



GRUPPO DEI 20



ELETTRIFICAZIONE: LA TRANSIZIONE ENERGETICA EUROPEA TRA COMPETITIVITÀ INDUSTRIALE E SICUREZZA DEGLI APPROVVIGIONAMENTI

Documento redatto a cura di Luigi Paganetto, Nicola Rotolo, Francesco Salustri e Carmine Soprano nell'ambito del ciclo di incontri Gruppo dei 20-CNEL 2025/2026.

Coordinamento e Segreteria editoriale Michela Porinelli.

1. Introduzione

L'Europa affronta una vulnerabilità energetica di natura strutturale. Con una dipendenza dalle importazioni stimata al 57% nel 2024 [Eurostat, 2026a] e prezzi industriali dell'elettricità pari a 2,2 volte quelli statunitensi [Commissione Europea, 2025h], l'Unione fonda una parte rilevante della propria competitività industriale su una base energetica fragile. Si tratta di una fragilità non nuova, ma resa più evidente dalla sequenza di shock degli ultimi anni: la guerra di aggressione russa in Ucraina, avviata nel 2022; il blocco dello Stretto di Hormuz seguito alla guerra in Iran, a partire dal febbraio 2026; le politiche commerciali della seconda amministrazione Trump. Questi eventi hanno mostrato con particolare chiarezza come le dipendenze energetiche possano essere trasformate in strumenti di pressione politica ed economica. La centralità di questa dinamica è confermata dal Global Risks Report 2026 del *World Economic Forum*, che colloca lo scontro geoeconomico al primo posto tra i rischi globali percepiti, riflettendo la crescente politicizzazione delle dipendenze commerciali, energetiche e tecnologiche [WEF, 2026].

In questo scenario, il presente paper ricostruisce il ruolo dell'elettrificazione dei consumi finali all'interno della strategia europea di sicurezza energetica, competitività industriale e decarbonizzazione. Da ultimo, il Commissario europeo all'Economia Valdis Dombrovskis ha recentemente affermato che l'elettrificazione è "l'unica soluzione in grado di proteggere in modo permanente l'economia europea dalla volatilità dei prezzi dei combustibili fossili e dalle condizioni di approvvigionamento" [Key4Biz, 2026]. L'elettrificazione è qui inquadrata come leva di politica climatica e di sicurezza energetica e, al tempo stesso, come asse portante di una strategia industriale più ampia, attraverso cui l'Unione europea può ridurre le proprie vulnerabilità strutturali e consolidare la propria capacità produttiva nei settori chiave della transizione energetica.

Il presente paper analizza l'elettrificazione dei consumi finali come una delle principali leve attraverso cui l'Unione europea può affrontare questa sfida. L'aumento della produzione da fonti rinnovabili resta essenziale, ma non è sufficiente se una parte rilevante dei consumi finali continua a dipendere da combustibili fossili importati. Elettrificare trasporti, edifici, industria e nuovi usi digitali significa spostare progressivamente la domanda energetica verso elettricità prodotta internamente, a basse

emissioni e meno esposta alla volatilità dei mercati internazionali degli idrocarburi. In questo senso, l'elettrificazione può diventare una leva congiunta di decarbonizzazione, sicurezza energetica e competitività.

Questa trasformazione richiede tuttavia una visione ampia. L'elettrificazione implica lo sviluppo coordinato di reti, sistemi di accumulo, infrastrutture digitali, capacità produttiva e mercati finali per beni e tecnologie elettrificate. Senza storage e reti moderne, la crescita delle rinnovabili rischia di generare congestioni e inefficienze. Senza una base industriale europea nei settori chiave della transizione, l'autonomia energetica rischia di essere compensata da nuove dipendenze tecnologiche. Senza elettricità abbondante, stabile e competitiva, anche le nuove tecnologie digitali – dall'intelligenza artificiale ai data centre – rischiano di svilupparsi altrove.

Il confronto internazionale mostra che questa dimensione industriale è già pienamente compresa dai principali competitor dell'Europa. La Cina ha costruito negli ultimi anni una posizione dominante in molte filiere della transizione elettrica, integrando politiche energetiche, capacità manifatturiera e domanda interna. Gli Stati Uniti, pur seguendo una traiettoria diversa, hanno rafforzato il legame tra politica industriale, sicurezza economica e tecnologie strategiche. L'Europa dispone di competenze, imprese e capacità regolatoria rilevanti, ma deve evitare che la transizione si traduca in una nuova dipendenza da tecnologie, componenti e materiali prodotti altrove.

Da qui discende il principale nodo operativo: l'elettrificazione può rappresentare un'opportunità per l'Europa solo se accompagnata da investimenti, riforme e capacità di coordinamento coerenti con la scala della sfida. Occorre sviluppare il mercato dei beni elettrificati, rafforzare le reti, accelerare lo storage, semplificare le procedure autorizzative, mobilitare capitali privati e costruire filiere europee nelle tecnologie pulite. Le iniziative adottate dall'Unione europea negli ultimi anni vanno in questa direzione, ma restano condizionate da frammentazione nazionale, ritardi infrastrutturali e difficoltà di implementazione.

Il dibattito sul nucleare si inserisce in questo quadro come parte della riflessione sul mix energetico necessario ad alimentare un'economia sempre più elettrificata. Il nucleare può contribuire alla disponibilità di elettricità a basse emissioni, ma non elimina da solo i problemi di costo, tempistica, filiera e dipendenza esterna. Anche in questo caso,

il tema decisivo non è soltanto la scelta della fonte, ma la capacità europea di controllare le infrastrutture, le tecnologie e le catene industriali che rendono possibile la transizione.

Il paper è organizzato in nove sezioni. Dopo una ricostruzione della crisi energetica europea e delle sue implicazioni per la competitività, l'analisi si concentra sull'elettrificazione come risposta sistemica, sul ritardo europeo rispetto ai principali competitor, sulle condizioni operative necessarie per realizzarla e sulle opportunità industriali e sociali che essa può generare. Le sezioni successive discutono le risposte dell'Unione europea, il ruolo del nucleare e le principali implicazioni di policy. L'obiettivo è mostrare che l'elettrificazione non è soltanto un capitolo della transizione energetica, ma un possibile asse strategico per rafforzare autonomia, competitività e resilienza dell'Europa.

2. La crisi energetica europea

La dipendenza energetica dell'Unione europea dalle importazioni costituisce una caratteristica strutturale del suo modello energetico e industriale. Secondo i dati Eurostat, nel 2024 la dipendenza energetica dell'UE era stimata intorno al 57%, con una forte esposizione alle importazioni soprattutto per petrolio e gas naturale [Eurostat, 2026a]. L'Unione importa la quasi totalità del petrolio di cui fa uso e una quota largamente maggioritaria del gas naturale. Anche dopo la drastica riduzione delle forniture russe successiva all'invasione dell'Ucraina nel 2022, la geografia degli approvvigionamenti è cambiata senza che la dipendenza complessiva dalle importazioni si riducesse in misura sostanziale [Eurostat, 2026b].

Questa dipendenza si riflette anche sulla competitività industriale europea. Nel secondo trimestre del 2024, i prezzi dell'energia per uso industriale nell'Unione risultavano pari a 2,2 volte quelli statunitensi, 2 volte quelli cinesi e 1,2 volte quelli giapponesi [Commissione Europea, 2025h]. Si tratta di un differenziale incide sui margini operativi delle imprese, ma anche sull'attrattività del territorio europeo come sede di investimenti industriali. Come rilevato dalla Commissione nell'ambito della REPowerEU Roadmap del maggio 2025, tali vulnerabilità vanno considerate come componenti di un sistema più

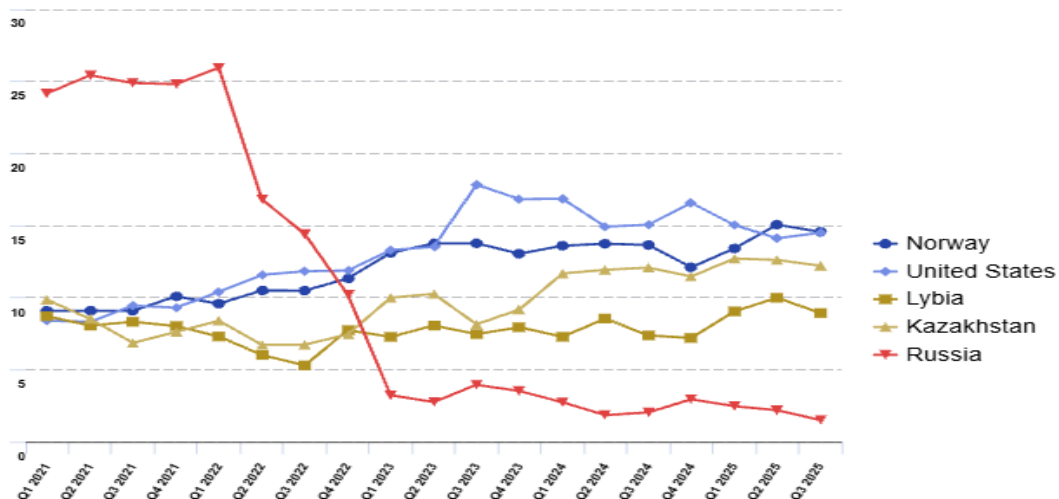
ampio di dipendenze esterne, potenzialmente esposte a forme di pressione economica e geopolitica da parte di attori terzi [European Commission, 2025d].

L'analisi degli shock più recenti rivela tre distinti fronti di esposizione attraverso cui la dipendenza energetica europea si traduce in vulnerabilità sistemica.

