



The European House
Ambrosetti



IL NUOVO NUCLEARE IN ITALIA PER I CITTADINI E LE IMPRESE

*Il ruolo per la decarbonizzazione,
la sicurezza energetica
e la competitività*

**EXECUTIVE
SUMMARY**



EDISON

ansaldo | nucleare

IL NUOVO NUCLEARE IN ITALIA PER I CITTADINI E LE IMPRESE

IL RUOLO PER LA DECARBONIZZAZIONE, LA SICUREZZA
ENERGETICA E LA COMPETITIVITÀ

Executive Summary

Settembre 2024

Rapporto Strategico realizzato da TEHA Group S.p.A. in collaborazione con Edison S.p.A. e Ansaldo Nucleare S.p.A.

© 2024 Edison S.p.A., Ansaldo Nucleare S.p.A. e TEHA Group S.p.A. Tutti i diritti riservati. Nessuna parte del rapporto può essere riprodotta senza l'autorizzazione di Edison, Ansaldo Nucleare e TEHA Group.

I contenuti del presente Rapporto sono riferibili esclusivamente al lavoro di analisi e di ricerca, rappresentano l'opinione di TEHA Group e possono non coincidere con le opinioni e i punti di vista delle persone intervistate e coinvolte nello studio.

Questo Studio Strategico è stato realizzato da TEHA Group (da qui in seguito anche “TEHA”) in collaborazione con Edison e Ansaldo Nucleare.

I lavori di ricerca sono stati indirizzati da un *Advisory Board* che ha supervisionato l’iniziativa composto da:

- **Nicola Monti** (Amministratore Delegato, Edison);
- **Daniela Gentile** (Amministratore Delegato, Ansaldo Nucleare);
- **Ferruccio Resta** (Professore, Politecnico di Milano; Presidente, Fondazione Politecnico di Milano; Presidente, Fondazione Bruno Kessler; Presidente, Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile);
- **Ferruccio de Bortoli** (Presidente, Longanesi; Editorialista, Corriere della Sera);
- **Andris Piebalgs** (*Professor, Florence School of Regulation - European University Institute; former Commissioner for Energy, European Commission*);
- **Valerio De Molli** (*Managing Partner & CEO, The European House – Ambrosetti e TEHA Group*).

Si ringraziano per i contributi e i suggerimenti offerti, attraverso la partecipazione a Tavoli di Lavoro e interviste *one-to-one*:

- **Stefano Agostini** (*Energy Director, Acciaierie Venete*);
- **Simone Baroni** (Fondatore, Pepite di Scienza);
- **Roberta Battaglia** (Sindaco di Caorso)
- **Pierpaolo Bianchino** (*Business Development Manager, Simic*)
- **Emanuele Bompan** (*Editor in Chief, Materia Rinnovabile*)
- **Sergio Bondavilli** (Amministratore Delegato, Ceramiche Piemme)
- **Chiara Braga** (Membro, VIII Commissione Ambiente, territori e lavori pubblici, Camera dei Deputati)
- **Gianluca Brambilla** (Giornalista, Open)
- **Ralf Bugelli** (*Senior Project Manager, Fincantieri SI*)
- **Francesco Buzzella** (Presidente, Federchimica)
- **Francesco Cancellato** (Direttore, Fanpage)
- **Andrea Canetti** (Responsabile Area Economia, Confindustria Ceramica)
- **Antonio Caporale** (*Energy Manager, Cartiere Carrara*)
- **Raffaele Cattaneo** (Sottosegretario alle Relazioni Internazionali ed Europee, Regione Lombardia)
- **Caterina Cobino** (*Head of Special Projects and Partnerships, Fincantieri*)

- **Stefano Conti** (*Director of Engineering, Parcol*)
- **Federico Curioni** (*Consigliere Delegato, Atlas Concorde - Gruppo Florim Ceramiche*)
- **Umberto D'Angelillo** (*Direzione Generale, Valvitalia Group*)
- **Stefano Danieli** (*Managing Director, Softec*)
- **Gilberto Dialuce** (*Presidente, ENEA*)
- **Antonio Dimatteo** (*Direttore Generale, Fucina Italia*)
- **Federico Ferrazza** (*Direttore, Wired Italia*)
- **Lorenzo Franco** (*Project Manager, Demont*)
- **Luca Gambacciani** (*Energy Manager Italia, Polynt Group*)
- **Marianna Ginola** (*Head of Nuclear Department, Simic*)
- **Claudio Giromini** (*Direttore Business Unit Energia, Italiana Coke*)
- **Federico Giustarini** (*Technical Manager, Softec*)
- **Stefano Gori** (*Group Technology Director, Polynt Group*)
- **Antonio Gozzi** (*Presidente, Federacciai*)
- **Paolo Guglia** (*Innovation and Policy Manager, Fincantieri*)
- **Nicola Ippolito** (*Higher Scientific Officer, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - Segreteria tecnica divisione nucleare*)
- **Riccardo Luna** (*Editor In Chief Italian Tech (IT) and Green & Blue, GEDI Gruppo Editoriale*)
- **Marco Lucchesi** (*Sales Director, Fomas Group*)
- **Giacomo Luciani** (*Scientific Director, Paris School of International Affairs, Sciences-Po Paris*)
- **Cristiano Martino** (*Managing Director, Geatop*)
- **Agostino Mathis** (*Esperto, Ministero dell'Istruzione*)
- **Paolo Mattiauda** (*Senior Project Manager, Demont*)
- **Massimo Medugno** (*Direttore, Assocarta*)
- **Gianni Miani** (*Director of Aftersales, Parcol*)
- **Claudio Mingozi** (*Global R&D Business Finance Manager & Facilities & General Services Italy, LyondellBasell*)
- **Stefano Monti** (*Presidente, Associazione Italiana Nucleare*)
- **Massimo Morichi** (*Executive Vice President, CAEN*)
- **Francesco Morodei** (*Civil and Structural Engineer - R&D and Innovation Manager, DG Impianti Industriali*)

- **Michele Noera** (*Energy Manager, Gruppo Lucart*)
- **William Palozzo** (*Managing Director, DG Impianti Industriali*)
- **Daniele Pane** (*Sindaco di Trino*)
- **Livia Persico** (*Energy & Decarbonization Engineer, Cogne Acciai Speciali*)
- **Lorenzo Poli** (*Presidente, Assocarta*)
- **Andrea Romeo** (*Energy Specialist, Cogne Acciai Speciali*)
- **Rosanna Santorelli** (*Managing Director and President, Flint Group Italia*)
- **Fabio Scoccimarro** (*Assessore all'ambiente ed energia, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia*)
- **Alessandro Tarantini** (*Engineering Director, ACS Dobfar*)
- **Paolo Vestrucci** (*Amministratore Delegato, NIER Ingegneria*)
- **Maurizio Zanforlin** (*R&D Manager, ORI Martin*)
- **Egidio Zanin** (*Senior Business Manager, RINA*)

Si ringraziano per i contributi e i suggerimenti offerti per la realizzazione dello Studio per conto di Edison:

- **Lorenzo Mottura** (*Executive Vice President Strategy, Corporate Development and Innovation*);
- **Cristina Parenti** (*Executive Vice President External Relations and Communication*);
- **Marco Peruzzi** (*Executive Vice President Institutional Affairs, Regulation and Climate Change*);
- **Valeria Olivieri** (*Head of Strategy & Corporate Development*);
- **Giada Caprioli** (*Strategy & Corporate Development*);
- **Federica Carnicelli** (*Strategy & Corporate Development*);
- **Alessandro Pucci** (*Strategy & Corporate Development*).

