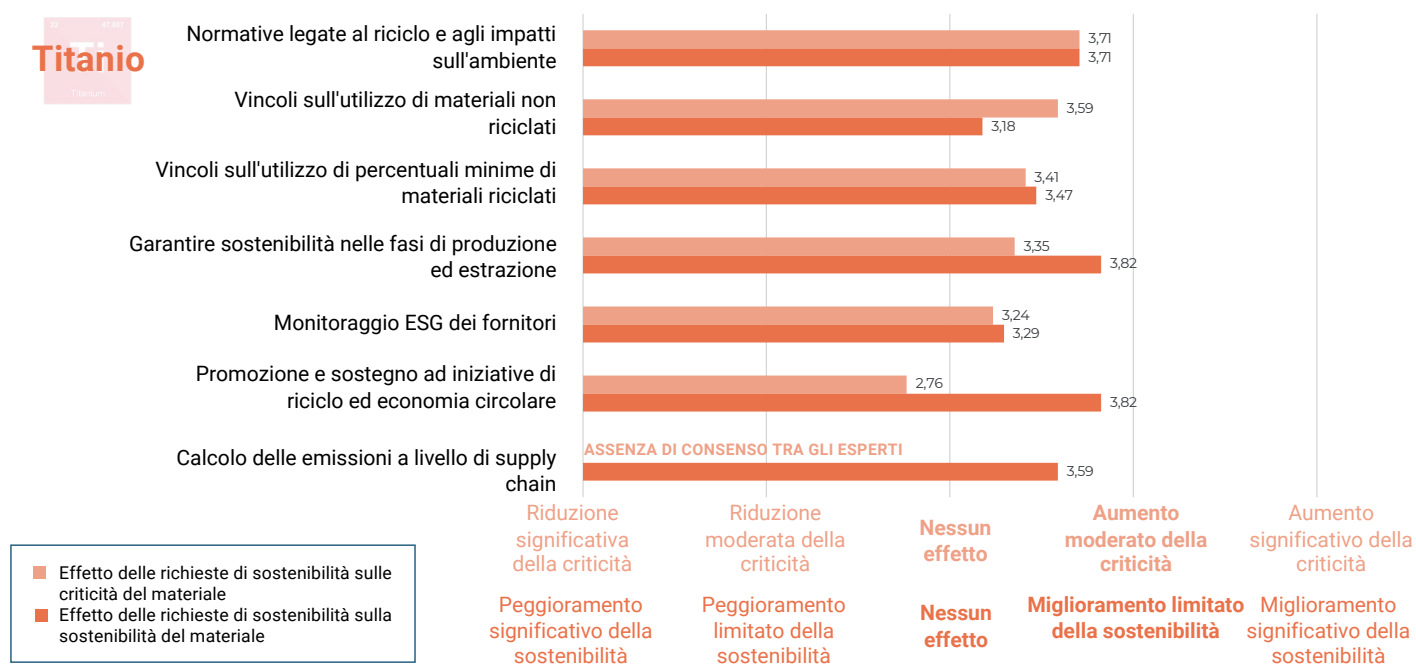
Effetti attesi delle richieste di sostenibilità su criticità e sostenibilità delle terre rare nei prossimi cinque anni.



Fonte: elaborazione degli autori.

Figura 11

Effetti attesi delle richieste di sostenibilità su criticità e sostenibilità del titanio nei prossimi cinque anni.



Fonte: elaborazione degli autori.

Permane tuttavia l'assenza di consenso su diversi strumenti, tra cui i vincoli sull'utilizzo di percentuali minime di materiali riciclati, il calcolo delle emissioni lungo la supply chain e le normative legate al riciclo e agli impatti ambientali, nonostante migliorino limitatamente la sostenibilità.

Nel caso delle terre rare, sostenibilità e resilienza appaiono maggiormente allineate dove la sostenibilità è percepita come potenzialmente parte della soluzione, ma l'efficacia concreta di alcune leve resta incerta.

Per il **titanio** il quadro è più articolato. Le normative legate al riciclo e agli impatti ambientali sono associate a un miglioramento limitato della sostenibilità, ma anche a un aumento limitato delle criticità. I vincoli sull'utilizzo di materiali non riciclati sono percepiti come in grado di aumentare le criticità senza produrre benefici significativi in termini di sostenibilità. Al contrario, la garanzia di sostenibilità nelle fasi di produzione ed estrazione e la promozione di iniziative di riciclo ed economia circolare sono ritenute capaci di generare miglioramenti limitati della sostenibilità senza avere effetto sulle criticità.

I vincoli sulle percentuali minime di materiali riciclati e il monitoraggio ESG dei fornitori sono giudicati sostanzialmente neutrali su entrambe le dimensioni, mentre sul calcolo delle emissioni a livello di supply chain non è stato raggiunto consenso in merito all'impatto sulle criticità, ma è previsto che migliori limitatamente la sostenibilità.