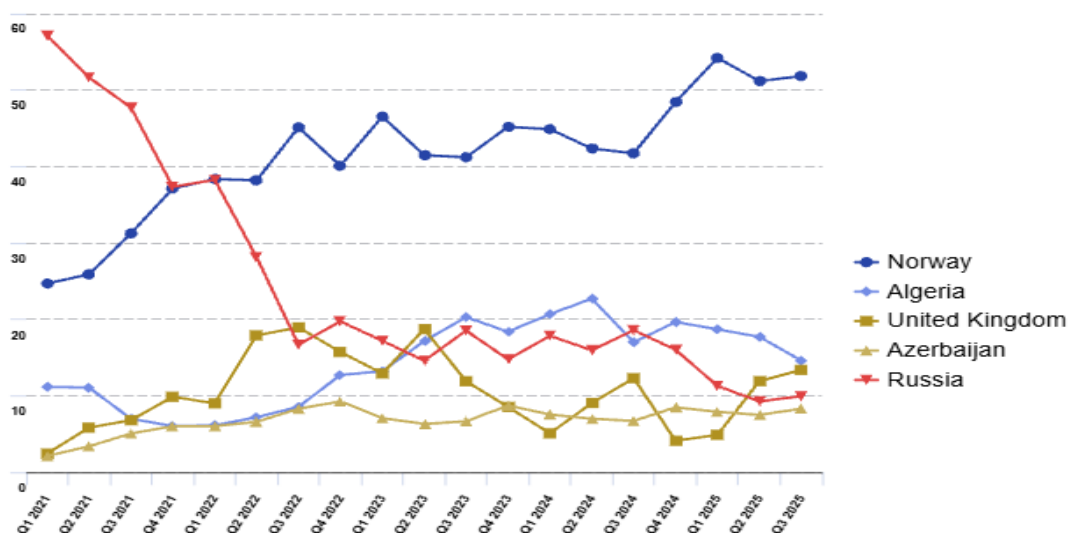
Russia e gas naturale. L'invasione russa dell'Ucraina nel febbraio 2022 ha reso evidente la vulnerabilità connessa alla dipendenza europea dal gas russo, che nel 2021 copriva oltre il 40% delle importazioni UE. La progressiva riduzione delle forniture da parte di Mosca, fino alla loro sostanziale interruzione, ha contribuito all'impennata dei prezzi del gas europeo, arrivati a sfiorare i 350 euro per MWh nell'agosto 2022, e ha generato costi di sistema rilevanti, anche per effetto delle misure di sostegno adottate a favore di famiglie e imprese. La successiva diversificazione delle fonti, sostenuta in particolare dal maggiore ricorso al GNL e da fornitori alternativi, ha ridotto la concentrazione del rischio, ma non ha eliminato la dipendenza complessiva dalle importazioni. Nel 2024, secondo i dati Eurostat, la Russia forniva ancora oltre il 15% del gas naturale importato nell'UE, con quote più elevate in alcuni paesi dell'Europa centro-orientale [Eurostat, 2026b].

*Figura 1. Importazioni UE di petrolio (A) e gas naturale (B)
per provenienza, 2021-2025
(% sul valore del totale importato)*

A. Petrolio



B. Gas naturale



Fonte: Eurostat, 2026b.

Iran e Stretto di Hormuz. La guerra in Iran e il blocco dello Stretto di Hormuz, a partire dal febbraio 2026, hanno evidenziato una seconda forma di vulnerabilità, legata alla sicurezza delle rotte marittime energetiche globali. Attraverso lo Stretto transita circa il 20% dell'export mondiale di petrolio e gas naturale, diretto in larga parte verso i mercati asiatici [IEA, 2026]. L'interruzione dei flussi ha prodotto effetti immediati sui mercati energetici: a fine marzo 2026 il prezzo del Brent aveva registrato un aumento del 44% rispetto al mese precedente [Google Finance, 2026], mentre i prezzi europei del gas, già penalizzati dalla dichiarazione di force majeure sulle spedizioni di GNL qatariano, sono saliti da circa 30 a oltre 60 euro per MWh in pochi giorni [IEA, 2026]. L'11 marzo 2026 i paesi membri dell'IEA hanno concordato un rilascio coordinato di scorte strategiche di dimensioni eccezionali. Agli effetti sui prezzi degli idrocarburi si sono aggiunte pressioni sui mercati dei fertilizzanti: la chiusura dello Stretto ha messo a rischio oltre il 40% del commercio globale di zolfo e urea [CRU, 2026], con aumenti del prezzo dell'urea stimati al 49% rispetto al mese precedente e possibili ricadute sui costi dell'agricoltura e sull'inflazione alimentare [Soprano, 2026; FAO, 2026].

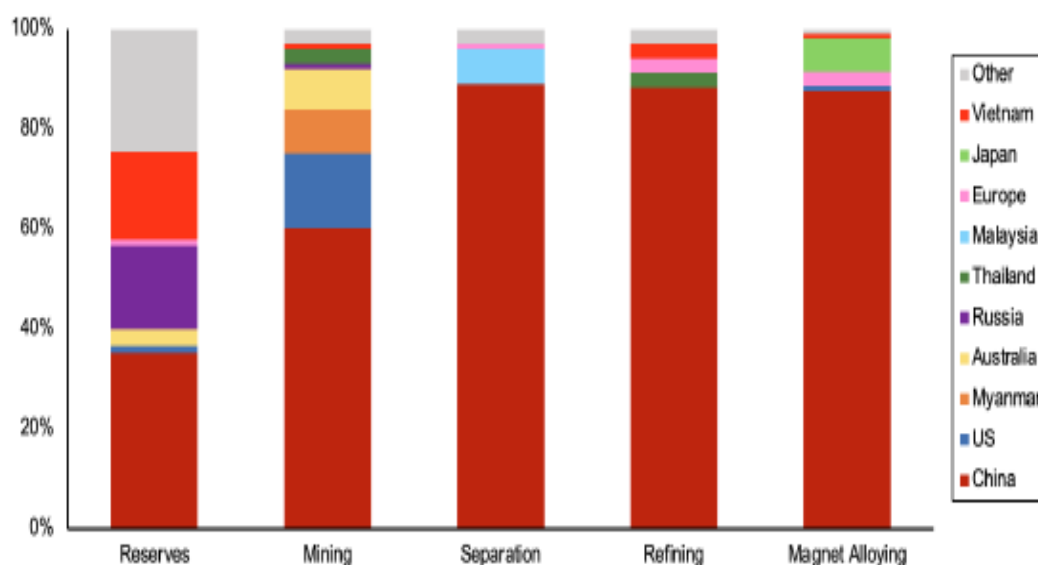
Figura 2. Prezzo spot del greggio Brent (Europa), gennaio 2025 - giugno 2026
(dollari per barile, dati settimanali)



Fonte: EIA 2026.

Cina e materiali critici. Una terza forma di esposizione riguarda le materie prime critiche necessarie alla transizione energetica e tecnologica. Le terre rare sono componenti essenziali per diversi settori strategici, dai veicoli elettrici alle turbine eoliche, dai semiconduttori alla difesa [Stratfor, 2019]. La Cina controlla circa il 60% dell'estrazione mondiale e intorno al 90% delle attività di lavorazione post-estrattiva [USGS, 2022]. L'UE importa dalla Cina la totalità delle terre rare pesanti di cui fa uso, circa l'85% di quelle leggere e il 98% dei magneti permanenti che ne derivano [European Parliament, 2026]. Su questa dipendenza Pechino è intervenuta attraverso controlli all'esportazione introdotti in due ondate, nell'aprile e nell'ottobre 2025, estesi anche alle tecnologie di lavorazione [European Parliament, 2026; MERICS, 2025]. Tali misure hanno reso più complessa, per l'Europa, la costruzione di capacità alternative lungo la catena del valore. Gli effetti sui flussi commerciali sono stati rilevanti: a maggio 2025 le spedizioni cinesi di magneti verso l'Europa risultavano diminuite di circa il 75% su base annua, mentre i prezzi di alcuni elementi critici erano più che raddoppiati o triplicati [TechPolicy.Press, 2025]. La sospensione parziale dei controlli annunciata nel novembre 2025 non modifica il dato di fondo: la dipendenza europea dai materiali critici cinesi resta un vincolo strutturale, la cui riduzione richiede investimenti consistenti e tempi lunghi.

Figura 3. Il monopolio cinese sulla catena del valore delle terre rare - 2022
(% del totale globale per ciascuno stadio di lavorazione)



Fonte: USGS, 2022.

Nel complesso, questi tre fronti - forniture di idrocarburi, rotte marittime energetiche e materiali critici per la transizione - delineano un quadro di esposizione simultanea dell'Unione europea a dipendenze esterne di natura diversa ma tra loro **interconnesse**. In sintesi, la vulnerabilità energetica europea investe la competitività industriale, la sicurezza degli approvvigionamenti, la stabilità dei prezzi e la resilienza delle filiere produttive. Da questa prospettiva, il tema centrale riguarda la costruzione di una strategia integrata, capace di andare oltre la risposta ai singoli shock al fine di ridurre nel tempo l'esposizione sistemica dell'Europa.

3. Sicurezza energetica, politica industriale e competitività

La sfida energetica europea ha una dimensione competitiva che va ben oltre la **sicurezza degli approvvigionamenti**. Anche ipotizzando che l'obiettivo UE di portare almeno al 42,5% la quota di energia da fonti rinnovabili entro il 2030, con aspirazione al 45%, fosse pienamente realizzato, rimarrebbe comunque significativa la quota di consumi

finali ancora dipendente da combustibili fossili [Commissione Europea, 2026a]. Il nucleare, d'altra parte, non può compensare rapidamente tale dipendenza per via dei tempi pluridecennali e dei costi elevati. Una maggiore sicurezza energetica si può dunque realizzare puntando principalmente sulle rinnovabili; ma ciò da solo non basta, perché conta anche che la sicurezza sia accompagnata da un minor costo dell'energia e da una politica industriale che associ competitività e sicurezza energetica in un disegno coerente.

Circa il costo dell'energia vi sono le proposte di intervento della Commissione – in primo luogo la riforma del disegno del mercato elettrico adottata nel giugno 2024 [Regolamento (UE) 2024/1747 e Direttiva (UE) 2024/1711], che conserva il prezzo marginale sui mercati spot per ragioni di efficienza operativa ma generalizza dal 2027 i contratti per differenza (CfD) bidirezionali a sostegno delle capacità a basse emissioni, facilita i contratti di acquisto di lungo periodo (PPA) tra privati e rafforza le tariffe sociali –, ma è chiaro che molta parte del loro successo dipende dalla capacità dei Paesi di realizzare un effettivo mercato comune dell'energia, che non potrà realizzarsi finché ciascuno vorrà tenersi i vantaggi competitivi del suo differenziale di costi energetici. Il gap attuale è significativo: i prezzi retail industriali dell'elettricità europea sono a 2,2 volte quelli USA, 2 volte quelli cinesi e 1,2 volte quelli giapponesi nel secondo trimestre 2024 [Commissione Europea, 2025h]. In assenza di un mercato integrato, qualunque strategia di elettrificazione rischia di tradursi in un aumento del costo dell'energia industriale piuttosto che in una sua riduzione.