Si ringraziano per i contributi e i suggerimenti offerti per la realizzazione dello Studio per conto di Ansaldo Nucleare:

- **Roberto Adinolfi** (*Presidente*);
- **Giovanbattista Patalano** (*Director Sales and Business Development*);
- **Michele Frignani** (*Head of Nuclear Technologies and Product Development*).

Il gruppo di lavoro di TEHA è formato da:

- **Lorenzo Tavazzi** (*Senior Partner e Responsabile Area Scenari e Intelligence*);
- **Francesco Galletti** (*Senior Consultant Area Scenari e Intelligence, Project Coordinator*);

- **Filippo Barzaghi** (*Consultant Area Scenari e Intelligence*);
- **Federica Riccio** (*Analyst Area Scenari e Intelligence*);
- **Alessandro Sarvadon** (*Analyst Area Scenari e Intelligence*);
- **Mattia Selva** (*Analyst Area Scenari e Intelligence*);
- **Iacopo Del Panta Ridolfi** (*Analyst Area Scenari e Intelligence*);
- **Silvia Lovati** (*Associate Partner e Responsabile TEHA Club e Relazioni con i media*);
- **Fabiola Gnocchi** (*Responsabile comunicazione*);
- **Ines Lundra** (*Assistant*).

I contenuti del presente rapporto sono riferibili esclusivamente al lavoro di analisi e di ricerca, e rappresentano l'opinione di TEHA e possono non coincidere con le opinioni e i punti di vista delle persone coinvolte.

PREFAZIONI

Nicola Monti

Amministratore Delegato, Edison

Il contesto globale degli ultimi anni, con una ripresa post-pandemica scaglionata e sfaccettata, l'alta volatilità dei prezzi dell'energia resa ancor più acuita dal conflitto russo-ucraino, nonché la crisi climatica, ha determinato non solo un ritrovato interesse per il nucleare da parte dei Paesi che avevano abbandonato questo tipo di energia o erano in procinto di farlo, ma anche un rafforzamento degli impegni in questa tecnologia di quei Paesi che hanno già il nucleare nel proprio mix produttivo.

Anche in Italia, dove il nucleare rappresenta da sempre un tema complesso, questa energia sta conoscendo un momento di rinnovato interesse, grazie alle opportunità offerte dalle nuove tecnologie, in particolare impianti modulari di dimensioni contenute che presentano una sicurezza rafforzata e migliori prospettive economiche (il "nuovo nucleare"). Gli impianti basati su Gen3+ (Small Modular Reactor - SMR) saranno commercialmente disponibili dal 2030, mentre quelli di Gen4 (Advanced Modular Reactor - AMR) saranno sul mercato entro il 2040.

Il nuovo nucleare è complementare alle energie rinnovabili e insieme ad esse contribuisce a decarbonizzare il sistema in modo efficace ed efficiente. L'energia prodotta dal nuovo nucleare ha il vantaggio di essere programmabile e modulabile, garantendo una fornitura stabile a costi fissi per il sistema che complementa l'intermittenza delle fonti rinnovabili. Peraltro, il costo del nucleare è competitivo se paragonato con quello di una rinnovabile resa programmabile tramite un sistema di accumulo. Inoltre, diversamente dalle energie rinnovabili, che sono localizzate prevalentemente al sud laddove sussistono le condizioni ambientali adatte (i.e. presenza di sole, vento e acqua), il nucleare può essere collocato in prossimità dei maggiori centri di consumo localizzati prevalentemente al nord, permettendo così di ridurre gli investimenti che sarebbero necessari al rafforzamento della rete elettrica per portare l'energia prodotta dalle rinnovabili dal sud al nord del paese. Infine, oltre a decarbonizzare il mix elettrico, i piccoli reattori nucleari possono contribuire alla decarbonizzazione del calore e dell'idrogeno utilizzati nelle industrie, consentendo in questo modo la transizione energetica delle industrie energivore ad un costo competitivo e favorendo l'export di prodotti finali carbon-neutral made in Italy.

La rinnovata inclusione del nucleare nel dibattito pubblico, che ha messo in luce le importanti evoluzioni tecnologiche degli ultimi decenni (segnatamente SMR, AMR e fusione nucleare), ha permesso all'Italia di acquisire una nuova consapevolezza riguardo agli obiettivi di decarbonizzazione e una maggiore apertura nei confronti del ruolo che il nucleare potrebbe svolgere per garantire una transizione tempestiva e sicura.

Il nuovo nucleare abilita molteplici benefici sistemici e differenziali rispetto ai grandi impianti di generazione di tipo tradizionale. Innanzitutto, presenta minori tempi di costruzione grazie al design modulare, che consente di realizzare in serie e pre-assemblare i diversi moduli in fabbrica. In aggiunta, migliora la finanziabilità dei progetti: la riduzione della taglia delle centrali e dei relativi tempi di costruzione si traduce in minori esigenze di capitale e più bassi costi finanziari oltre a limitare le possibilità di ritardi, assicurando maggiore certezza nei tempi di realizzazione dei progetti. Infine, il nuovo nucleare consente una maggiore flessibilità nella scelta della localizzazione date le dimensioni ridotte (paragonabili a quelle di una centrale

termoelettrica), l'uso limitato di suolo e il minor consumo idrico. Grazie a queste caratteristiche, il nuovo nucleare può sostituire parte delle centrali a gas e carbone che sono essenziali per garantire il carico di base della rete elettrica, riutilizzando parte delle infrastrutture esistenti e che giungeranno a fine vita utile tra il 2030 e il 2035.

L'adozione del nuovo nucleare può portare un beneficio per il sistema paese anche sotto l'aspetto macroeconomico. Gli investimenti per la realizzazione del nuovo nucleare in Italia possono attivare in modo diretto, indiretto e indotto molteplici filiere produttive che compongono il tessuto economico nazionale, generando, posti di lavoro e ricadute positive sul territorio. La modularità dei piccoli reattori nucleari permette la produzione e l'assemblaggio delle componenti in fabbrica, abilitando lo sviluppo della supply chain italiana. Il nostro Paese vanta già una filiera nucleare che nel tempo ha dimostrato eccellenza e resilienza: abbiamo oltre 70 imprese specializzate nel nucleare, di cui più della metà di dimensioni medio grandi. Queste aziende forniscono componenti fondamentali e di alta rilevanza tecnologica in tutta Europa, contribuendo agli attuali progetti di nuova costruzione in UK, Francia e Romania, e all'ammodernamento delle centrali esistenti in Francia e in Slovenia. La forte rilevanza della filiera nucleare per l'Italia è stata dimostrata anche dall'ampia partecipazione delle aziende italiane alla SMR EU Industrial Alliance, con l'Italia al secondo posto in termini di numero di aziende aderenti dopo la Francia.

Il nuovo nucleare limita inoltre la dipendenza dell'Europa dai mercati esteri da molteplici punti di vista. A parità di energia prodotta, presenta un fabbisogno di materie prime critiche più contenuto rispetto alle rinnovabili. Dispone di fonti diversificate e non a rischio geopolitico per l'approvvigionamento di combustibile (uranio), come ad esempio Australia e Canada che sono tra i principali esportatori. Ed infine, può essere sviluppato facendo leva sulle consolidate competenze tecniche ed industriali europee.