Nel caso del titanio, dunque, le richieste di sostenibilità producono effetti differenziati e non sempre lineari, con un impatto complessivamente meno sistemico rispetto ad altri materiali.

Considerazioni trasversali

Nel loro insieme, i risultati indicano che i requisiti di sostenibilità rappresentano un fattore a doppio taglio per le filiere delle materie prime critiche. Nessuna delle misure analizzate è percepita come in grado di migliorare sistematicamente la sostenibilità riducendo al contempo le criticità per tutti i materiali.

Gli effetti appaiono fortemente specifici per ciascun materiale. In particolare, la promozione e il sostegno a iniziative di riciclo ed economia circolare è l'unica misura che, nel caso delle terre rare, è percepita come capace di migliorare la sostenibilità contribuendo anche alla riduzione delle criticità.

Le aree di mancato consenso si concentrano soprattutto sulle terre rare e sull'effetto sulle criticità del calcolo delle emissioni lungo la supply chain.

Questo implica che l'integrazione tra politiche di sostenibilità e strategie di resilienza delle filiere richieda un coordinamento attento, al fine di evitare che obiettivi ambientali e sicurezza dell'approvvigionamento vengano percepiti come alternativi anziché complementari.

**Dall'analisi alle politiche:
le proposte del progetto
CASCADE per la gestione
strategica delle materie
prime critiche**

03

Dalla costituzione della CECA al Critical Raw Materials Act: alla ricerca dell'autonomia strategica

Politiche europee insufficienti: necessario un cambio di passo

Dalla politica industriale europea alla governance nazionale: un approccio verticale e orizzontale alle CRM

Dalla costituzione della CECA al Critical Raw Materials Act: alla ricerca dell'autonomia strategica

Il tema della criticità delle forniture di materie prime – e specialmente di quelle di origine estera – non è nuovo, come dimostra l'intervento sul tema, nel 1975, dell'allora Commissario europeo all'Industria Altiero Spinelli alla Commissione Industria del Parlamento Europeo. In quell'occasione, lo statista sottolineò la necessità di affrontare il tema critico dell'approvvigionamento europeo di materie prime, evidenziandone la scarsa diversificazione e l'eccessiva dipendenza dall'estero. Pertanto, il Commissario Spinelli segnalava la necessità di orientare la politica comunitaria verso l'investimento in attività minerarie e di prospezione.

Se la fornitura di materie prime nel continente europeo non è una novità, non v'è dubbio che oggi il problema sia divenuto ancor più critico, a causa dell'inasprirsi: (i) delle tensioni commerciali e geopolitiche – che in alcuni casi sono sfociate in eventi bellici; (ii) degli shock sistemici imprevisi e, talvolta, anche imprevedibili; (iii) dell'accelerazione dei processi di transizione energetica e digitale. In questo contesto, per rendere possibile – a livello nazionale e comunitario – un percorso di ulteriore e significativo processo di sviluppo economico è necessario che i policymaker analizzino in maniera approfondita la complessità e rischiosità dei processi di reperimento delle critical raw materials (CRM), individuando possibili politiche di mitigazione di tale rischio in modo tale da rendere questi processi compatibili con le imprescindibili esigenze di crescita economica.

Nel 1950, la Comunità Economica del Carbone e dell'Acciaio (CECA) nacque come risposta strategica al problema della sicurezza degli approvvigionamenti e della ricostruzione europea nel dopoguerra. Attraverso la gestione comune delle due risorse industriali allora più importanti, i sei Paesi fondatori – Francia, Germania Ovest, Italia, Belgio, Paesi Bassi e Lussemburgo – posero le basi dell'attuale UE. Il passaggio decisivo per la nascita della prima organizzazione comunitaria avvenne il 9 maggio 1950, quando il Ministro degli Esteri francese Robert Schuman presentò pubblicamente una proposta rivoluzionaria: mettere in comune la produzione di carbone e acciaio tra Francia e Germania, e aprirla agli altri quattro Paesi, sotto una "Alta Autorità" indipendente. Il punto innovativo era proprio la natura sovranazionale dell'organismo: non una semplice cooperazione tra governi, ma un'autorità comune capace di prendere decisioni vincolanti per tutti i Paesi aderenti.

Più recentemente, gli auspici di Spinelli hanno trovato eco nell'adozione del *Critical Raw Materials Act* (CRMA, European Commission, 2024b). Tale Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio (2024/1252) è volto a garantire resilienza, diversificazione e autonomia strategica nelle supply chain dell'Unione ottenute identificando specifici obiettivi di produzione ed estrazione interna, trasformazione e riciclo all'interno dell'UE e diversificazione delle forniture da Paesi terzi. Così facendo, si intende raggiungere congiuntamente tre fondamentali obiettivi: ridurre la dipendenza esterna dell'UE, aumentarne la competitività tecnologica e sostenere le transizioni verde e digitale.