A questo si aggiunge il nesso, destinato a diventare sempre più rilevante, tra modello energetico ed economia digitale. Le attività industriali sulla frontiera tecnologica richiedono quantità crescenti di energia elettrica; per questa ragione, il costo dell'energia non può essere trattato separatamente dalla strategia europea su digitale, intelligenza artificiale e nuova manifattura.

4. L'elettrificazione: una risposta sistemica

In questo scenario, una chiara scelta a favore dell'elettrificazione dell'economia può rappresentare il punto di svolta capace di ricomporre in un quadro coerente tre dimensioni che nel dibattito europeo procedono troppo spesso in parallelo: l'impegno sulle rinnovabili, lo sviluppo dello storage energetico come infrastruttura di bilanciamento e

flessibilità, e le tecnologie digitali abilitanti – dall'intelligenza artificiale industriale al quantum computing – che richiedono elettricità abbondante, stabile e a basso costo come preconditione infrastrutturale di sistema. Il contributo di Ember [2025], *The Electrification Imperative*, articola in modo chiaro il nesso tra transizione energetica ed elettrificazione dei consumi finali. Il dibattito sulle rinnovabili si concentra spesso soprattutto sulla loro crescita nella generazione elettrica. Tuttavia, la sostituzione effettiva dei combustibili fossili richiede anche che una quota crescente dei consumi finali – nei trasporti, negli edifici e nell'industria – venga trasferita verso l'elettricità. A livello globale, l'elettricità copre oggi circa il 22% dei consumi finali di energia, mentre circa il 60% dell'offerta primaria continua a passare attraverso combustibili fossili prima di arrivare all'utilizzatore finale [IEA, 2024; Ember, 2025]. Anche in presenza di una produzione crescente di energia pulita, la sostituzione dei fossili negli usi finali resta limitata se tali usi continuano a dipendere da combustibili liquidi o gassosi.

La Commissione europea ha riconosciuto questo nesso nella *Clean Energy Investment Strategy* adottata il 10 marzo 2026 (COM/2026/116), che stima in circa 660 miliardi di euro all'anno gli investimenti necessari nel settore energetico tra il 2026 e il 2030. La Commissione ha inoltre annunciato per luglio 2026 un *Electrification Action Plan*, con obiettivi settoriali vincolanti per trasporti, industria ed edifici [Commissione Europea, 2026c]. In questa cornice si colloca anche l'affermazione del Commissario all'Economia Valdis Dombrovskis, secondo cui l'elettrificazione è "l'unica soluzione in grado di proteggere in modo permanente l'economia europea dalla volatilità dei prezzi dei combustibili fossili e dalle condizioni di approvvigionamento" [Key4Biz, 2026].

L'elettrificazione può essere letta lungo tre dimensioni principali, tra loro strettamente interdipendenti.

Il primo pilastro riguarda la riduzione della dipendenza da energia fossile importata. Secondo le simulazioni di Schneider Electric [2025], portare il tasso di elettrificazione dei consumi finali al 35% entro il 2030 consentirebbe all'UE di risparmiare fino a 250 miliardi di euro all'anno entro il 2040, principalmente grazie alla minore spesa per le importazioni di idrocarburi [Bataille, 2025]. L'esempio cinese mostra gli effetti di una strategia perseguita in modo sistemico: in pochi anni la Cina ha affiancato alla crescita delle rinnovabili lo sviluppo del mercato dei beni elettrici - veicoli elettrici, pompe di calore,

applicazioni industriali elettrificate – arrivando a produrre il 70% dei veicoli elettrici mondiali, oltre il 75% delle batterie e l'80% dei pannelli solari [IEA, 2025]. La transizione energetica cinese ha assunto quindi la forma di un progetto industriale integrato, nel quale leva energetica e capacità manifatturiera si sono rafforzate reciprocamente.

Il secondo pilastro è lo storage. Un sistema elettrico alimentato in misura crescente da rinnovabili richiede capacità di accumulo adeguate a garantirne continuità e flessibilità: batterie per lo stoccaggio a breve termine, sistemi di storage su scala di rete per bilanciare produzione e consumo in tempo reale, reti intelligenti capaci di gestire flussi bidirezionali. Lo storage costituisce una condizione essenziale dell'elettrificazione, perché consente di trasformare le rinnovabili intermittenti in una fonte più affidabile, programmabile e integrabile nel sistema elettrico. L'Europa ha accelerato significativamente su questo fronte: nel 2025 l'UE ha installato 27,1 GWh di nuove batterie, il 45% in più rispetto all'anno precedente, portando il parco installato complessivo a 77 GWh, dieci volte il valore del 2021 [SolarPower Europe, 2026]. Il piano AccelerateEU fissa l'obiettivo di portare la capacità di storage da 55 GW attuali a 200 GW entro il 2030 [Commissione Europea, 2026d]. Le stime di SolarPower Europe indicano tuttavia che, per soddisfare le esigenze di flessibilità del sistema, sarà necessario raggiungere circa 750 GWh installati entro il 2030, con un ulteriore incremento di dieci volte rispetto ai livelli attuali [SolarPower Europe, 2026]. Anche il quadro regolatorio si sta adeguando: il *Grids Package 2025* ha introdotto finestre di trading a 15 minuti nel mercato del giorno prima, migliorando la capacità del sistema di valorizzare storage e risorse flessibili in tempo reale; gli Stati membri dovranno inoltre fissare obiettivi nazionali di storage entro l'inizio del 2027 [Commissione Europea, 2025].

Il terzo pilastro riguarda le tecnologie digitali avanzate. Elettricità abbondante, stabile e a costo contenuto rappresenta una preconditione infrastrutturale per lo sviluppo su scala industriale delle tecnologie digitali di nuova generazione. Il consumo elettrico dei data centre europei era già pari a 70 TWh nel 2024 ed è proiettato a crescere del 70% entro il 2030, contribuendo al 10% dell'aumento complessivo della domanda elettrica UE [IEA, 2025]. Su orizzonti più lunghi, le proiezioni indicano un raddoppio del consumo oltre 230 TWh entro il 2035 [Schneider Electric, 2025]. La quota europea nella capacità globale di data centre è però scesa dal 25% del 2015 al 15% del 2024, arretramento che la Commissione ha riconosciuto ponendo come obiettivo il triplicamento della capacità

europea nell'arco di cinque-sette anni [IEA, 2025]. I vincoli energetici contribuiscono a spiegare questo ritardo: la congestione delle reti elettriche ha già costretto a sospendere nuovi progetti in hub come Dublino e Amsterdam, dove la capacità di rete disponibile risulta esaurita [IEA, 2025; Schneider Electric, 2025].

Oltre ai data centre, occorre considerare l'evoluzione verso il quantum computing.

I sistemi quantistici richiedono infrastrutture di raffreddamento e alimentazione che presuppongono reti elettriche moderne, affidabili e a basse emissioni. Con la crescita della scala applicativa, la prossimità a elettricità abbondante e stabile diventa un fattore competitivo critico, al pari dell'hardware [Nature Reviews Clean Technology, 2026; WEF, 2026]. A questo si aggiunge lo sviluppo dell'intelligenza artificiale applicata alla manifattura – nelle sue forme attuali e nella possibile evoluzione verso sistemi agentici capaci di operare lungo la filiera produttiva – e la gestione dei dati su scala industriale, dai gemelli digitali alle piattaforme di supply chain. L'UE ha parzialmente riconosciuto questo nesso lanciando a fine 2025 la strategia *Apply AI*, con oltre 1 miliardo di euro destinato ad accelerare l'integrazione dell'IA nei settori industriali strategici [TechPolicy.Press, 2025]. Gli investimenti europei restano tuttavia inferiori a quelli mobilitati da Stati Uniti e Cina.

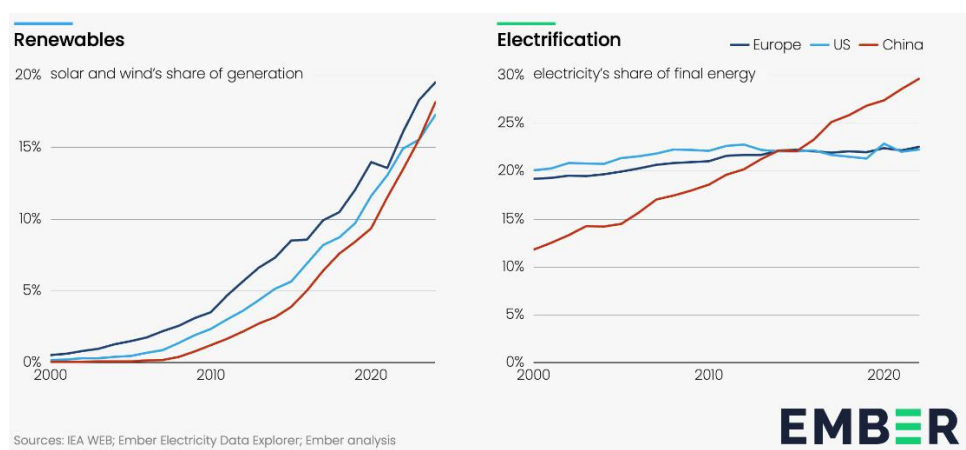
Le tre dimensioni risultano strettamente collegate. Lo storage agisce come infrastruttura di raccordo: rende più affidabile la produzione rinnovabile, riduce la dipendenza da fonti fossili importate e assicura la continuità di alimentazione richiesta dalle tecnologie digitali avanzate. Per l'Europa, assumere l'elettrificazione come pilastro strategico significa quindi andare oltre il semplice aumento della quota di rinnovabili nella generazione elettrica. Significa costruire un sistema in cui autonomia energetica, capacità industriale nello storage e competitività nelle tecnologie digitali avanzate procedano come componenti di una stessa traiettoria industriale.