Per avere un ruolo da protagonista nel settore del nuovo nucleare in Europa e beneficiarne, in termini sia di contributo alla decarbonizzazione, sia di sviluppo della supply chain italiana, è tuttavia necessario sin da ora mettere in atto una strategia nucleare nazionale. L'Italia non parte da zero, poiché vanta già una supply chain competitiva a livello internazionale e centri di competenza di eccellenza. Tuttavia, è necessario rafforzare questi aspetti, attraverso la definizione di un piano industriale con una visione a medio e lungo termine che integri e sostenga l'intera filiera industriale nucleare italiana, delineando in parallelo piani di formazione specialistici su tutti i livelli di istruzione con una visione estesa a tutte le figure professionali necessarie a un programma nucleare. Occorre parimenti strutturare gli elementi a oggi mancanti, quali la gestione del ciclo del combustibile e delle scorie, la definizione di un quadro normativo e regolatorio e di uno schema incentivante a supporto dello sviluppo del nuovo nucleare in Italia.

In sintesi, il nuovo nucleare non è soltanto una risorsa preziosa per raggiungere gli obiettivi di transizione energetica al 2050, ma costituisce una vera e propria occasione di rilancio industriale per l'Italia. Pertanto, questo Studio traccia la prospettiva per reintrodurre il nucleare in Italia facendo emergere le opportunità che apre per il sistema paese e le scelte che già oggi dobbiamo prendere per garantirne uno sviluppo concreto entro il 2030 in un percorso di responsabilità e consapevolezza da parte di imprese, comunità e istituzioni.

Una transizione energetica sostenibile che conduca al net zero entro il 2050 è un obiettivo non più in discussione ed ogni nazione è impegnata a rivedere le proprie strategie energetiche per ridurre le emissioni di anidride carbonica e garantire un futuro sostenibile.

La recente adesione di 22 paesi alla Declaration to Triple Nuclear Energy nell'ambito di COP28, impegna queste nazioni a triplicare la capacità nucleare globale entro il 2050, dimostrando un ampio consenso internazionale sull'importanza del nucleare nel mix energetico globale. Questa dichiarazione sottolinea la determinazione collettiva a intraprendere azioni concrete e innovative per affrontare la crisi climatica.

In questo contesto, anche l'Europa ha intrapreso un percorso di riavvicinamento al nucleare, evidenziato dalla Tassonomia UE per le attività sostenibili che riconosce l'energia nucleare come una fonte a basse emissioni di carbonio, favorendo investimenti e sviluppo nel settore. A supporto di questo orientamento, l'iniziativa European Industrial Alliance on SMR recentemente avviata, promuove le iniziative di sviluppo dei Reattori Modulari Compatti (SMR), una tecnologia promettente per il futuro energetico europeo.

In questo mutato scenario internazionale ed europeo, anche per l'Italia si riapre una nuova riflessione sul ruolo benefico che le nuove tecnologie nucleari disponibili o in via di sviluppo possono giocare nel mix energetico italiano, integrando le energie rinnovabili e assicurando la continuità e la sicurezza della fornitura elettrica.

Il gruppo Ansaldo, fedele alla centralità delle tecnologie nella sua visione industriale, non ha mai smesso, anche dopo l'abbandono del nucleare nel nostro Paese, di operare nel settore nucleare mantenendo competenze e capacità realizzative (si pensi alla realizzazione delle due unità nucleari da 700 MWe in Romania, nonché al contributo dato all'ammodernamento di centrali in Argentina, in Slovenia), e sviluppando nuove tecnologie per reattori di terza e quarta generazione, nonché per la fusione.

La ripresa di interesse per il nucleare a livello internazionale conforta questa scelta, consentendo al nostro Gruppo di presentarsi ben preparato al nuovo appuntamento con i mercati europei.

Siamo peraltro ben consapevoli che non basta una risposta tecnologicamente avanzata, né un più favorevole contesto internazionale per assicurare una ripresa convinta e duratura del nucleare nel nostro Paese. È necessario che questa rifletta effettive necessità della nostra società e sia supportata da una trasparente azione di informazione a tutti i livelli, per creare un ampio consenso dal basso sul quale fare affidamento per sviluppare un affidabile programma nazionale.

Non mancano segnali positivi in questa direzione.

La partecipazione attiva delle aziende italiane, università, dei centri di ricerca ed istituzioni alla European Industrial Alliance on Small Modular Reactors, dimostra fiducia nelle proprie capacità industriali e vede in questa iniziativa un'opportunità di sviluppo tecnologico in un settore in rapida evoluzione.

Il nuovo modello energetico proposto dagli Small Modular Reactors può rivelarsi particolarmente adatto allo scenario italiano rispondendo alla richiesta di comparti industriali energivori, rendendo loro disponibile un contributo energetico elettrico e termico

a basso contenuto carbonico così da abilitare il completamento del percorso di decarbonizzazione e supportare la competitività nel mercato internazionale.

Ci sembra maturo il tempo per una riflessione sul ruolo che l'industria italiana può e deve giocare nel non più rinviabile processo di transizione energetica, non subendone passivamente le conseguenze ma impegnandosi per rendere questa sfida una vera opportunità: ed il ritorno del nucleare in Italia offre vantaggi significativi in questa direzione come la crescita delle competenze e il rafforzamento della supply chain nazionale.

Con grande resilienza numerose aziende italiane, non solo il nostro gruppo, hanno mantenuto e sviluppato capacità nel settore della componentistica e dell'impiantistica energetica, contribuendo alla realizzazione di impianti nucleari all'estero ed hanno ora l'opportunità di divenire protagoniste nello sviluppo del nuovo nucleare nel più ampio mercato europeo ed internazionale, creando posti di lavoro e competenze tecnologiche e manifatturiere e stimolando la crescita economica del nostro Paese.

La collaborazione tra industria, istituzioni e ricerca scientifica può supportare lo sviluppo di un hub di innovazione nucleare, massimizzando la competitività della filiera italiana affinché possa esportare soluzioni e prodotti all'avanguardia a livello globale.

La costruzione e la gestione di nuovi impianti nucleari richiedono personale altamente qualificato ed anche in questo senso, l'industria italiana in sinergia con università e centri di ricerca può avere un ruolo chiave nella formazione delle future generazioni di ingegneri e tecnici nucleari, sostenendo la creazione di posti di lavoro qualificati.

Questi spunti ci inducono a pensare che con il necessario supporto istituzionale, con investimenti mirati allo scale-up delle capacità produttive industriali e una forte collaborazione internazionale, l'energia nucleare può tornare a svolgere un ruolo fondamentale sia nel mix energetico italiano, sia nel rilancio e nel rafforzamento del tessuto industriale nazionale, creando così un percorso virtuoso di crescita.

È però essenziale verificare che tali nostre considerazioni siano comprese ed ampiamente condivise dalla società civile, in tutte le componenti che possano rappresentare istanze ed aspettative della nostra società.

Riteniamo quindi importante stimolare una riflessione oggettiva sulle potenzialità e i benefici del nuovo nucleare per l'Italia, analizzando come questa fonte energetica, anche in virtù delle evoluzioni tecnologiche e industriali in atto, possa contribuire alla sostenibilità ambientale, alla sicurezza energetica e allo sviluppo economico del paese.

“Nuclear technologies can play an important role in the clean energy transition.”

Ursula von der Leyen

L'Europa e l'Italia si trovano oggi in un momento decisivo per il futuro energetico, in cui le decisioni sulle politiche da implementare per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione al 2050 determineranno non solo la rapidità con cui questi obiettivi verranno raggiunti, ma anche la competitività della nostra economia e la sicurezza strategica del Paese.

In questa congiuntura storica, lo sviluppo tecnologico del nuovo nucleare – categoria che comprende gli *Small Modular Reactor* (SMR) e gli *Advanced Modular Reactor* (AMR) – sta aprendo nuove importanti possibilità in termini di efficienza, flessibilità e sostenibilità grazie ad una importante discontinuità tecnologica rispetto al nucleare tradizionale. Lo sviluppo del nuovo nucleare porta con sé molteplici caratteristiche peculiari rispetto alla tecnologia tradizionale, che si rivelano particolarmente funzionali per il raggiungimento dei *target* di decarbonizzazione al 2050 in una logica di integrazione ottimale con lo sviluppo delle rinnovabili.