Il passaggio dall'impronta forte del Commissario europeo Spinelli negli anni '70 al CRMA del 2024 si è realizzato attraverso alcune tappe intermedie: diversi

32

Politiche europee insufficienti: necessario un cambio di passo

provvedimenti approvati negli ultimi dieci anni che hanno poi portato alla sua realizzazione. Dall'iniziativa sulle materie prime critiche del 2008 (in cui si identificava la crescente vulnerabilità dell'UE per l'accesso alle materie prime non energetiche, sottolineandone l'importanza strategica) fino al *Green Deal* europeo del 2019 (dove si identificano espressamente le CRM come essenziali per la transizione verde, avviando il quadro normativo che ha portato al CRMA).

Le decisioni europee sono quasi sempre la risultante di due forze tra loro contrastanti: da un lato quella centripeta – volta a rafforzare l'unità e a superare la frammentazione ancora esistente, così da concepire la UE come un vero attore unico internazionale; dall'altro quella centrifuga – espressione di spinte e priorità nazionali perseguite in modo non coordinato, che spesso non risultano sinergiche con l'interesse e la strategia complessiva dell'Unione.

Se si vuole garantire lo sviluppo economico-industriale dell'Unione vanno gestiti i rischi legati agli approvvigionamenti rendendo coordinata e centralizzata a livello UE la politica industriale specificatamente preposta alla gestione della sicurezza degli approvvigionamenti delle materie prime critiche, similmente a quanto fanno gli Stati federali. A tal fine, è necessario coordinare e potenziare le policy nazionali (tese allo sviluppo della capacità produttiva di ciascun paese membro), in modo da renderle sinergiche al raggiungimento dell'obiettivo complessivo a livello europeo.

Entrando nel merito delle criticità del CRMA, emergono alcuni elementi strutturali che potrebbero limitarne l'efficacia. Il primo riguarda i target di estrazione, raffinazione, riciclo e diversificazione degli approvvigionamenti dei materiali strategici. La loro definizione in forma aggregata, senza pesare il contributo dei singoli materiali al raggiungimento degli obiettivi, rischia di minare il conseguimento dell'obiettivo di fondo dei target medesimi, ossia la riduzione delle dipendenze critiche. In secondo luogo, la fissazione del 2030 come orizzonte temporale del loro raggiungimento potrebbe escludere dal perimetro di selezione dei progetti strategici nei segmenti di estrazione, trasformazione e riciclo eventuali proposte che, pur contribuendo in maniera sostanziale alla mitigazione del rischio di approvvigionamento, presentassero tempi di sviluppo incompatibili con la scadenza prevista. Ciò rischia di introdurre una distorsione temporale nella selezione dei progetti, privilegiando interventi a più rapido dispiegamento rispetto a soluzioni potenzialmente più incisive nel medio-lungo periodo. Infine, il CRMA non è efficacemente intervenuto nel definire un adeguato quadro di supporto finanziario a sostegno dei progetti strategici, che risulta di fondamentale importanza alla luce della natura strutturalmente *capital intensive* di tali investimenti e del loro non irrilevante grado di rischio ex-ante.

Tali conclusioni appaiono pienamente coerenti con le indicazioni contenute nei Rapporti¹ presentati da Mario Draghi ed Enrico Letta già oltre un anno fa, e successivamente riprese nel Consiglio europeo dello scorso 12 febbraio. In tale

¹ "Much more than a Market" di Enrico Letta e "The future of European competitiveness" di Mario Draghi.

sede, è stato ribadito come l'UE debba rafforzare la propria capacità decisionale e strategica, evolvendo verso una maggiore integrazione federale, anche attraverso il superamento del vincolo del veto nazionale nelle decisioni strategiche e il potenziamento di una politica industriale ed economica comune orientata alla crescita, alla riduzione delle dipendenze critiche e al consolidamento della posizione dell'UE nel contesto internazionale.

L'approccio comune alla gestione delle CRM richiede un'attenta divisione dei ruoli tra il livello europeo e quello nazionale, uno stretto coordinamento delle attività ai diversi livelli e un monitoraggio continuo di un adeguato numero di *key performance indicators*.

Le proposte di seguito presentate sono il frutto dell'elaborazione emersa dal focus group realizzato nel mese di settembre presso Confindustria dal gruppo di ricerca Re4It. L'incontro ha coinvolto circa venti stakeholder, per metà imprenditori e supply chain manager del settore manifatturiero e, per la restante parte, esponenti di distributori delle quattro materie prime critiche oggetto del nostro studio e consulenti specializzati in supply chain.