5. Il ritardo europeo e le sue radici strutturali

Il ritardo europeo sull'elettrificazione rispetto alla Cina risulta oggi particolarmente evidente, e costituisce uno specchio delle diverse priorità industriali dei due blocchi. Come illustrato in Figura 5, se sul fronte delle rinnovabili UE, Stati Uniti e Cina appaiono sostanzialmente paragonabili – con quote di solare ed eolico nella

generazione elettrica allineate intorno al 15-20% al 2024 – lo stesso non vale per l'elettrificazione. La Cina ha incrementato la quota di elettricità sui consumi finali di energia di quasi 10 punti percentuali nel solo ultimo decennio, arrivando intorno al 30% al 2024, mentre l'UE e gli USA sono rimasti sostanzialmente fermi tra il 21% e il 23% – con l'Europa in particolare bloccata al 21% circa da oltre dieci anni [Ember, 2025; Schneider Electric, 2025]. La proiezione cinese al 2030 indica un tasso di elettrificazione pari al 35%, valore che alcune analisi suggeriscono come soglia obiettivo anche per l'UE ma che, al ritmo attuale, appare fuori portata [WEF, 2025].

Figura 4. Rinnovabili ed elettrificazione a confronto - UE, USA e Cina - 2000-2024
(% solare/eolico su generazione elettrica; % elettricità su consumi finali di energia)



Fonte: Ember, 2025.

Il radicamento europeo in settori a media tecnologia e ad elevata intensità energetica fossile spiega in larga misura questo divario. L'apparato produttivo dell'Unione è storicamente incentrato su comparti quali acciaio, chimica di base, fertilizzanti, cemento e veicoli a motore a combustione interna – tutti settori in cui i margini di elettrificazione diretta sono limitati e l'intensità fossile è strutturalmente elevata. A questo si aggiunge il fatto che la tecnologia digitale, l'intelligenza artificiale, le reti di telecomunicazione e, in generale, le attività industriali sulla frontiera tecnologica richiedono quantità crescenti di energia elettrica. La domanda elettrica dei *data centres* europei, stando al *World Energy Outlook 2025*, è divenuta una variabile strutturale delle proiezioni

energetiche e si prevede possa raddoppiare superando i 230 TWh entro il 2035 [IEA, 2025; Schneider Electric, 2025]. Il problema da affrontare, di conseguenza, non è soltanto il noto nodo del costo dell'energia, ma quello ben più ampio dell'integrazione tra impegno nelle nuove tecnologie e modello energetico di supporto.

A rendere ancora più stringente il nesso tra modello energetico e competitività industriale concorre la nuova frontiera dell'intelligenza artificiale applicata alla manifattura. Oltre alla domanda elettrica dei *data centres*, va infatti considerato il salto in atto verso quella che viene definita *Industrial AI* e, in prospettiva, verso l'*Agentic AI* – ossia una forma di intelligenza artificiale capace non solo di rispondere a quesiti, ma di scomporre un obiettivo in attività, consultare dati, coordinare processi e, entro limiti definiti, eseguire azioni lungo la linea produttiva e la *supply chain*. La posta in gioco non è qualche punto di efficienza in più, bensì il controllo della catena del valore: chi governerà gli agenti AI a livello industriale orienterà una quota crescente delle decisioni operative – cosa produrre, con quali fornitori, con quale consumo energetico e con quale relazione con il cliente. Non a caso gli Stati Uniti, che già dominano le grandi piattaforme *software* e i modelli di IA, hanno avviato joint venture tra sviluppatori di IA e grande finanza per portare questi strumenti nelle piccole e medie imprese industriali, mentre la Cina sta già integrando IA, robotica, manifattura e *supply chain*. Per l'Europa, elettrificazione e industrializzazione dell'IA si configurano così come un doppio motore della competitività: la prima fornisce l'energia a basso costo e a bassa dipendenza geopolitica indispensabile ad alimentare la seconda, mentre il pieno dispiegamento dell'IA industriale – ad alta intensità elettrica – rende a sua volta improrogabile la modernizzazione del sistema energetico. Non a caso la stessa UE, accanto agli strumenti energetici, ha lanciato a fine 2025 la strategia *Apply AI* (oltre 1 miliardo di euro) per accelerare l'integrazione dell'IA nei settori industriali strategici, comprese sanità, energia, mobilità e robotica [TechPolicy.Press, 2025].

6. La doppia sfida operativa: beni elettrificati e infrastrutture di rete

La realizzazione di un'economia elettrificata richiede di affrontare due sfide operative di grande portata, che il dibattito sulla transizione energetica tende spesso a sottovalutare rispetto alle questioni di mix e di investimenti in generazione. La prima

è l'allargamento del mercato dei beni elettrici nei consumi finali; la seconda è il rinnovo delle infrastrutture di distribuzione e trasporto dell'energia.

La prima sfida riguarda la capacità di espandere il mercato dell'elettrico in tutte le sue componenti: veicoli elettrici, batterie e sistemi di accumulo, pompe di calore per riscaldamento e raffreddamento, motori elettrici industriali, elettrodomestici ad alta efficienza. Si tratta di mercati ad alto valore aggiunto, in cui le aziende operano con margini lordi a doppia cifra – contro i margini nel singolo digito dei produttori di pannelli solari ed eolico – grazie alla prossimità al cliente finale e al relativo pricing power [Ember, 2025]. Per l'Europa, che dispone di competenze e filiere in parte già mature – si pensi ai campioni automotive tedeschi, alla manifattura italiana degli elettrodomestici o ai produttori nordici di pompe di calore –, la finestra di opportunità resta aperta ma si sta rapidamente chiudendo [Ember, 2025].

La seconda sfida riguarda il rinnovo del sistema di distribuzione dell'energia. Si stima che il 40% circa delle infrastrutture di rete europee siano state realizzate oltre quarant'anni fa e abbiano bisogno di essere rinnovate, per creare reti flessibili e intelligenti capaci di gestire la domanda crescente e variabile che l'elettrificazione comporta [Schneider Electric Sustainability Research Institute, 2025]. Nessuna modernizzazione della rete può avvenire senza una semplificazione della regolamentazione e dei sistemi di data sharing che permetta l'enorme aumento delle connessioni necessarie, capaci di operare insieme in tempo reale. La congestione delle reti costituisce già oggi un collo di bottiglia concreto: secondo Schneider Electric [2025], essa mette a rischio fino a un quinto della capacità pianificata di data centre in poli europei come Dublino, Amsterdam e Francoforte. La lentezza del permitting per le infrastrutture energetiche aggrava ulteriormente questo quadro. Su questo fronte, in particolare, la Commissione è intervenuta con due strumenti principali. Con l'Action Plan for Grids del novembre 2023 ha stimato in circa 584 miliardi di euro gli investimenti necessari nelle reti europee entro il 2030 e ha posto l'accento sugli investimenti anticipatori (anticipatory investment), per consentire ai gestori di rete di anticipare la capacità di trasporto rispetto alla domanda attesa. Con il successivo European Grids Package [COM(2025) 1005], presentato il 10 dicembre 2025, ha introdotto misure di pianificazione transfrontaliera della rete, accelerazione delle

procedure autorizzative e rafforzamento del quadro per gli investimenti anticipatori, nel tentativo di trasformare le reti da collo di bottiglia a fattore abilitante della transizione.

Per l'Europa, affrontare questa doppia sfida in modo coordinato - attraverso politiche industriali per la filiera elettrica, riforme regolamentari per la rete e semplificazione del *permitting* - è preconditione per realizzare i benefici dell'elettrificazione.

Tabella 1. Le due condizioni operative dell'elettrificazione europea
(sviluppo della domanda finale elettrificata e adeguamento delle infrastrutture di rete)

| Domanda finale elettrificata | Infrastrutture abilitanti |
|---|--|
| Veicoli elettrici | Reti di trasmissione |
| Batterie e accumulo | Reti di distribuzione |
| Pompe di calore | <i>Smart grid</i> |
| Motori elettrici industriali | <i>Data sharing</i> |
| Elettrodomestici efficienti | <i>Permitting</i> e connessioni |
| Usi elettrici nei processi industriali | Flessibilità e gestione in tempo reale |

Fonte: Elaborazione degli autori su *Ember 2025* e *Schneider Electric Sustainability Research Institute 2025*.

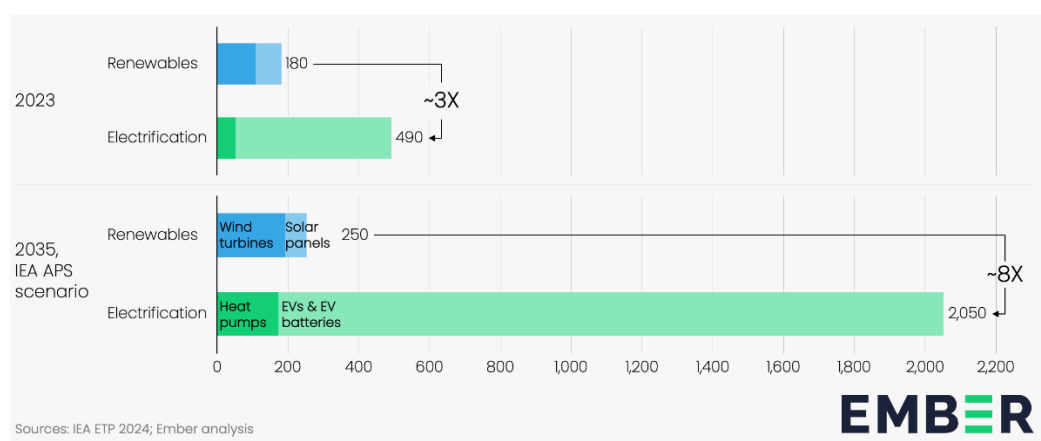
7. L'opportunità di mercato al 2035 e i benefici per i cittadini

Sul fronte commerciale, il mercato globale dell'elettrificazione rappresenta un'opportunità largamente inesplorata, in rapida espansione e con margini superiori a quelli delle rinnovabili di produzione. Muovendo dalla persistente dipendenza europea da petrolio e gas importati, secondo le simulazioni di Schneider Electric [2025], accelerare l'elettrificazione in industria, edifici e trasporti e portare il tasso al 35% entro il 2030 consentirebbe all'UE di risparmiare fino a 250 miliardi di euro all'anno entro il 2040, principalmente grazie alla riduzione della spesa per l'importazione di energia fossile [Bataille, 2025]. In una prospettiva di riduzione strutturale dell'esposizione europea ai combustibili fossili, la Commissione ha richiamato anche la necessità di rivedere la fiscalità energetica a favore dell'elettricità e di rafforzare le reti, affinché l'elettrificazione possa tradursi in una riduzione strutturale dell'esposizione europea alla volatilità dei combustibili

fossili [Key4Biz, 2026]. La *Clean Energy Investment Strategy*, presentata dalla Commissione il 10 marzo 2026, quantifica gli investimenti annui necessari in circa 660 miliardi di euro tra il 2026 e il 2030, cifra destinata a salire a circa 695 miliardi annui nel periodo 2031-2040 [Commissione Europea, 2026b; Commissione Europea, 2026c].