Il nuovo nucleare rappresenta, infatti, la tecnologia di generazione elettrica a minore intensità carbonica ed è in grado di garantire una fornitura stabile. Queste caratteristiche ben si integrano con le rinnovabili, che al contrario, possono soddisfare i picchi di domanda, soprattutto nelle ore centrali della giornata – in cui pannelli solari ricevono l'irraggiamento più forte e sono in grado di generare più energia – o nelle ore a maggiore ventosità.

Entrando più nel dettaglio, lo Studio "Il nuovo nucleare in Italia per i cittadini e le imprese" approfondisce il potenziale del nuovo nucleare per il sistema-Paese, con una particolare attenzione all'importante contributo che questa tecnologia può esprimere in termini di decarbonizzazione, sicurezza strategica e competitività. Lo Studio mira, inoltre, a fornire una valutazione dettagliata, qualitativa e quantitativa, dei benefici potenzialmente attivabili dal nuovo nucleare. Questi benefici vengono analizzati considerando l'impatto complessivo sul sistema-Paese, ma anche gli effetti positivi su industria, cittadini e territori locali.

Tra le evidenze più significative emerse dallo studio vi sono le ricadute economiche che il nuovo nucleare può avere sul sistema-Paese. Secondo le analisi di TEHA, infatti, il nuovo nucleare potrebbe generare un mercato potenziale per le imprese della filiera italiana che raggiunge i 46 miliardi di Euro, con un Valore Aggiunto attivabile di 14,8 miliardi di Euro entro il 2050. Tenendo conto anche dei benefici indiretti e indotti, investire nel nuovo nucleare potrebbe abilitare un impatto economico complessivo per il Paese superiore a 50 miliardi di Euro (circa 2,5% del PIL italiano del 2023) e attivare fino a 117.000 nuovi posti di lavoro entro il 2050.

Un'ulteriore riflessione sviluppata nello Studio riguarda la necessità di cogliere il momento per stabilire una *leadership* europea del nuovo nucleare con un forte apporto della filiera industriale italiana. L'avvio della *European Industrial Alliance* sugli SMR lo scorso 29 maggio, l'intervento della Presidente della Commissione Europea Ursula von der Leyen al Nuclear Energy Summit a marzo e l'inserimento di scenari di sviluppo del nucleare all'interno del PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima del governo italiano) sono tutti segnali di un rinnovato interesse europeo e nazionale in questa tecnologia. In un contesto di forte competizione internazionale, con oltre 80 progetti di nuovo nucleare in fase di sviluppo

nel Mondo, è necessario cogliere il momento favorevole per accelerare gli investimenti e consolidare catene del valore italiane e europee che possano competere a livello globale.

Al fine di avviare un percorso che massimizzi il potenziale del nuovo nucleare in Italia, lo Studio ha identificato una *roadmap* per favorire l'implementazione di un programma nucleare in Italia, individuando le leve di sviluppo per accelerare il processo di implementazione del nuovo nucleare in Italia - *supply chain* e competenze, modalità di finanziamento, *licensing* e *permitting*, ovvero i processi di ottenimento delle autorizzazioni per la costruzione e la gestione degli impianti - e i fattori abilitanti che sono necessari e decisivi affinché il nuovo nucleare possa essere sviluppato in Italia - *framework* regolatorio, gestione dei rifiuti nucleari e accettabilità sociale.

Prima di invitarvi alla lettura del presente rapporto, desidero ringraziare per il prezioso contributo l'*Advisory Board* che ha supervisionato lo sviluppo dello Studio nelle persone di Nicola Monti (Amministratore Delegato, Edison), Daniela Gentile (Amministratore Delegato, Ansaldo Nucleare), Ferruccio De Bortoli (Presidente, Longanesi; Editorialista, Corriere della Sera), Andris Piebalgs (Professore, Florence School of Regulation - European University Institute; già Commissario all'Energia, Commissione Europea) e Ferruccio Resta (Presidente del Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile MOST; Presidente, Fondazione Politecnico di Milano).

Un sentito ringraziamento, infine, anche a tutto il *team* di TEHA formato, oltre che dal sottoscritto, da Lorenzo Tavazzi, Francesco Galletti, Filippo Barzaghi, Federica Riccio, Alessandro Sarvadon, Mattia Selva, Iacopo Del Panta e Ines Lundra.

Quanta energia si consuma annualmente in Italia? Come viene prodotta e quali sarebbero le conseguenze di una maggiore autonomia energetica?

Alla luce delle crescenti preoccupazioni ambientali e della sicurezza degli approvvigionamenti, questi interrogativi hanno spinto alla realizzazione del presente Studio, focalizzato sull'analisi del ruolo del nuovo nucleare nel panorama energetico italiano e delle sue possibili implicazioni per l'intero sistema economico italiano.

Secondo i dati più recenti del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, nel 2022 l'Italia ha consumato circa 109.307 tonnellate equivalenti di petrolio. Questo fabbisogno, concentrato principalmente nei settori dei trasporti, del residenziale, dell'industria e dei servizi, è soddisfatto prevalentemente da combustibili fossili come petrolio, gas naturale, carbone e, solo in minor parte, dall'elettricità. Sebbene le rinnovabili abbiano registrato una crescita significativa negli ultimi anni, coprendo una quota sempre maggiore del mix energetico nazionale, l'Italia rimane fortemente dipendente dalle importazioni, esponendo l'economia alle fluttuazioni dei prezzi sui mercati globali. Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da rapidi aumenti dei costi di gas ed elettricità, legati a una fragilità del sistema geopolitico e climatico globale; una situazione che ha impattato e messo a dura prova famiglie e imprese, sottolineando l'urgenza di diversificare le fonti energetiche e di promuovere l'efficienza energetica.

Ne consegue che sarebbero sufficienti anche solo questi elementi per comprendere le molteplici sfide cui siamo chiamati a rispondere: la dipendenza dai fossili, responsabili del cambiamento climatico e dell'inquinamento atmosferico, i fenomeni geopolitici, la vulnerabilità e la crescente domanda di energia elettrica, alimentata soprattutto dall'avvento di tecnologie disruptive come Intelligenza Artificiale, High Performance Computing, Cloud e Data Center. Di fronte a uno scenario così complesso, l'Europa sta ripensando al proprio modello energetico, alla ricerca di soluzioni sicure, affidabili e con una ridotta impronta carbonica, e l'Italia non può permettersi di rimanere esclusa.

In questo contesto, emerge come potenziale elemento di svolta una fonte di energia che, in realtà, conosciamo da quasi un secolo: il nucleare. Rispetto ai reattori della generazione precedente, il "nuovo nucleare" presenta un cambiamento tecnologico discontinuo, è infatti caratterizzato da una maggiore sicurezza e da un minore impatto ambientale grazie alle dimensioni ridotte e al design modulare semplificato, garantendo una produzione energetica stabile e sostenibile, in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione.

Lo Studio si propone di fornire una valutazione pragmatica e scientifica, fornendo elementi oggettivi per un dibattito informato sulla funzione del nucleare di nuova generazione nella transizione energetica italiana. Un'analisi rigorosa degli aspetti tecnici, economici, ambientali e politici, volta a definire il potenziale di questa tecnologia per la resilienza e l'indipendenza energetica del Paese, superando i preconcetti ideologici, spesso polarizzanti, che da sempre caratterizzano il confronto sull'argomento.