Più specificatamente, a livello UE è necessario:

- a) istituire un vero e proprio *Foreign Office* Europeo che vada oltre il mero coordinamento degli affari esteri e della politica della sicurezza e che inserisca la dimensione delle forniture nel concetto stesso di sicurezza europea. A tal fine, risulta prioritario continuare a sviluppare partenariati strategici con Paesi terzi² orientati a garantire un approvvigionamento stabile, diversificato e sostenibile di risorse critiche, attraverso accordi di cooperazione industriale, investimenti congiunti e standard condivisi in materia ambientale e sociale. È altresì necessario monitorare e quantificare il contributo dei partenariati già siglati alla sicurezza degli approvvigionamenti, al fine di estendere le buone pratiche emerse dai casi più efficaci e correggere eventuali criticità in quelli meno virtuosi;
- b) creare un fondo europeo per gli acquisti comuni, volto a garantire volumi minimi di approvvigionamento su base pluriennale, riducendo la volatilità dei prezzi e assicurando maggiore continuità nelle forniture. Un simile strumento risulterebbe particolarmente rilevante per quelle materie prime critiche soggette a forte speculazione, come l'alluminio e il rame. In tale prospettiva, l'articolo 25 del Regolamento (UE) 2024/1252 – che istituisce un meccanismo di aggregazione della domanda e di acquisto congiunto facilitato dalla Commissione – potrebbe costituire una base operativa da rafforzare ed evolvere verso un vero e proprio strumento finanziario europeo;
- c) definire contratti di acquisto di lungo periodo e strumenti di garanzia – delle quantità e dei prezzi – a favore di tutti i paesi europei;
- d) rafforzare il sistema messo a punto dalla DG Grow della Commissione Europea *Supply Chain Alert Notification* (SCAN), segnalando in tempo reale le difficoltà di approvvigionamento per gli input critici;
- e) sostenere la crescita dimensionale dei player europei – a partire dai settori strategici – e alla loro strutturazione secondo un approccio di integrazione verticale paneuropea, da realizzarsi tramite operazioni di acquisizione e fusione o la realizzazione di joint venture e partnership strategiche di lungo periodo. In quest'ottica, specialmente per i settori produttivi che hanno una dimensione

² Dal 2021 la UE ha istituito altri partenariati strategici sulle materie prime – si veda Raw materials diplomacy.

- necessariamente globale (dalla difesa, all'aerospazio, alla farmaceutica) dovrà anche essere rivisto il concetto stesso di concorrenza nel mercato e le relative norme antitrust, non identificando come termine di paragone per la dimensione massima di un player europeo il mercato UE, ma l'intero mercato mondiale;
- f) definire i criteri di finanziamento e un quadro di supporto finanziario europei mirati al potenziamento della capacità produttiva interna, accompagnati, se necessario, da un quadro temporaneo di flessibilità sugli aiuti di Stato, sulla falsariga della logica degli Importanti Progetti di Comune Interesse Europeo (IPCEI), ma con un'estensione maggiore alla dimensione industriale e manifatturiera;
 - g) sostenere concretamente l'implementazione di una filiera produttiva di CRM derivanti dall'economia circolare che, pur essendo ancora marginale in termini di volumi complessivi, può rappresentare un'utile fonte di approvvigionamento, specialmente quando la materia prima critica non debba garantire prestazioni tecniche particolarmente estreme – come nel caso di alcune applicazioni aerospaziali; al fine di supportare i suddetti processi di recupero ed estrazione di CRM da prodotti a fine vita, è necessario rivedere la regolamentazione sull'*end-of-waste* e sulle esportazioni di rottami e di rifiuti contenenti materie prime critiche, in modo da evitare che quantità crescenti di preziosi prodotti a fine vita vengano inviate fuori dall'UE, spesso attraverso canali illegali, rendendo indisponibili per le aziende europee di recupero livelli adeguati di tali *feedstock*;
 - h) supportare progetti di simbiosi industriale e alleanze tra filiere produttive in caso di analogie tra lavorazioni per la produzione dei circuiti integrati e di tecnologie per la transizione energetica, in modo da realizzare economie di scala, stabilizzare la domanda e sfruttare similitudini nei processi di automazione, purificazione, taglio e sagomature. Pertanto, investimenti mirati potrebbero abilitare le sinergie dei processi produttivi e portare benefici a più filiere;
 - i) favorire, anche, lo sviluppo di un'adeguata capacità di raffinazione dei materiali estratti dai prodotti a fine vita e di quelli che proverranno dall'estrazione mineraria che si intende riattivare nei prossimi anni, stante la disponibilità di ingenti giacimenti di CRM anche nel sottosuolo dell'UE;
 - j) approcciare il complesso tema della coesistenza tra sviluppo industriale e sostenibilità in un'ottica che sia al contempo unitaria e "pragmatica", che non tralasci la valutazione degli impatti delle normative dal punto di vista della sostenibilità sociale – ad esempio in termini di opportunità di lavoro create/distrutte e conseguente reddito disponibile – e che renda possibili le azioni indicate nei precedenti punti;
 - k) implementare interventi tesi a contenere il costo dell'energia, oltre che la continuità delle forniture, stante l'assoluta criticità di questo fattore produttivo – specie nell'ottica della transizione digitale, che richiederà un sempre crescente impiego energetico;
 - l) supportare progetti di stoccaggio strategico di materie prime critiche, alla stregua del modello previsto per il gas naturale, in una logica europea e sulla base delle effettive necessità attuali e prospettiche dell'industria operante in settori strategici.