Figura 5. Dimensione dei mercati di rinnovabili ed elettrificazione - 2023 e 2035 (scenario IEA APS)

(miliardi di dollari)



Fonte: Ember, 2026.

La Cina, nel decennio scorso, ha saputo trasformare la transizione elettrica in un vantaggio industriale di scala: oggi produce il 70% dei veicoli elettrici, oltre il 75% delle batterie e l'80% dei pannelli solari del mondo [IEA, 2025], grazie soprattutto a una domanda interna robusta sostenuta da politiche coerenti di elettrificazione.

Infine, oltre alla riduzione della dipendenza energetica e al posizionamento industriale nei mercati dell'elettrificazione, la transizione verso consumi finali elettrificati può generare benefici diretti per i cittadini europei. Secondo i dati Ember, le famiglie europee e statunitensi destinano in media circa un sesto del proprio reddito a spese legate all'energia (carburanti, riscaldamento, elettricità). Un'elettrificazione generalizzata di mobilità e riscaldamento – ad esempio attraverso la diffusione di veicoli elettrici e pompe di calore – potrebbe tradursi, nei calcoli disponibili, in un risparmio per nucleo familiare pari al 3-5% del reddito tipico delle famiglie occidentali, equivalente a

migliaia di euro all'anno [Ember, 2025]. Analisi di Eurelectric-EY [2025] stimano, ad esempio, che il passaggio a un veicolo elettrico riduca i costi energetici di mobilità di oltre un quarto in diverse regioni europee. A ciò si aggiungono benefici di qualità della vita: veicoli più silenziosi, meno inquinanti e ricaricabili a domicilio; pompe di calore capaci di riscaldare e raffrescare con comfort termico stabile e senza combustione; edifici più efficienti. Non si tratta di benefici marginali: le indagini di *customer satisfaction* su utenti di EV e pompe di calore segnalano tassi di soddisfazione elevati e una scarsissima propensione al ritorno verso tecnologie fossili [Ember, 2025]. È proprio questa dimensione *consumer-facing* – spesso trascurata dalla narrativa della transizione energetica – a rendere l'elettrificazione un progetto politicamente sostenibile, in quanto capace di generare consenso tra cittadini che ne percepiscono i vantaggi nella vita quotidiana.

Queste opportunità non si realizzeranno tuttavia da sole. Accanto a tale strategia, la BEI si è impegnata per oltre 75 miliardi di euro di nuovi finanziamenti nei prossimi tre anni, e sono allo studio un fondo strategico per le infrastrutture di rete (*Strategic Infrastructure Investment Fund*, dotazione indicativa fino a 500 milioni di euro), un *Energy Transition Investment Council* per il dialogo con gli investitori istituzionali, nonché proposte regolatorie volte a ridurre l'aliquota fiscale sull'elettricità rispetto ai combustibili fossili [Key4Biz, 2026]. Rimangono tuttavia da affrontare nodi strutturali già richiamati, quali la congestione delle reti, la lentezza del permitting per le infrastrutture energetiche e, soprattutto, la necessaria mobilitazione di capitali privati su larga scala.

Il dibattito sulle modalità concrete dell'elettrificazione resta peraltro aperto, in particolare sul ruolo da assegnare alle diverse fonti. Vi è ampio consenso sul fatto che l'elettrificazione dei consumi finali debba essere alimentata in misura crescente da generazione a basse emissioni; le posizioni divergono però sul mix ottimale tra rinnovabili, nucleare e quota residua di gas. Sul versante italiano, ad esempio, Nicola Armaroli, dirigente di ricerca del CNR e membro dell'Accademia Nazionale delle Scienze, individua nell'elettrificazione la principale leva di sicurezza energetica e di sopravvivenza industriale per il Paese, osservando come l'Italia disponga già di *know-how* e capacità manifatturiera lungo l'intera filiera [Armaroli, 2026]. Nella sua lettura, il fotovoltaico a terra occupa in Italia una porzione di territorio gestibile (stimata intorno ai 180 km², a fronte di ampie superfici di aree industriali dismesse e terreni abbandonati), mentre lo sviluppo dell'eolico resta

fortemente al di sotto del potenziale; quanto all'idrogeno verde, esso è visto come vettore rilevante soprattutto in prospettiva pluriennale per i combustibili sintetici, più che per gli usi finali nei trasporti, dove diverse applicazioni si sono rivelate poco efficaci [Armaroli, 2026]. Si tratta di valutazioni che, pur non esauendo un confronto tuttora in corso anche su scala europea – basti pensare alle diverse traiettorie di Francia e Germania sul nucleare –, convergono nel ricondurre l'elettrificazione al cuore della strategia di autonomia energetica e industriale del continente.

8. Le risposte UE: sicurezza energetica ed elettrificazione

A fronte dell'esposizione strutturale alle dipendenze energetiche e tecnologiche documentata nelle sezioni precedenti, l'Unione Europea ha messo in campo a partire dal 2023 un pacchetto di iniziative che faticano tuttavia a delineare una risposta strategica completamente soddisfacente. Il pilastro programmatico è rappresentato dalla *European Economic Security Strategy* presentata a Bruxelles nel giugno 2023 [Commissione Europea, 2023b]. Il documento individua quattro tipologie di rischi – catene di approvvigionamento (inclusa quella energetica), infrastrutture critiche, sicurezza e fughe tecnologiche, *weaponization* di dipendenze economiche – e definisce un approccio fondato su tre assi: promozione della competitività, protezione delle risorse strategiche e partnership con paesi terzi. Nei due anni successivi il quadro è stato via via arricchito con proposte specifiche: il *Critical Raw Materials Act* (CRMA), proposto dalla Commissione nel marzo 2023 ed entrato in vigore nel 2024, volto a garantire forniture sicure per i materiali strategici fissando obiettivi quantitativi al 2030 (almeno il 10% della domanda coperta da estrazione interna, il 40% da lavorazione in UE, il 25% da riciclo, e non oltre il 65% concentrato in un singolo paese terzo); l'*European Chips Act* (ECA), mirato a portare al 20% entro il 2030 la quota UE di produzione mondiale di semiconduttori all'avanguardia attraverso la mobilitazione di almeno 43 miliardi di euro di investimenti pubblici, abbinati ad altrettanti investimenti privati, per un totale di almeno 86 miliardi [European Commission, 2023; Corte dei Conti Europea, 2025]; e una rete di *Memoranda of Understanding* siglati con paesi esportatori di materie prime critiche (tra cui Canada, Kazakistan, Namibia, Argentina, Cile, Rwanda, Repubblica Democratica del Congo, Groenlandia e Australia).

L'efficacia di tali strumenti pare però limitata da una serie di vincoli ben documentati. Con specifico riferimento ai semiconduttori, lo *Special Report 12/2025* della Corte dei Conti Europea rileva come, pur restando potenzialmente mobilitabili i citati 86 miliardi di investimenti combinati, l'obiettivo del 20% della produzione mondiale al 2030 appaia difficilmente raggiungibile – in parte per l'insufficienza degli stanziamenti europei diretti, in parte per la confusione tra fondi europei e aiuti di Stato nazionali, spesso in concorrenza tra loro nell'attrazione delle aziende dell'ecosistema [Corte dei Conti Europea, 2025]. Nel campo dei microchip, EuroStack stima che al 2025 l'Europa consumi circa il 20% dei chip mondiali, producendone appena il 9% [Bria *et al.*, 2025]. Anche sul versante dei materiali critici, a quasi tre anni dall'entrata in vigore del CRMA la distanza dai target 2030 resta considerevole, mentre le partnership siglate con paesi terzi rischiano di rimanere sulla carta in assenza di un piano industriale integrato capace di tradurre le intese in flussi commerciali concreti e in capacità di lavorazione europea.

La debolezza delle risposte europee nasce in larga misura dal loro carattere reattivo, ancorato alle iniziative di Washington e di Pechino anziché all'enunciazione di una strategia autonoma. A una serie di iniziative USA – *Chips & Science Act* e *Inflation Reduction Act* del 2022, tariffe e controlli all'*export* dell'amministrazione Trump 2.0 – e alle mosse cinesi ("Made in China 2025", *Belt and Road Initiative*, *weaponization* delle terre rare) l'UE ha risposto per lo più in ordine sparso, spesso in ritardo e con valori finanziari inferiori di un ordine di grandezza rispetto a quelli mobilitati dai propri competitor. Ne è una riprova la differenza in termini di investimenti in ricerca e sviluppo (2.24% del PIL nell'UE al 2022, contro il 3.46% USA e oltre il 4.9% della Corea del Sud), di domande di brevetti per milione di abitanti (479 in Germania -valore più alto UE- contro 790 negli USA, 1,010 in Cina e 5,598 in Corea del Sud [WIPO, 2026]), nonché di venture capital globale raccolto (5% per l'UE, contro il 52% degli USA e il 40% della Cina [Commissione Europea, 2025g]). La guerra in Iran e le annesse ricadute energetiche, richiamate nella ricostruzione iniziale della crisi energetica, segnalano con nuova forza l'esigenza di integrare la politica energetica con un progetto industriale strategico, anziché continuare a rincorrere gli eventi.