Tuttavia, è importante sottolineare che il "nuovo nucleare" non rappresenta una soluzione univoca o definitiva, bensì costituisce un tassello importante da valutare all'interno di una più ampia e diversificata strategia, in sinergia con altre fonti di energia pulita. Infatti, la transizione energetica è un processo complesso che richiede di bilanciare diversi fattori, tra

cui l'autonomia energetica, la sostenibilità ambientale, l'affidabilità del sistema e l'equità sociale. L'obiettivo dello Studio è dunque quello di promuovere un dialogo aperto e inclusivo sul tema, coinvolgendo tutti gli attori interessati: cittadini, imprese, istituzioni scientifiche, associazioni ambientaliste e decisori politici.

Per questo, desidero ringraziare Ansaldo, Edison e TEHA per il loro prezioso contributo, che ha permesso di realizzare questo lavoro e avviare così una riflessione costruttiva sul “nuovo nucleare” in Italia.

Nella seconda metà del secolo scorso, l'Italia era nel nucleare civile una potenza industriale grazie anche all'onda lunga della sua ricerca scientifica, dai "ragazzi di via Panisperna" in poi, e agli investimenti di imprese pubbliche e private. Nel 1964 quando esplose lo scandalo che coinvolse, ingiustamente, Felice Ippolito, allora presidente del Cnen (il Comitato nazionale per l'energia nucleare), poi graziato dal Presidente della Repubblica, Giuseppe Saragat, l'Italia poteva competere per produzione lorda e potenza installata con inglesi e americani. Ancor prima che ben due consultazioni referendarie (nel 1987 dopo il disastro di Chernobyl e nel 2011 dopo Fukushima) ne segnassero il tramonto, il nucleare italiano fu vittima dello scontro di potere tra interessi diversi, a cominciare da quelli delle lobby petrolifere. Negli anni della Guerra Fredda la ricerca dell'indipendenza energetica del nostro Paese (e il caso Mattei è lì a dimostrarlo) venne vista come una minaccia. All'estero e in Italia. Una questione che divise, anche all'interno delle maggioranze, i principali partiti di governo della Prima Repubblica. Comunque la si pensi, fu una grande occasione industriale e di crescita perduta. Un danno enorme.

Qualunque opinione oggi si abbia sull'energia nucleare, non si può ritenere una scelta positiva restare fuori dal nucleare alla vigilia di un salto di paradigma tecnologico reso possibile dall'avanzamento della ricerca. E per fortuna il nostro Paese ha ancora, nonostante tutto, preziosi presidi industriali, ottimi istituti di ricerca, università di livello, imprenditori visionari e coraggiosi. Vogliamo perdere un nuovo importante appuntamento proprio oggi che il nucleare di nuova generazione, più sicuro, con meno scorie - e in attesa di quello da fusione - appare indispensabile per realizzare la transizione energetica? Con le rinnovabili da sole, nonostante tutti gli sforzi, non ce la facciamo, soprattutto per un Paese che ha pochi spazi per il fotovoltaico e acque più profonde per l'eolico in mare.

L'ultima versione del Pniec (il Piano nazionale integrato per l'energia e il clima) conferma la scelta strategica di spingere il più possibile sull'elettrificazione da fonti rinnovabili, ma stima due scenari al 2050 per l'impiego del nucleare con un contributo che oscilla in una forchetta tra l'11 e il 22 per cento. Il nucleare, dunque, è il complemento delle rinnovabili, non la sua alternativa. Secondo Fraunhofer, nel primo semestre del 2024, la Francia per soddisfare il proprio fabbisogno elettrico e tenendo conto che ne esporta e noi siamo tra gli acquirenti a dispetto di ogni referendum - ha emesso 30,6 grammi di CO₂ per ogni kWh generato. La Germania - che ha il triplo di rinnovabili rispetto ai francesi e importa elettricità anche dalla Francia - ha emesso nell'atmosfera 367 grammi di CO₂ per kWh. Ovvero 12 volte più della Francia. E l'Italia, nello stesso periodo, ha emesso il 20 per cento in meno della Germania, ma sempre 10 volte più della Francia.

Un rapporto commissionato da Parlamento e Consiglio europeo ha concluso che "non vi è alcuna prova scientifica che il nucleare di terza generazione faccia più danni alla salute umana o all'ambiente rispetto ad altre tecnologie della tassonomia verde europea". Tra queste, le rinnovabili hanno la caratteristica di essere sparse, oltre che intermittenti; il nucleare è per sua natura concentrato e continuo. Si è calcolato che una centrale nucleare multireattore, per complessivi 5 GW, occupi 200 ettari, senza bisogno di sistemi di accumulo. Per ottenere la stessa energia sono necessari 40 mila ettari ricoperti di pannelli fotovoltaici. Davanti all'emergenza climatica, è necessario liberarsi dei pregiudizi e delle paure ingiustificate. Nessuna scelta ideologica, solo la valutazione dei costi, dei rischi - che fanno parte dell'attività umana - e dei benefici futuri. Molti dei quali, questi ultimi, riguardano le generazioni future che dovranno avere un ambiente più pulito senza sacrificare troppo il proprio benessere.

Dal 20 dicembre 1951, quando l'Argonne National Laboratory negli Stati Uniti produsse per la prima volta elettricità dall'energia nucleare - sufficiente ad accendere quattro lampadine - l'energia nucleare è stata al servizio dell'umanità. Solo tre anni dopo, la prima centrale nucleare fu collegata alla rete elettrica. Oggi, l'energia nucleare rappresenta circa il 10% della produzione mondiale di elettricità, percentuale che raggiunge quasi il 20% nelle economie avanzate. Storicamente, è stata uno dei maggiori contributori alla produzione di elettricità a zero emissioni di carbonio a livello globale e presenta un potenziale significativo per accelerare ulteriormente la decarbonizzazione del settore energetico. Con circa 413 gigawatt (GW) di capacità operativa in 32 paesi, l'energia nucleare attualmente contribuisce ad evitare 1,5 gigatonnellate (Gt) di emissioni globali all'anno. L'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) sottolinea che l'energia nucleare, con la sua flessibilità e potenziale di crescita, può svolgere un ruolo cruciale nel garantire una generazione elettrica sicura, diversificata e a basse emissioni. A tal fine, l'IEA raccomanda di definire solidi framework normativi per lo sviluppo dell'energia nucleare al fine di ridurre i rischi d'investimento e accelerare lo sviluppo degli Small Modular Reactor (SMR).

La politica nucleare è stata parte integrante dell'Unione Europea sin dalla sua nascita, e l'energia nucleare rimane una componente vitale del mix energetico dell'UE. L'UE dipende dall'energia nucleare per circa un quarto della sua elettricità e una quota ancora maggiore per la produzione di energia baseload, con il nucleare che fornisce circa la metà dell'elettricità a basse emissioni di carbonio dell'UE. Ancora oggi, il Trattato sulla Comunità Europea dell'Energia Atomica (Trattato Euratom) del 1957, uno dei tre trattati fondativi dell'UE, è rimasto in gran parte invariato, con tutti gli attuali Stati membri dell'UE che ne sono firmatari. Nonostante l'esistenza di regole e standard comuni che regolano l'energia nucleare, ciascuno Stato membro decide autonomamente se includere o meno l'energia nucleare nel proprio mix energetico.