Dalla politica industriale europea alla governance nazionale: un approccio verticale e orizzontale alle CRM

La proposizione di una politica industriale comune a livello di UE, orientata alla resilienza delle *supply chain* continentali attraverso la stabilità degli approvvigionamenti delle CRM, non esonera dalla necessità di implementare contemporaneamente interventi normativi a livello nazionale specifici e coordinati. Per quanto riguarda l'Italia, è quindi necessario che il policymaker basi le proprie decisioni su una prospettiva "verticale" di filiera rispetto ad interventi di tipo "orizzontale" focalizzati su specifici livelli della *supply chain*. In tal senso, l'esperienza francese di supporto ai grandi gruppi del settore aeronautico appare un utile riferimento per politiche volte al consolidamento di filiere produttive nazionali. Pertanto, a livello italiano, dovranno essere identificate quelle fasi della filiera per cui mancano operatori, o per cui quelli esistenti hanno una dimensione troppo contenuta per raggiungere le necessarie economie di scala. Nel caso di assenza di operatori in una specifica fase, o di elevato rischio di non sopravvivenza di quelli attualmente esistenti, bisognerà verificare la fattibilità di creazione di nuove realtà imprenditoriali o l'acquisizione di quelle esistenti ma a rischio, anche attraverso sostegni a strategie di integrazione verticale da parte degli attori operanti a monte o a valle. Al contempo, potranno essere incentivate le operazioni di *supply reshoring*, ovvero di (ri)creazione di una rete di fornitori nazionali che aumenti il valore aggiunto delle proprie forniture, passando da una logica di mero conto-terzismo a quella di *co-development*. In tal senso, si segnala il progetto "Crescere insieme" di Leonardo Divisione elicotteri che ha portato alla preselezione di diverse decine di potenziali fornitori – alcuni totalmente nuovi rispetto al settore aerospaziale – e alla sottoscrizione di alcuni accordi di sviluppo pluriennali. A partire da iniziative come queste, va però promossa, da parte del policymaker industriale, un'azione di filiera assicurandosi che i fornitori *tier-2* (quelli che forniscono i materiali di cui il partner di Leonardo Divisione elicotteri abbisogna) siano in grado di garantire con continuità la disponibilità di materiali. In tal senso, nell'ambito del progetto è emersa la possibilità di supporto all'ampliamento della gamma di offerta di uno dei pochi operatori locali presenti a livello nazionale ed europeo.

Al contempo, va promossa una maggiore managerializzazione delle aziende operanti nei diversi livelli della *supply chain*, diffondendo l'uso di strumenti avanzati, ivi incluso l'*hedging*³ finanziario che, pur essendosi dimostrato particolarmente utile per la gestione dei rischi di fluttuazione dei prezzi di acquisto dei materiali in mercati altamente speculativi – ad esempio, acciaio e alluminio –, è ancora scarsamente utilizzato da molte imprese di dimensione medio-piccola.

L'inserimento esplicito delle CRM nel Piano Mattei si configura come uno strumento di mitigazione del rischio di approvvigionamento e di rafforzamento del partenariato strategico con i Paesi africani. L'integrazione delle relative filiere consentirebbe di coniugare sicurezza economica europea, sviluppo sostenibile locale e stabilità delle relazioni bilaterali, rafforzando contestualmente la resilienza delle catene di fornitura. Contestualmente, non dovrà mancare – a livello nazionale e comunitario – una spinta alla ricerca su più fronti, dall'identificazione

³ Per *hedging* finanziario si intende l'adozione di strumenti finanziari (quali futures, opzioni o swap) per mitigare il rischio di prezzo delle forniture, compensando variazioni dei prezzi senza modificarne i flussi fisici.