Accanto agli strumenti difensivi, l'Unione ha progressivamente avviato un'agenda più direttamente orientata all'elettrificazione dei consumi finali e alla riorganizzazione del mercato elettrico. Nel loro insieme, questi interventi possono

essere interpretati come parte di un approccio più integrato volto a ridurre l'esposizione alla volatilità dei combustibili fossili, rafforzare le infrastrutture elettriche e sostenere lo sviluppo della capacità industriale europea nelle tecnologie della transizione.

Un primo tassello è rappresentato dalla riforma del mercato elettrico. Adottata nel giugno 2024 – Regolamento (UE) 2024/1747 e Direttiva (UE) 2024/1711 – questa mira a rafforzare il ricorso a strumenti contrattuali di lungo periodo, quali i Power Purchase Agreements e i Contracts for Difference bidirezionali, con l'obiettivo di attenuare l'esposizione dei consumatori, in particolare industriali, alla volatilità del gas, preservando al tempo stesso il segnale di prezzo marginale necessario all'efficienza del mercato. Su questo impianto si innesta la Clean Energy Investment Strategy del marzo 2026 (COM/2026/116), che quantifica in circa 660 miliardi di euro annui gli investimenti necessari nel settore energetico fino al 2030 e attribuisce esplicita priorità all'elettrificazione dei consumi finali e alla modernizzazione delle reti.

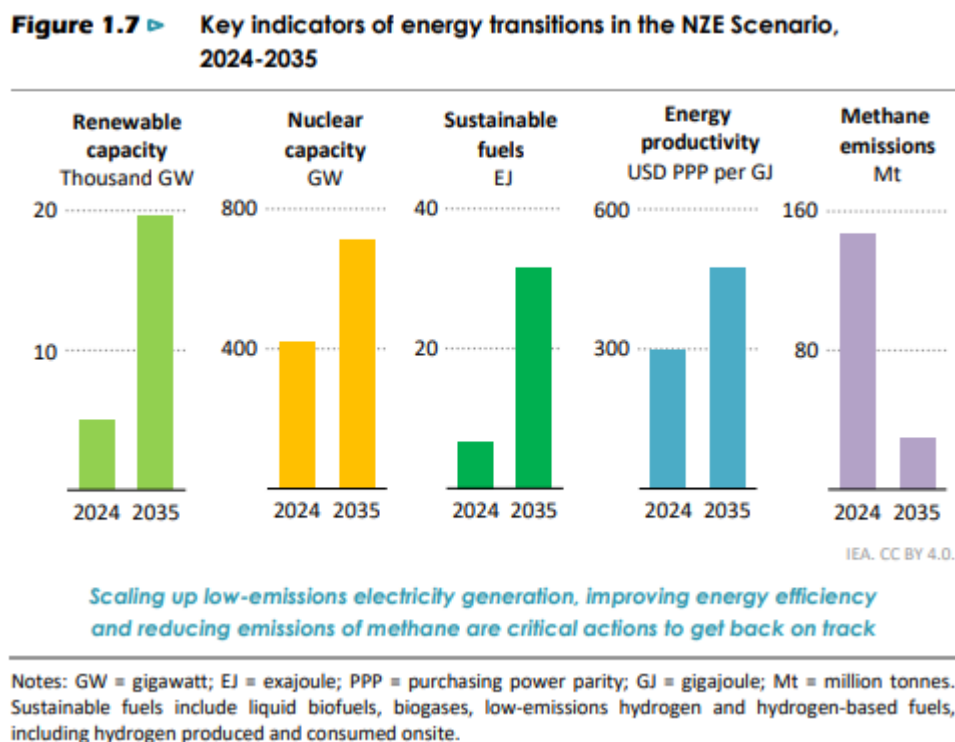
Il secondo fronte riguarda le infrastrutture abilitanti. Il piano AccelerateEU dell'aprile 2026, elaborato anche in risposta ai più recenti shock energetici, fissa l'obiettivo di portare la capacità di storage da 55 GW a 200 GW entro il 2030. Nella stessa direzione si colloca il Grids Package 2025, che introduce finestre di trading a quindici minuti e richiede agli Stati membri di definire obiettivi nazionali di accumulo entro il 2027. La logica sottostante è chiara: senza capacità di stoccaggio, reti più flessibili e una gestione più granulare dei flussi elettrici, l'aumento della generazione rinnovabile e della domanda elettrificata rischia di tradursi in congestione, curtailment e nuovi costi di sistema.

Il terzo fronte è industriale. Il Net Zero Industry Act punta a garantire una capacità produttiva interna pari ad almeno il 40% del fabbisogno annuo di tecnologie pulite – pannelli solari, turbine eoliche, pompe di calore, batterie e altre tecnologie essenziali per un sistema elettrificato. A questo si aggiunge l'European Battery Alliance, che coordina un ecosistema di oltre 850 imprese con l'obiettivo di coprire fino al 90% del fabbisogno europeo di batterie entro il 2030.

9. Il nucleare: tra rilancio strategico e nuove dipendenze

Il dibattito sul mix che dovrà alimentare l'economia elettrificata chiama in causa, accanto alle rinnovabili, il ruolo del nucleare, oggi protagonista di un netto rilancio strategico tanto a livello globale quanto in seno all'Unione Europea. Dopo oltre due decenni di sostanziale stagnazione, l'Agenzia Internazionale dell'Energia colloca il nucleare al centro di quella che definisce una vera e propria fase di ritorno (*comeback*), con una produzione che nel 2025 ha toccato un nuovo massimo storico ed è destinata a crescere in modo costante fino al 2030, sostenuta dai riavvii dei reattori in Giappone, dalla maggiore generazione in Francia e dalle nuove capacità installate in Cina, India e altri paesi [IEA, 2026]. Secondo il *World Energy Outlook 2025*, in uno scenario fondato sulle politiche energetiche vigenti la capacità nucleare globale è attesa crescere di almeno un terzo entro il 2035, passando da circa 420 GWe nel 2024 fino a 728 GWe al 2050; insieme alle rinnovabili, il nucleare arriverà a generare circa la metà dell'elettricità mondiale entro il 2030, a fronte del 42% attuale [IEA, 2025; IEA, 2026]. Non a caso il rilancio dell'atomo viene esplicitamente ricondotto dall'Agenzia ai due grandi motori della nuova domanda elettrica già discussi nella sezione 4 – l'avvento di quella che essa definisce l'*Age of Electricity* e l'impennata dei consumi legata a intelligenza artificiale e *data centres* – per i quali il nucleare è candidato a fornire generazione di base a basse emissioni e a ciclo continuo [IEA, 2025]. Questo quadro di espansione va tuttavia letto con alcune avvertenze rilevanti per il contesto europeo: i tempi di costruzione dei nuovi impianti si estendono tipicamente su quindici-venti anni; il costo del kWh nucleare – sia per i grandi impianti sia per gli SMR – si colloca strutturalmente al di sopra di quello delle rinnovabili utility-scale nelle condizioni di mercato attuali; e le questioni aperte sul ciclo del combustibile e sulla gestione delle scorie non trovano ancora soluzione definitiva. Il rilancio dell'atomo è dunque un dato di contesto rilevante, ma non modifica le priorità di medio termine per l'elettrificazione europea.

Figura 6. Indicatori di transizione energetica nel caso di Net-Zero Scenario - 2024-2035



Fonte: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/9753df19-0a71-422a-b725-012c555763b3/WorldEnergyOutlook2025.pdf>.

Anche l'Unione Europea, dopo anni di posizioni divergenti tra Stati membri, ha riportato il nucleare al centro della propria strategia energetica. Il nucleare copre tuttora circa un quarto dell'elettricità prodotta nell'UE e una quota ancora più ampia della generazione di base, fornendo all'incirca un terzo dell'elettricità a basse emissioni dell'Unione [World Nuclear Association, 2025]. Su questo dato di partenza si innesta un riposizionamento programmatico esplicito: con l'ottavo *Programma Indicativo Nucleare* (PINN), presentato in versione preliminare nel giugno 2025 e adottato in forma definitiva il 10 marzo 2026 quale parte del *Energy Package*, la Commissione stima in circa 241 miliardi di euro gli investimenti necessari entro il 2050 per realizzare le ambizioni nucleari degli Stati membri – risorse destinate sia all'estensione della vita operativa dei reattori esistenti sia alla costruzione di nuovi grandi impianti [European Commission, 2026; European Commission, 2025e]. Lo stesso documento avverte che, in assenza di un prolungamento

della vita utile delle centrali in esercizio, la capacità nucleare dell'UE si ridurrebbe a livelli prossimi allo zero entro il 2050, rendendo assai più ardua la transizione energetica; in uno scenario favorevole, la capacità potrebbe per contro arrivare fino a 144 GWe al 2050 [European Commission, 2025e].

Particolare enfasi è posta dalla Commissione sui piccoli reattori modulari, individuati come tassello di una strategia industriale oltre che energetica.

Contestualmente al PINC, il 10 marzo 2026 è stata adottata una EU Strategy for Small Modular Reactors volta a portare in rete i primi progetti europei di Small Modular Reactor (SMR) entro i primi anni Trenta, con il sostegno di una garanzia da 200 milioni di euro a mobilitazione di investimenti privati e il coordinamento dell'European Industrial Alliance on SMRs [European Commission, 2026b]. Le proiezioni della Commissione indicano una capacità SMR potenzialmente compresa tra 17 e 53 GWe al 2050, non solo per la generazione elettrica ma anche per usi quali calore di processo, teleriscaldamento, produzione di idrogeno e alimentazione dei data centres [European Commission, 2026; European Commission, 2026b]. Resta tuttavia da soppesare lo scarto tra ambizione e maturità della tecnologia: alla data della stesura del presente paper nessun concetto di SMR aveva ancora ottenuto una licenza di costruzione nell'UE, e la stessa Commissione riconosce per questa tecnologia una diffusione di mercato ancora limitata e una commercializzazione lenta [European Commission, 2025c]. Agli SMR si associano inoltre prestazioni promesse ma non ancora sperimentate su scala commerciale; un costo livellato per kWh superiore a quello dei grandi reattori convenzionali e – secondo le analisi di Lazard [2024] – strutturalmente superiore anche a quello delle rinnovabili utility-scale, stimate tra 25 e 75 \$/MWh per solare ed eolico contro 100-200 \$/MWh per il nuovo nucleare inclusi gli SMR; e un profilo di scorie tutt'altro che trascurabile: secondo lo studio di Stanford e University of British Columbia [Krall, Macfarlane ed Ewing, 2022], la maggior parte dei progetti di SMR aumenterebbe il volume di rifiuti radioattivi da gestire e smaltire di un fattore compreso tra 2 e 30, con un incremento fino a circa 30 volte proprio per le scorie a vita lunga ad alta attività – un risultato che ribalta i benefici di costo e di riduzione delle scorie spesso rivendicati per queste tecnologie. È una tempistica che lascia aperto l'interrogativo, già emerso nella sezione 4, se il grosso degli obiettivi di decarbonizzazione e di

elettrificazione del decennio in corso possa realisticamente poggiare su tecnologie ancora in fase pre-commerciale.