Gli Stati membri dell'UE hanno infatti prospettive diverse sull'energia nucleare. Attualmente, 12 Stati membri ospitano centrali nucleari. Mentre la Germania ha recentemente deciso di eliminare completamente la produzione di energia nucleare, diversi altri Stati membri pianificano di costruire nuovi reattori. La Francia ha annunciato l'obiettivo di costruire 14 nuovi reattori entro il 2050. Bulgaria e Romania hanno piani avanzati per due impianti, mentre Finlandia, Bulgaria e Repubblica Ceca pianificano di costruirne uno ciascuno. La Polonia, nel frattempo, ha piani ambiziosi per avviare la produzione di energia nucleare, con l'intenzione di costruire sei grandi reattori ad acqua pressurizzata entro il 2040, con l'inizio della costruzione della prima centrale previsto per il 2026 e la conclusione entro il 2033. Sebbene la capacità di generazione di energia sia principalmente gestita a livello nazionale, una quantità significativa dell'export di elettricità avviene oltre i confini nazionali all'interno dell'UE, rendendo le politiche energetiche di ciascun paese rilevanti per i suoi vicini.

Il dibattito sull'energia nucleare all'interno dell'UE ruota attorno sia alle opportunità che alle sfide che comporta. Gli SMR sono sempre più visti come potenziali soluzioni ai problemi di approvvigionamento energetico e potrebbero diventare commercialmente disponibili entro i primi anni del prossimo decennio. Questi reattori possono essere impiegati per diversi scopi, tra cui il teleriscaldamento, la desalinizzazione dell'acqua, i processi industriali energivori e la produzione di idrogeno.

Oggi il dibattito sul ruolo dell'energia nucleare nel percorso dell'UE verso la decarbonizzazione sta diventando meno polarizzato. La Commissione Europea si è impegnata a favore della neutralità tecnologica, riconoscendo, durante le negoziazioni per la revisione della Direttiva sulle Energie Rinnovabili (RED), che altre fonti di energia prive di carbonio, oltre alle rinnovabili, possono contribuire a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Negli ultimi anni, il sostegno pubblico all'energia nucleare è gradualmente aumentato, sebbene le opinioni rimangano divise tra gli Stati membri. I dibattiti si sono intensificati dopo l'invasione dell'Ucraina da parte della Russia, portando alla formazione di un'"alleanza nucleare" tra gli Stati membri che considerano l'energia nucleare uno strumento per garantire la sovranità energetica, raggiungere la decarbonizzazione e stimolare la crescita economica. Questa alleanza è diventata una presenza costante nelle discussioni energetiche dell'UE, con una dichiarazione firmata che delinea un quadro per migliorare la cooperazione sull'energia nucleare in cinque aree chiave: posizionamento dell'energia nucleare nella strategia energetica europea, sicurezza e gestione dei rifiuti nucleari, industrializzazione e sovranità, competenze e innovazione.

Nel marzo 2023, la Commissione Europea ha proposto il Net-Zero Industry Act (NZIA) per potenziare la produzione di tecnologie green all'interno dell'UE nel quadro della transizione energetica. Il NZIA stabilisce un obiettivo per l'Europa di produrre il 40% del suo fabbisogno annuale di tecnologie a zero emissioni entro il 2030 e punta a raggiungere il 25% del mercato globale per queste tecnologie. Tra le dieci tecnologie proposte figurano "tecnologie avanzate per produrre energia da processi nucleari con scorie ridotte dal ciclo del combustibile e Small Modular Reactor". Nel maggio 2024, è stata avviata anche l'Alleanza Europea per gli Small Modular Reactor con l'obiettivo di facilitare e accelerare lo sviluppo, la dimostrazione e la diffusione degli SMR in Europa. Sono già stati istituiti gruppi di lavoro tecnici e si prevede che il prossimo Clean Industrial Deal dedicato alla competitività industriale e alle professioni ad alto valore aggiunto metterà in evidenza anche il ruolo dell'energia nucleare.

Questo Studio arriva in un momento cruciale, poiché l'Europa affronta sfide senza precedenti per raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050, garantendo al contempo una fornitura energetica sicura e accessibile sia per l'industria che per le famiglie e mantenendosi alla frontiera dell'innovazione tecnologica. Lo Studio analizza il ruolo attuale e prospettico dell'energia nucleare per la transizione e sicurezza energetica dell'Europa e dell'Italia, con particolare attenzione al potenziale contributo del "nuovo nucleare", come gli Small Modular Reactors, rispetto all'energia nucleare tradizionale. In quanto una delle principali potenze industriali europee, l'Italia non deve lasciarsi sfuggire le opportunità offerte dal "nuovo nucleare", gestendo al contempo in modo efficace i rischi associati.

Questo Studio fornisce una solida base per la discussione e una piattaforma stabile per consentire agli stakeholder italiani di avanzare lungo il percorso delle nuove opportunità tecnologiche, garantendo che la transizione energetica porti alla creazione di posti di lavoro e allo sviluppo economico. Lo Studio offre proposte politiche concrete mirate a migliorare l'accettabilità sociale, a definire i necessari framework normativi, a facilitare le modalità di finanziamento dei progetti e a sviluppare la supply chain e le competenze necessarie.

I nuovi sviluppi tecnologici offrono l'opportunità di riconsiderare seriamente l'energia nucleare. L'Europa lo sta già facendo, e l'Italia non può permettersi di aspettare. Dal momento che gli Stati membri dell'UE si preparano a definire l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra per il 2040, con la Commissione Europea che propone una riduzione del 90%, è imperativo che queste decisioni tengano conto del ruolo delle migliori tecnologie disponibili per raggiungere questo ambizioso obiettivo.

EXECUTIVE SUMMARY DEL RAPPORTO STRATEGICO

Lo Studio realizzato da TEHA Group in collaborazione con Edison e Ansaldo Nucleare ha l'obiettivo di contestualizzare lo **scenario di riferimento** dell'energia nucleare a livello globale ed europeo, analizzando gli **avanzamenti tecnologici** in atto e le **dinamiche di crescente domanda di energia elettrica decarbonizzata**, che rendono oggi lo **sviluppo del nuovo nucleare** (Small Modular Reactor e Advanced Modular Reactor) una **componente centrale** per il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica fissati a livello internazionale ed europeo.

Lo Studio mira, inoltre, a fornire una **valutazione dettagliata**, qualitativa e quantitativa, dei **benefici potenzialmente attivabili dal nuovo nucleare**. Questi benefici vengono analizzati considerando l'**impatto complessivo** sul sistema-Paese, ma anche gli effetti positivi su **industria, cittadini e territori locali**.

In particolare, sono analizzati i benefici del nuovo nucleare per il **sistema-Paese**, qualificando e quantificando come la tecnologia possa efficacemente contribuire a sostenere i percorsi di **decarbonizzazione** (attraverso la produzione di energia elettrica stabile e modulabile decarbonizzata), perseguendo in contemporanea un incremento della **sicurezza energetica** e della **competitività** nazionale, quantificando i potenziali **benefici economici e occupazionali** per il Paese.

Un elemento importante dell'analisi è relativo ai benefici del nuovo nucleare per l'**industria energivora**, identificata come ambito strategico in cui le nuove tecnologie nucleari possono contribuire a sostenere i percorsi di decarbonizzazione industriali, garantendo al contempo la competitività delle imprese attraverso la **riduzione dei costi energetici** e la **produzione di energia termica e idrogeno**.

Sono stimati, inoltre, i benefici del nuovo nucleare per i **cittadini** e i **territori**, mettendo in luce gli **impatti diretti** sullo sviluppo locale e valorizzando gli **elementi caratterizzanti** degli impianti di **taglia ridotta** a beneficio di una **maggiore accettabilità sociale** (es. minore consumo del suolo, impatto paesaggistico limitato, integrazione con i distretti produttivi, sviluppo di competenze diffuse nel Paese, ecc.).