di materiali alternativi che riducano la richiesta di materie prime critiche e strategiche, a quella di tecnologie di estrazione e recupero di questi ultimi input da prodotti a fine vita. Con riferimento alla sempre maggiore diffusione di approcci basati sull'economia circolare, dovranno inoltre essere promossi studi tesi a ridurre sempre più l'impatto ambientale delle fasi di estrazione e di raffinazione (ad esempio, favorendo il riuso dei reagenti di origine chimica e di acqua). In tal senso, si riporta, a mero titolo di esempio, l'inserimento tra i progetti strategici dell'UE di quello relativo alla costruzione di un impianto di estrazione di CRM da magneti permanenti derivanti da prodotti a fine vita (es. personal computer, motori elettrici) a Ceccano (FR). L'impianto, attualmente in una dimensione pilota, è basato su una tecnologia innovativa tutelata da brevetto internazionale sviluppata nell'ambito di progetti di ricerca finanziati con fondi UE (NewRe ed Itelyum) che hanno visto la stretta collaborazione tra imprese (es. Itelyum) ed università (es. Università degli Studi dell'Aquila) che hanno consentito di raggiungere risultati altamente innovativi ed effettivamente industrializzabili. Pertanto, è assolutamente necessario favorire queste collaborazioni tra università e imprese dell'intera UE; parallelamente, è però imprescindibile operare degli interventi normativi che riducano al minimo i tempi autorizzativi per la realizzazione degli impianti industriali e la loro entrata a regime. Ovviamente, non si tratta di derogare a norme fondamentali per il rispetto dell'ambiente e delle condizioni di lavoro, ma solo di accelerare le procedure di verifica, evitando inutili lungaggini burocratiche. Al contempo, è necessario che – a valle delle fasi di estrazione di materie prime seconde ottenute da prodotti a fine vita – siano disponibili, in qualcuno dei paesi dell'UE, adeguate capacità produttive da dedicare alla fase di raffinazione. È stato da più parti segnalato da esperti del settore dei magneti permanenti, infatti, che è concreto il rischio di dover cedere gli output del processo estrattivo ad operatori asiatici che – dopo averli raffinati – utilizzeranno le terre rare purificate per costruire nuovi prodotti finiti (quali appunto i magneti permanenti) da rivendere poi alle aziende europee come componenti o assemblati in prodotti finiti fondamentali per la transizione energetica (es. motori elettrici). In altri termini, la mancanza di quell'adeguata visione di filiera a livello UE precedentemente descritta, rischia anche di vanificare i crescenti investimenti in economia circolare, conferendo fondamentali CRM di recupero a paesi che già detengono il sostanziale monopolio nelle fasi di estrazione e raffinazione di quelle derivanti dal sottosuolo.

In estrema sintesi, la ricerca del progetto CASCADE evidenzia la necessità per i policymaker di implementare un doppio livello di coordinamento:

- a) da un lato, quello “verticale” tra la politica industriale a livello comunitario e gli interventi specifici a livello nazionale;
- b) dall'altro, quello “orizzontale” tra interventi di politica industriale, commerciale e della cooperazione internazionale soprattutto a livello europeo.

In contesti geopolitici, economici e sociali complessi, infatti, le risposte necessitano di essere altrettanto articolate e innovative.

Conclusioni

04

Il progetto CASCADE evidenzia come la questione delle dipendenze critiche non rappresenti un fenomeno contingente, ma costituisca una dimensione strutturale dell'attuale fase dell'economia globale. La progressiva trasformazione della globalizzazione, da motore di efficienza e crescita a potenziale fonte di vulnerabilità, impone un ripensamento profondo delle strategie industriali e delle politiche pubbliche, tanto a livello nazionale quanto europeo.

Il quadro internazionale mostra che non siamo di fronte a una vera e propria deglobalizzazione, bensì a una fase di frammentazione selettiva e di riconfigurazione delle catene globali del valore. L'intensità degli scambi resta elevata, ma cresce l'incertezza, aumentano le misure protezionistiche e si moltiplicano le tensioni geopolitiche. In questo contesto, le interdipendenze economiche, che per decenni sono state considerate un fattore di stabilità, si rivelano anche leve potenziali di pressione strategica. La concentrazione geografica di alcune produzioni, in particolare nei settori ad alta intensità tecnologica, amplifica il rischio sistemico e rende le economie avanzate più esposte a shock esogeni.

L'approfondimento sulle dipendenze critiche dell'industria italiana conferma questa vulnerabilità, evidenziando una forte esposizione in alcuni comparti chiave, in particolare nei prodotti energetici, nei semilavorati metallurgici e nei segmenti ad alto contenuto tecnologico come l'elettronica e la farmaceutica. Il rischio non è omogeneo: varia in funzione della natura della fornitura, della struttura dell'offerta, della distanza geopolitica dei fornitori e del contenuto strategico delle applicazioni a valle. In particolare, emerge con chiarezza come alcune filiere, quali quelle legate all'elettronica, ai magneti permanenti, all'aerospazio e alla difesa, presentino un profilo di vulnerabilità strutturale che trascende la dimensione puramente economica e assume una valenza strategica.

I risultati dello studio Delphi rafforzano questa evidenza, mostrando un'aspettativa condivisa di progressivo irrigidimento delle condizioni di accesso alle materie prime critiche nei prossimi cinque anni. L'aumento e la volatilità dei prezzi rappresentano la criticità più trasversale, ma si accompagnano a tensioni crescenti sulla disponibilità fisica e sulla difficoltà di reperimento, soprattutto per le terre rare e il titanio. Le determinanti principali delle criticità future sono ricondotte a fattori geopolitici, concentrazione dell'offerta e dinamiche di domanda globale, mentre i vincoli normativi di sostenibilità non sono percepiti come driver primari di aggravamento, pur potendo generare effetti indiretti.