Il rilancio del nucleare, peraltro, non risolve di per sé il nodo della dipendenza energetica, ma lo sposta: la filiera dell'atomo apre infatti un nuovo fronte di dipendenza dalla Russia, lungo il ciclo del combustibile e in particolare nella fornitura di uranio arricchito. Se l'approvvigionamento di uranio naturale appare relativamente diversificato – nel 2024 i primi quattro fornitori dell'UE erano Canada (33%), Kazakistan (24%), Australia (10%) e Russia (15%) – la vulnerabilità si concentra negli stadi successivi della filiera, ossia conversione e arricchimento, dove il peso di Rosatom resta significativo: la dipendenza dell'UE dai servizi di arricchimento russi era pari al 23% nel 2024, in calo dal 38% del 2023, mentre la quota russa nei servizi di conversione si attestava intorno al 22% [Euratom Supply Agency, 2025]. Nel complesso, nel 2024 l'Unione ha importato prodotti a base di uranio dalla Russia per oltre 700 milioni di euro [Bruegel, 2025]. La concentrazione è massima nei paesi dell'Europa centro-orientale che operano reattori di progettazione sovietica del tipo VVER – tra cui Slovacchia, Ungheria e Repubblica Ceca – storicamente legati alla fornitura russa di elementi di combustibile [Bruegel, 2025].

La consapevolezza di questo rischio è ormai esplicita nelle stesse istituzioni europee, memori della dipendenza dal gas russo e dei rischi di strumentalizzazione delle forniture già documentati nelle sezioni precedenti. La *REPowerEU Roadmap* pubblicata dalla Commissione il 6 maggio 2025 – che dà seguito al piano REPowerEU lanciato nel maggio 2022 come risposta immediata all'invasione russa dell'Ucraina e alla strumentalizzazione delle forniture energetiche – fissa tra i propri obiettivi il completo abbandono del combustibile nucleare russo, accanto alla cessazione della dipendenza da gas e petrolio russi, prevedendo una progressiva restrizione delle importazioni di uranio arricchito e dei contratti futuri con i fornitori russi [European Commission, 2025d]. Sul piano industriale, la capacità combinata degli impianti di arricchimento già operanti nell'UE – con Orano e Urenco impegnati in piani di espansione – sarebbe in linea di principio sufficiente all'autosufficienza, coprendo l'Unione oltre il 60% del proprio fabbisogno con fonti interne; nuove capacità di conversione e arricchimento in UE, Stati Uniti e Regno Unito non sono però attese prima dei primi anni Trenta [Euratom Supply Agency, 2025; Bruegel, 2025]. Il rischio, segnalato da più analisi, è il ripetersi di uno “scenario gas”: una riduzione delle

forniture potrebbe indurre la Russia a strumentalizzare l'uranio prima che le filiere alternative siano pienamente operative, con le scorte esistenti a fungere da semplice attenuatore temporaneo [Bruegel, 2025].

Nel quadro complessivo del presente lavoro, il nucleare si configura dunque come una componente del mix a basse emissioni utile all'elettrificazione, ma non come una scorciatoia rispetto al nodo dell'autonomia strategica. Da un lato, fornendo generazione di base programmabile e a basse emissioni, esso può contribuire ad alimentare i consumi finali elettrificati e l'industria ad alta intensità energetica analizzati nella sezione 4, attenuando la dipendenza da idrocarburi importati e *weaponizzabili*. Dall'altro, le tempistiche pluridecennali del nuovo nucleare, la maturità ancora acerba degli SMR, i costi di sistema e di sicurezza, dal back-up e bilanciamento della rete alla gestione di lungo periodo delle scorie e allo smantellamento degli impianti, voci non sempre considerate nei confronti di costo, e soprattutto la dipendenza dalla Russia lungo il ciclo del combustibile ne ridimensionano il ruolo di soluzione immediata, riportando in primo piano – proprio come per le terre rare e i semiconduttori – la necessità di costruire filiere europee del combustibile nucleare e di diversificare conversione e arricchimento. È dunque opportuno che l'Europa torni a possedere appieno la tecnologia nucleare e le relative competenze, ma con la piena consapevolezza dei suoi limiti, molti e importanti: costi e tempi di realizzazione, costi di sistema e di sicurezza, maturità ancora incerta degli SMR e nuove dipendenze lungo il ciclo del combustibile. Anche per l'atomo, in definitiva, vale la chiave di lettura proposta in questo paper: l'elettrificazione e l'autonomia strategica si rafforzano solo se accompagnate dal controllo delle filiere industriali sottostanti.

10. Conclusioni

L'analisi proposta in questo paper documenta come la dipendenza energetica strutturale dell'Europa - dai combustibili fossili ai materiali critici, dalle rotte di approvvigionamento alle infrastrutture tecnologiche - rappresenti la sfida centrale per la competitività e l'autonomia strategica dell'Unione nel prossimo decennio. La sequenza di shock degli ultimi anni - l'invasione russa dell'Ucraina nel 2022, la guerra in Iran e il blocco dello Stretto di Hormuz a partire dal febbraio 2026, le politiche commerciali

della seconda amministrazione Trump - ha reso evidente come tali dipendenze possano tradursi in pressioni politiche ed economiche di intensità crescente. Gli squilibri commerciali, ampliatisi anziché ridursi, appaiono destinati a persistere in quanto riflettono strutture di vantaggio comparato consolidate (servizi avanzati statunitensi, manifattura cinese, deficit energetico europeo) piuttosto che dinamiche contingenti destinate ad attenuarsi. Questa consapevolezza orienta oggi l'agenda di policy di Bruxelles e dei governi nazionali verso la costruzione di una strategia di autonomia energetica di lungo periodo, di cui l'elettrificazione è l'asse portante.

Di fronte a tale scenario, le risposte finora messe in campo dall'Unione Europea appaiono insufficienti e sostanzialmente reattive. Strumenti quali la *European Economic Security Strategy* del 2023, il *Critical Raw Materials Act* e l'*European Chips Act* contengono ambizioni adeguate ma scontano investimenti insufficienti, strumenti finanziari frammentati e una governance che fatica a coordinare iniziative UE e politiche nazionali. La stessa Corte dei Conti Europea ha segnalato limiti rilevanti nell'attuazione della strategia europea sui semiconduttori [Corte dei Conti Europea, 2025]. Più in generale, le risposte europee sono nate come reazioni a *Chips Act*, IRA e strumentalizzazione delle filiere tecnologiche da parte di Cina e USA, anziché come articolazioni di una strategia autonoma: da qui la loro limitata incisività.

La guerra in Iran e il conseguente shock sui prezzi di idrocarburi e fertilizzanti hanno però portato alla luce, con nuova urgenza, la necessità di un salto di qualità nella strategia energetica europea – un salto che appare sempre più urgente e che assume la forma di un grande progetto di elettrificazione. Scegliere l'elettrificazione come pilastro di politica industriale, economica ed energetica significa per l'UE: (i) ridurre strutturalmente la dipendenza da combustibili fossili importati e *weaponizzabili* tanto dalla Russia quanto dai paesi del Golfo; (ii) posizionarsi su un mercato globale - veicoli elettrici, pompe di calore, batterie, motori elettrici, infrastrutture di rete - destinato, secondo l'IEA, a superare di otto volte quello delle tecnologie rinnovabili di produzione entro il 2035 [IEA, 2024; Ember, 2025]; e (iii) offrire ai cittadini europei benefici tangibili in termini di spesa, qualità dell'aria, comfort e salute. È una scelta che, per sua natura, integra obiettivi climatici, autonomia strategica e competitività industriale in un disegno coerente - risolvendo quella

distanza tra politica energetica e politica industriale che ha sinora limitato l'efficacia della risposta europea.

Le scelte che l'Unione compirà nei prossimi mesi saranno decisive per determinare se l'Europa riuscirà a cogliere questa opportunità o sarà destinata a subirla. La *Clean Energy Investment Strategy* del 2026, gli investimenti previsti via BEI, la ridefinizione della fiscalità energetica a favore dell'elettricità e l'accelerazione dei processi autorizzativi per reti e impianti costituiscono passi nella giusta direzione, ma andranno accompagnati da una mobilitazione di capitali privati di scala finora inedita. Al tempo stesso, l'elettrificazione non rappresenta un'alternativa alla strategia sui minerali critici, sui semiconduttori e sulla sovranità tecnologica, bensì l'asse attorno al quale costruire un'identità industriale europea coerente con le sfide geoeconomiche del nostro tempo. La posta in gioco è più alta che in passato e non riguarda soltanto la transizione climatica: riguarda la capacità dell'Europa di rimanere un attore autonomo – economicamente, politicamente e strategicamente – in un mondo in cui le dipendenze sono sempre più esplicitamente armi di politica economica.

11. Bibliografia

Aiyar, S. J. Chen, C. Ebeke, R Garcia-Saltos, T. Gudmundsson, A. Ilyina, A. Kangur, S. Rodriguez, M. Ruta, T. Schulze, J. Trevino, T. Kunaratskul and G. Soderberg [2023] - "Goeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism", IMF Staff Discussion Note SDN/2023/01.

Armaroli N. [2026] – "Transizione energetica ed elettrificazione: uniche alternative credibili", intervista a cura di A. Balocchi, Infobuildenergia, 19 marzo 2026. <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/transizione-energetica-ed-elettrificazione-armaroli/>.

Bataille L. [2025] – "Electrification could save Europe €250 billion annually to reinvest in the energy transition", World Economic Forum, 29 novembre 2025. <https://www.weforum.org/stories/2025/11/electrification-europe-reinvested-energy-transition/>.