Infine, vengono elaborate azioni puntuali necessarie per sviluppare il nuovo nucleare in Italia, al fine di **massimizzare i benefici per gli utenti finali e il sistema-Paese** e **valorizzare le competenze della filiera industriale e della ricerca**. In particolare, vengono identificate le principali **leve di sviluppo** - *supply chain* e competenze, modalità di finanziamento, *licensing* e *permitting* - in grado di **accelerare** il processo di implementazione del nuovo nucleare in Italia e i principali **fattori abilitanti** - framework regolatorio, gestione dei rifiuti nucleari e accettabilità sociale - che sono **necessari e decisivi** affinché il nuovo nucleare possa essere sviluppato in Italia.

I 10 MESSAGGI CHIAVE DELLO STUDIO

- 1. La produzione nucleare ha storicamente fornito una quota significativa dell'energia elettrica mondiale (in media 12,5% del totale negli ultimi 50 anni). Sebbene l'Europa abbia ridotto la propria incidenza sul totale globale, l'energia nucleare resta oggi la 1° fonte di generazione elettrica in UE (22% del totale) e 11 dei 16 Paesi al mondo in cui l'energia nucleare ha più rilevanza si trovano in UE.**

L'energia nucleare contribuisce significativamente alla **generazione di energia elettrica da oltre 50 anni**. A partire dal **1971**, quando il **2,1%** della generazione elettrica a livello globale proveniva da **fonte nucleare** (vs. **40%** da carbone, **23,6%** da rinnovabili, **21,1%** da petrolio e **13,2%** da gas naturale), l'utilizzo dell'energia nucleare ha registrato un *trend* di **crescita**, fino al **1996**, quando ha raggiunto il **picco di generazione (17,7%** dell'elettricità globale). A partire dal 1996, altre fonti hanno visto crescere il proprio ruolo nel mix energetico e il contributo alla generazione di energia elettrica da parte del nucleare ha subito un **rallentamento**: nel **2022** ha coperto il **9,1%** della produzione elettrica globale (circa **2.600 TWh**). In questo quadro, è bene sottolineare come la tecnologia nucleare possa vantare un'**esperienza operativa cumulata** di quasi **20.000 anni**, per un totale di circa **7,7 milioni di giorni di operatività**.

Guardando alla generazione per **macroarea**, l'**Europa** e l'**America del Nord** sono stati i principali **contributori** allo sviluppo del nucleare, soprattutto nel periodo tra **1971** e il **1990**, abilitando la generazione dell'**86,1%** del totale dell'elettricità prodotta da fonte nucleare a livello mondiale (vs. **13,2%** dall'Asia, **0,3%** dall'Africa e **0,4%** del Sud America). Negli anni successivi fino ad oggi il contributo di **Europa** e **America del Nord** si è **ridotto al 78,3%** (**-7,8 p.p.** vs. 1971 – 1990) a fronte di un **aumento** del peso dell'**Asia**, che arriva al 2022 a registrare il **20,5%** di copertura di generazione elettrica da fonte nucleare a livello mondiale (**+7,3 p.p.** vs. 1971 – 1990). In particolare, sono stati i Paesi dell'area **APAC**¹ a migliorare il proprio posizionamento nello **scenario globale**.

¹ I Paesi dell'Asia Pacifica (o APAC) sono le nazioni asiatiche e oceaniche nell' Oceano Pacifico che includono: Samoa Americane, Australia, Bangladesh, Bhutan, Brunei Darussalam, Cambogia, Cina, Isola di Natale, Isole Cocos (Keeling), Isole Cook, Figi, Polinesia Francese, Guam, Hong Kong, India, Indonesia, Giappone, Kiribati, Corea del Nord (Repubblica Popolare Democratica di Corea), Corea del Sud (Repubblica di Corea), Repubblica Popolare Democratica del Laos, Macao, Malaysia, Maldive, Isole Marshall, Micronesia (Stati Federati di), Mongolia, Myanmar, Nauru, Nepal, Nuova Caledonia, Nuova Zelanda, Niue, Isola Norfolk, Isole Marianne Settentrionali, Pakistan, Palau, Papua Nuova Guinea, Filippine, Pitcairn, Federazione Russa, Samoa, Singapore, Isole Salomone, Sri Lanka, Taiwan (Provincia della Cina), Thailandia, Timor Est, Tokelau, Tonga, Tuvalu, Vanuatu, Vietnam, Wallis e Futuna.

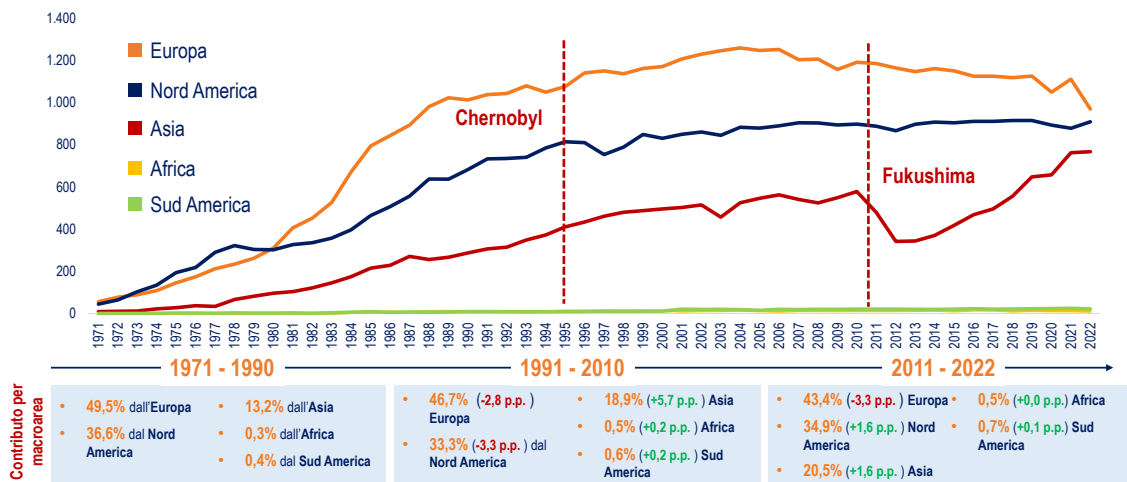


Figura I. Generazione di energia elettrica da fonte nucleare per macroarea (TWh), 1971 - 2022. Fonte: elaborazione TEHA Group su dati Ember e Energy Institute - Statistical Review of World Energy, 2024.

Spostando ora il *focus* a livello **europeo** e considerando l'orizzonte temporale degli ultimi **20 anni**, si può constatare come la fonte nucleare sia stata stabilmente la **1° tecnologia di generazione elettrica**. Dal **2001** al **2022**, in media, il **30,1%** dell'energia elettrica in UE-27 è stata generata da fonte nucleare, posizionandosi al di sopra della **generazione da carbone** (in media pari al **25,1%**) e da **gas naturale** (in media pari al **19,4%**).

Malgrado l'Europa abbia **ridotto** l'utilizzo di energia nucleare, ad oggi, rimane una delle regioni del Mondo che fanno **maggiore affidamento** sull'elettricità generata da questa fonte, che nel **2022** ha rappresentato il **23,5%** della produzione totale di energia elettrica in **UE-27**. A conferma di ciò, tra i **16 Paesi** a livello globale in cui l'energia nucleare ha maggiore rilevanza (Armenia, Belgio, Bielorussia, Bulgaria, Corea del Sud, Russia, Finlandia, Francia, Repubblica Ceca, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Ucraina e Ungheria), **14** si trovano nel continente **europeo** e **11** sono membri dell'**Unione Europea**.