Un elemento particolarmente rilevante riguarda la tensione tra strategie di mitigazione e barriere alla loro implementazione. Le misure coordinate a livello europeo emergono come la leva più efficace per rafforzare la resilienza delle filiere, ma la dimensione regolatoria è al contempo percepita come potenziale fonte di rischio qualora si traduca in interventi non coordinati o in politiche commerciali restrittive. Analogamente, il riciclo e l'innovazione tecnologica sono riconosciuti come strumenti chiave per ridurre la dipendenza dal mercato primario, ma permangono ostacoli di natura tecnologica, organizzativa e finanziaria che ne limitano la piena valorizzazione. La sostituzione dei materiali, pur promettente in teoria, si scontra con vincoli tecnici e con la difficoltà di individuare alternative economicamente sostenibili.

Nel complesso, emerge con chiarezza che la resilienza delle *supply chain* non può essere perseguita attraverso interventi isolati o puramente difensivi. Una strategia efficace richiede un approccio sistemico e multilivello, capace di integrare dimensione industriale, commerciale, energetica e di cooperazione internazionale. A livello europeo, ciò implica un rafforzamento del coordinamento centrale, una maggiore integrazione della politica industriale e commerciale e la definizione di strumenti comuni per gli acquisti, gli investimenti e la gestione dei rischi strategici. A livello nazionale, occorre adottare una prospettiva di filiera, favorendo l'integrazione verticale, il rafforzamento dimensionale degli operatori e la diffusione di strumenti avanzati di gestione del rischio.

Un'ulteriore sfida riguarda l'integrazione tra obiettivi di sostenibilità e sicurezza degli approvvigionamenti. I risultati mostrano che tali dimensioni non sono automaticamente convergenti: in alcuni casi le politiche ambientali possono aumentare le criticità nel breve periodo, pur generando benefici nel medio-lungo termine. La sfida per i policymaker consiste dunque nel trasformare la sostenibilità in una leva di resilienza, promuovendo economia circolare, capacità di raffinazione interna e innovazione tecnologica, evitando al contempo effetti distorsivi o penalizzanti per la competitività europea.

In definitiva, le evidenze raccolte convergono verso un messaggio chiaro: la gestione delle dipendenze critiche non può essere affrontata come un problema settoriale, ma deve essere collocata al centro di una nuova strategia di sviluppo europeo. In un contesto di policrisi e crescente competizione geopolitica, autonomia strategica non significa autarchia, ma capacità di scelta, diversificazione e controllo dei nodi essenziali delle filiere. Solo attraverso un rafforzamento coordinato delle capacità produttive, tecnologiche e istituzionali l'Europa potrà ridurre le proprie vulnerabilità strutturali e sostenere in modo credibile le transizioni verde e digitale su cui si fonda il suo futuro economico.

Bibliografia completa

05

Aiyar, S., Ilyina, A., and others (2023). *Geeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism*. Staff Discussion Note SDN/2023/001. International Monetary Fund, Washington D.C.

Associazione Nazionale Industrie Elettrotecniche (ANIE) (2023a). *Assemblea annuale 2023 - Dati di settore*. Milano, Italy.

Associazione Nazionale Industrie Elettrotecniche (ANIE) (2023b). *Indagine conoscitiva sui risvolti geopolitici connessi all'approvvigionamento delle cosiddette terre rare. Il contributo di Federazione ANIE*.

Associazione Nazionale Industrie Elettrotecniche (ANIE) (2026). *Chi siamo*. <https://anie.it/chi-siamo/>.

Baldwin, R., & Freeman, R. (2022). Risks and global supply chains: What we know and what we need to know. *Annual Review of Economics*, 14(1), 153-180.

Bonneau, C., & Nakaa, M. (2020). Vulnérabilité des approvisionnements français et européens. *Journal of Regional Science*, 57(3).

Carvalho, V. M., Nirei, M., Saito, Y. U., & Tahbaz-Salehi, A. (2021). Supply chain disruptions: Evidence from the great east Japan earthquake. *The Quarterly Journal of Economics*, 136(2), 1255-1321.

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. (2023). *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. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/386650.JRC132889>.

Cassa Depositi e Prestiti (CDP) (2021). *Linee guida strategiche settoriali - Sostegno alle filiere strategiche*. In *Piano Strategico 2022-2024: CDP per l'Italia che verrà*. Roma, Italia.

Centro Studi Confindustria - CSC (2023). *Dipendenze critiche europee ed italiane*. In *Catene di fornitura tra nuova globalizzazione e autonomia strategica*. Roma, Italia.

Centro Studi Confindustria - CSC (2025). *Rapporto di Previsione ottobre 2025: Investimenti per muovere l'Italia*. Roma, Italia.

Centro Studi Confindustria - CSC (2025). *La bussola della manifattura italiana 2025: Manifattura in trasformazione: rimarrà ancora competitiva?* Roma, Italia.

Council of the European Union (2020). *A recovery advancing the transition towards a more dynamic, resilient and competitive European industry*. 13004/20. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-13004-2020-INIT/en/pdf>.