Bria F., et al. [2025] – EuroStack – A European Alternative for Digital Sovereignty, Bertelsmann Stiftung / Centre for European Policy Studies, Brussels.

Bruegel [2025] – "Ending European Union imports of Russian uranium", Analysis, 14 aprile 2025, Bruegel, Bruxelles. <https://www.bruegel.org/analysis/ending-european-union-imports-russian-uranium>.

Commissione Europea [2025g] – Communication from the Commission. A Competitiveness Compass for the EU, COM(2025) 30 final, Brussels, 29 gennaio 2025.

Commissione Europea [2025h] – Action Plan for Affordable Energy: Unlocking the true value of our Energy Union to secure affordable, efficient and clean energy for all Europeans, COM(2025) 79 final, Brussels, 26 febbraio 2025.

Commissione Europea [2026d] – AccelerateEU to strengthen EU energy resilience, Commissione Europea, Bruxelles, aprile 2026.

https://energy.ec.europa.eu/strategy/accelerateeu-strengthen-eu-energy-resilience_en

Commissione Europea [2026a] – *Renewable energy targets*, Directorate-General for Energy, Commissione Europea, Bruxelles.

Commissione Europea [2026b] – *Commission launches strategy to accelerate clean energy investment*, Directorate-General for Energy, News announcement, 10 marzo 2026, Bruxelles.

Commissione Europea [2026c] – Clean Energy Investment Strategy, DG ENER, Brussels, febbraio 2026. https://energy.ec.europa.eu/publications/communication-clean-energy-investment-strategy_en.

Commissione Europea [2026d] – AccelerateEU to strengthen EU energy resilience, Commissione Europea, Bruxelles, aprile 2026.

https://energy.ec.europa.eu/strategy/accelerateeu-strengthen-eu-energy-resilience_en

Corte dei Conti Europea [2025] – Special Report 12/2025: The EU's strategy for microchips – Reasonable progress in its implementation but the Chips Act is very unlikely to be sufficient to reach the overly ambitious Digital Decade target, Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2025-12/SR-2025-12_EN.pdf

CNAS - Center for a New American Security [2025] - "Sanctions by the Numbers: 2025 Year in Review", CNAS, 2025. <https://www.cnas.org/publications/reports/sanctions-by-the-numbers-2025-year-in-review>

Council on Foreign Relations [2025] - "What Are Tariffs?", Council on Foreign Relations, New York, USA. <https://www.cfr.org/backgrounder/what-are-tariffs>.

CRU [2026] - "Fertilizer Prices", Cru Group, Aprile 2026.
<https://www.crugroup.com/en/data/prices-and-indices/fertilizer-prices/>.

DeSilver D. [2018] - "U.S. tariffs are among the lowest in the world – and in the nation's history", Pew Research Center, Short reads, 22 marzo 2018.
<https://www.pewresearch.org/short-reads/2018/03/22/u-s-tariffs-are-among-the-lowest-in-the-world-and-in-the-nations-history/>.

Ember [2025] – "The Electrification Imperative: How a switch from burning fossil fuels to using electricity can unlock the full value of the energy transition", Ember Climate, 25 giugno 2025. <https://ember-energy.org/latest-insights/the-electrification-imperative/>.

Euratom Supply Agency [2025] – Annual Report 2024, Euratom Supply Agency, Lussemburgo, 2025. <https://euratom-supply.ec.europa.eu/>.

Eurelectric-EY [2025] – Plugging into potential: Unleashing the untapped flexibility of EVs, Eurelectric & EY, marzo 2025. <https://evision.eurelectric.org/wp-content/uploads/2025/03/EY-Eurelectric-Plugging-into-potential-unleashing-the-untapped-flexibility-of-EVs.pdf>.

Eurostat [2026a] - "Energy in Europe: imports dependency", Commissione Europea, Bruxelles, Belgio. [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/wdn-20260318-1#:~:text=In%202024%2C%20the%20main%20energy,%25\)%20and%20Latvia%20\(29%25\)](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/wdn-20260318-1#:~:text=In%202024%2C%20the%20main%20energy,%25)%20and%20Latvia%20(29%25).).

Eurostat [2026b] - "Eu Imports of Energy Products - Latest Developments", European Commission, Brussels, Belgium. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_imports_of_energy_products_-

_latest_developments#Main_suppliers_of_petroleum_oils.2C_natural_gas_and_coal_to_the_EU.

FAO [2026] - "FAO Chief Economist warns of severe global food security risks from disruption to Strait of Hormuz trade corridor", 26 marzo 2026, FAO, Roma, Italia. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-chief-economist-warns-of-severe-global-food-security-risks-from-disruption-to-strait-of-hormuz-trade-corridor/en>.

Google Trends [2026] - "Tariff + Economic sanctions + Decoupling", Explore search trends, Google, 2026. <https://trends.google.com/explore?q=tariff%2C%2Fm%2F0253gd%2Cdecoupling&date=today%205-y&geo=Worldwide&gprop=web>.

IEA - International Energy Agency [2022] - "Energy Statistics Data Browser", IEA, Parigi, Francia. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>.

IEA – International Energy Agency [2024] – Energy Technology Perspectives 2024, IEA, Parigi.

IEA – International Energy Agency [2025] – World Energy Outlook 2025, IEA, Parigi.

IEA [2025b] – Energy and AI, IEA, Parigi, aprile 2025. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>

IEA - International Energy Agency [2026] - "Strait of Hormuz - Factsheet", IEA, Parigi, Francia. <https://www.iea.org/about/oil-security-and-emergency-response/strait-of-hormuz>.

IEA – International Energy Agency [2026] – Electricity 2026, IEA, Parigi, febbraio 2026. <https://www.iea.org/reports/electricity-2026>.

IMF [2026] - "Understanding Global Imbalances", IMF Policy Paper, aprile 2026, IMF, Washington DC, US.:

<https://www.imf.org/-/media/files/publications/pp/2026/english/ppea2026006.pdf>.

IMF - International Monetary Fund [2023] – "Currency Composition of Official Foreign Exchange Reserves (COFER)", IMF, Washington DC, USA:

<https://data.imf.org/?sk=e6a5f467-c14b-4aa8-9f6d-5a09ec4e62a4>.

Kang Y., Lee Y. e Oh H. [2025] - "Navigating geopolitical risks: The impact of the Senkaku/Diaoyu Islands dispute on global rare earth markets and diversification strategies", Elsevier Resources Policy, Volume 106, July 2025.

<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105631>.

Key4Biz [2026] – "L'economia elettrificata è una priorità fondamentale per l'Europa, secondo il commissario europeo all'Economia", Key4Biz, aprile 2026.

Krall L., Macfarlane A. e Ewing R. [2022] – "Nuclear waste from small modular reactors", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 119, n. 23, 2022.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2111833119>.

Lazard [2024] – *Levelized Cost of Energy Analysis, version 17.0*, Lazard, New York, 2024.

<https://www.lazard.com/research-insights/levelized-cost-of-energyplus/>.

MERICS [2025] – "MERICS Forum: How can the EU navigate China's rare earths export controls", Mercator Institute for China Studies, Berlino.

Nature Reviews Clean Technology [2026] – "Energy and physical resource impacts of quantum computing merit greater attention", Nature Reviews Clean Technology, 2026.

<https://www.nature.com/articles/s44359-026-00156-3>.

OEC – Observatory of Economic Complexity [2025] – "Trade profiles: Electric batteries, electric motors, solar panels, wind generators", consultato nel 2025. <https://oec.world>.

rareearthexchanges.com [2026] – "China's 2026 Export Controls Redraw the Global Supply Chain Map", Rare Earth Exchanges, aprile 2026. <https://rareearthexchanges.com/news/chinas-2026-export-controls-redraw-the-global-supply-chain-map/>.

Schneider Electric Sustainability Research Institute [2025] – Supercharging Electrification: Europe's Energy Security and Competitiveness, Schneider Electric, 2025. <https://www.se.com/ww/en/insights/sustainability/sustainability-research-institute/supercharging-electrification-europe-energy-security-competitiveness/>.

SolarPower Europe [2026] – EU Battery Storage Market Review 2025, SolarPower Europe, Bruxelles, gennaio 2026: <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/eu-battery-storage-market-review-2025-1/detail>.

Soprano C. [2026] - "Iran, energia, fertilizzanti. Quei rischi sistemici per l'economia mondiale", Formiche, 5 aprile 2026. <https://formiche.net/2026/04/iran-energia-fertilizzanti-quei-rischi-sistemici-per-leconomia-mondiale/#content>.

Stratfor [2019] - "The Geopolitics of Rare Earth Elements", Stratfor, 8 April 2019. <https://worldview.stratfor.com/article/geopolitics-rare-earth-elements>.

TechPolicy.Press [2025] – "China Export Controls Highlight EU's Rare Earth Dependence in AI Race", Tech Policy Press, 4 novembre 2025. <https://www.techpolicy.press/china-export-controls-highlight-eus-rare-earth-dependence-in-ai-race/>.

Trading Economics [2026] - "Urea price", Trading Economics, aprile 2026. <https://tradingeconomics.com/commodity/urea>.

U.S. Energy Information Administration (EIA), *Europe Brent Spot Price FOB (Weekly)*, elaborazione Thomson Reuters, giugno 2026.

<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RB RTE&f=W>.

USGS - United States Geological Survey [2022] - "Rare Earths Statistics and Information", National Minerals Information Center. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/rare-earths-statistics-and-information>.

World Nuclear Association [2025] – “Nuclear Power in the European Union”, Country Profiles, WNA, Londra, 2025. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/european-union>.

WEF – World Economic Forum [2025] – "Using electrification to boost European competitiveness", WEF Centre for Energy and Materials, novembre 2025.

WEF [2026b] – "Scaling quantum computing for maximum energy efficiency", World Economic Forum, gennaio 2026. <https://www.weforum.org/stories/2026/01/how-can-we-scale-quantum-computing-in-the-most-energy-efficient-way/>.

WIPO – World Intellectual Property Organization [2026] – World Intellectual Property Indicators 2026, WIPO, Ginevra.

World Economic Forum [2026] – “Global Risks Report 2026”, January 2026, World Economic Forum, Davos, Switzerland. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2026/>