European Commission (2008). *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. The raw materials initiative meeting our critical needs for growth and jobs in Europe*. COM(2008) 699 final.

European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (2017). *Methodology for establishing the EU list of*

critical raw materials – Guidelines. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/769526>.

European Commission (2019). *Strengthening Strategic Value Chains for a future-ready EU Industry*. Report of the Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/37824>.

European Commission (2021). *Strategic dependencies and capacities*. Commission Staff Working Document SWD (2021) 352 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52021SC0352>.

European Commission (2022). *EU strategic dependencies and capacities: second stage of in-depth reviews*. Commission Staff Working Document SWD (2022) 41 final. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/48878>.

European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Grohol, M., Veeh, C. (2023). *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 Final Report*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585>.

European Commission (2024a). Establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology manufacturing ecosystem and amending Regulation (EU) 2018/1724. Regulation (EU) 2024/1735.

European Commission (2024b). 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. Regulation (EU) 2024/1252.

European Commission (2026). *RMIS – Raw Materials Information System*. Available at: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>. Accessed 18 Feb. 2026.

European Council (EUCO) (2020). *Special meeting of the European Council (1 and 2 October 2020) - Conclusions*. EUCO 13/20.

International Energy Agency (IEA) (2024). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. IEA, Paris.

International Energy Agency (IEA) (2025). *Global Critical Minerals Outlook 2025*. IEA, Paris.

Istituto Nazionale di Statistica (Istat) (2022). *L'innovazione nelle imprese - Anni 2018-2020*. Statistiche Report. Roma, Italia.

Istituto Nazionale di Statistica (Istat) (2023). *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi. Edizione 2023*. Letture Statistiche-Temi. Roma, Italia.

Istituto Nazionale di Statistica (Istat) (2024). *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi. Edizione 2024*. Letture Statistiche-Temi. Roma, Italia.

Kalaitzi, D., Matopoulos, A., Bourlakis, M., & Tate, W. (2018). Supply chain strategies in an era of natural resource scarcity. *International Journal of Operations & Production Management*, 38(3), 784-809.

Kalaitzi, D., Matopoulos, A., Bourlakis, M., & Tate, W. (2019). Supply chains under resource pressure: Strategies for improving resource efficiency and competitive

-
- advantage. *International Journal of Operations & Production Management*, 39(12), 1323-1354.
- Khodyakov, D., Grant, S., Kroger, J., & Bauman, M. (2023). *RAND methodological guidance for conducting and critically appraising Delphi panels*. RAND.
- Manufacturing Economic Studies (MECS) (2023). *Indagine Statistica Nazionale sul Settore delle Macchine e Attrezzature per il Confezionamento e l'Imballaggio* (11° edizione). Modena, Italia.
- Rodrik, D. (2012). *The globalization paradox: Democracy and the future of the world economy*. WW Norton & Company.
- Hirschman, A. O., Asso, P. F., & De Cecco, M. (1987). *Potenza nazionale e commercio estero: gli anni trenta, l'Italia e la ricostruzione*. Il Mulino.
- Farrell, H., & Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security*, 44(1), 42-79.
- Korniyenko, Y., Pinat, M., & Dew, B. (2017). *Assessing the Fragility of Global Trade: The Impact of Localized Supply Shocks Using Network Analysis*. IMF Working Papers WP/17/30. <https://doi.org/10.5089/9781475578515.001>.
- Jaravel, X., & Mejean, I. (2021). A data-driven resilience strategy in a globalized world. *Notes du conseil d'analyse économique*, 64(4), 1-12.
- Pignatti, M., Puccioni, C., (2025). Cracks in the Chain Mapping European Import Dependencies in Global Industrial Networks, CSC Working Papers n.ro 1.
- Queiroz, M. M., Fosso Wamba, S., Raut, R. D., & Pappas, I. O. (2024). Does resilience matter for supply chain performance in disruptive crises with scarce resources? *British Journal of Management*, 35(2), 974-991.
- The European House Ambrosetti (TEHA) (2022). *Gli scenari evolutivi delle materie prime critiche e il riciclo dei prodotti tecnologici come leva strategica per ridurre i rischi di approvvigionamento per l'Italia*. Position paper. Milano, Italia.
- The European House Ambrosetti (TEHA) (2023). *Le opportunità per la filiera dei RAEE all'interno del Critical Raw Materials Act. Aggiornamento dello Studio sulle Materie Prime Critiche del 2022*. Position paper. Milano, Italia.
- Unione Costruttori Italiani Macchine Automatiche per il confezionamento e l'imballaggio (UCIMA) (2026). *Settore in cifre*. <https://www.ucima.it/menu/settore/#>
- U.S. Geological Survey (USGS) (2026). *Mineral commodity summaries 2026*: U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/mcs2026>.
- Vicard, V. & Wibaux, P. (2023). *EU Strategic Dependencies: A Long View*. CEPPI Policy Brief No. 41. CEPPI, Paris.