In particolare, **Francia, Slovacchia e Ucraina** risultano i **primi 3 Paesi** per **incidenza** del nucleare nel proprio *mix* di **generazione** elettrica, ricoprendo quote rispettivamente pari al **65%**, **61%** e **56%**. In questi Stati, così come in **Ungheria, Finlandia, Belgio, Bulgaria e Slovenia** (che registrano quote pari al **48%**, **42%**, **41%**, **40%** e **37%** di incidenza del nucleare nella generazione elettrica) l'energia nucleare è attualmente la **1° fonte di generazione** elettrica.

2. Il nucleare sta vivendo oggi una fase di espansione e un progressivo *shift* verso l'area asiatica: 40 dei 61 progetti di reattori in stato di costruzione nel Mondo sono localizzati nei Paesi APAC, proiettando quest'area a diventare già nel 2030 il principale produttore al Mondo di energia nucleare. In questo contesto, a livello europeo sono 18 i Paesi che hanno previsto progetti di sviluppo dell'energia nucleare.

Il settore dell'energia nucleare vive oggi una fase di espansione a livello mondiale, con **diversi Paesi che stanno investendo in strategie di sviluppo del nucleare** e in progetti di costruzione di nuovi reattori. Allo stato attuale, sono censiti nel Mondo **61 progetti di reattori nucleari in stato di costruzione** (per una capacità lorda totale di 68,4 GW)², 111 reattori pianificati³ (per una capacità lorda totale di 113,9 GW) e 337 reattori in stato di proposta⁴ (per una capacità lorda totale di 378,2 GW).

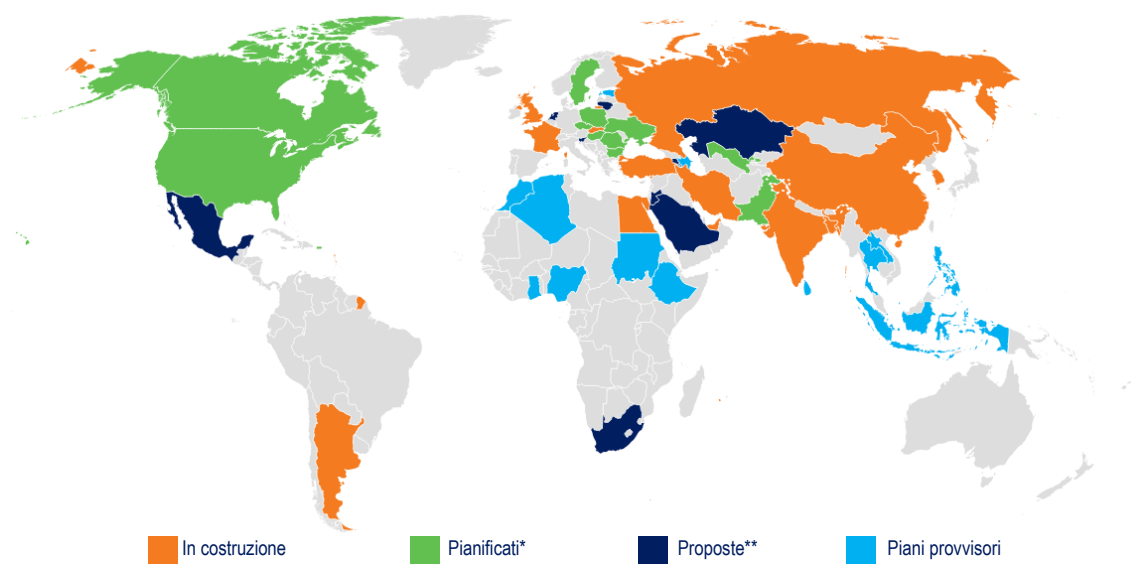


Figura II. Progetti di nuovi reattori nucleari per stato di avanzamento, marzo 2024. (*) Reattori pianificati = Approvazioni, finanziamenti o impegni in atto, la maggior parte dei reattori dovrebbero entrare in funzione entro i prossimi 15 anni. (**) Proposte = Programma specifico o proposte di nuovi impianti con tempi molto incerti. Fonte: elaborazione TEHA Group su dati «World Energy Outlook 2023» di IEA e World Nuclear Association, 2024.

La **regione APAC** (Asia-Pacifico) si dimostra l'area geografica più attiva nello sviluppo di nuove progettualità nel settore nucleare, concentrando **40 dei 61** progetti attualmente in fase di realizzazione a livello globale. Con i piani di sviluppo previsti, **l'APAC sosterebbe, già nel 2030, la quota maggiore di generazione di energia nucleare al Mondo** (37,8%), superando il Nord America – attuale *leader* di mercato con una quota del 33,5% al 2022 (vs. il 28,0%

² Fonte: «World Energy Outlook 2023», IEA e World Nuclear Association.

³ Si tratta di progetti approvati e/o con finanziamenti o impegni di spesa in atto, la maggior parte dei reattori in questione dovrebbe entrare in funzione entro i prossimi 15 anni.

⁴ Si tratta di progetti che sono stati proposti ma senza previsione di impegni di spesa e con tempi di approvazione a oggi ritenuti molto incerti.

dell'Europa e il 27,9% dell'APAC). **La Cina** in particolare **si distingue** per un piano ambizioso che la proietta ad avere un **ruolo di leader globale nel settore** e che l'ha già portata a **raddoppiare**, negli ultimi 20 anni, la quota di nucleare nel proprio *mix energetico* (5,0% nel 2022 vs 2,2% nel 2003 con una produzione di 417,8 TWh).

Guardando all'Europa, per rispondere agli obiettivi di decarbonizzazione, diversi Paesi hanno iniziato a **diversificare il proprio mix energetico**, riducendo la quota di produzione di energia da fonti fossili e puntando su un *mix* equilibrato di tecnologie *low carbon*, tra cui il nucleare. Ad oggi, in Europa sono **18 i Paesi** che hanno **progetti di sviluppo in corso o prevedono strategie di potenziamento dell'energia nucleare in futuro**. Tra questi, in particolare, Francia, Polonia, Svezia, Finlandia, Repubblica Ceca stanno investendo nella costruzione di nuovi reattori, tra cui anche SMR⁵. **Paesi Bassi e Belgio**, inoltre, dopo una scelta iniziale di dismissione della produzione di energia nucleare, hanno rivisto le loro scelte e **reindirizzato i piani energetici nazionali a favore dello sviluppo del nucleare**.

In controtendenza con questi programmi di sviluppo del nucleare, la Germania, la Svizzera e la Spagna hanno predisposto strategie nazionali di dismissione del nucleare. Tuttavia, nonostante queste scelte di *phase-out*, **il nucleare rimane una tecnologia chiave per la transizione energetica su cui l'Europa sta puntando**, riservando una particolare attenzione per il **nuovo nucleare**.

In aggiunta a queste considerazioni, è utile precisare come la combinazione di una posizione di *leadership* nei progetti attualmente in realizzazione (**27 su 61**) e il **rafforzamento della supply chain** interna perseguito dalla Cina negli anni stia determinando un **progressivo shift delle tecnologie nucleari**: se i Paesi *leader* nella fornitura della tecnologia nucleare per i reattori attualmente in funzione nel Mondo sono **Stati Uniti** (29,2%) e **Francia** (17,8%), per i progetti attualmente in fase di sviluppo cresce il posizionamento della Cina, che con una quota del **42,9%** sulle tecnologie dei reattori in costruzione si posiziona al **primo posto tra i provider tecnologici**⁶, **seguita dalla Russia con una quota del 28,6%**.

⁵ Small Modular Reactor.

⁶ Il ruolo emergente della Cina è caratterizzato da una crescente autosufficienza tecnologica. Secondo quanto riportato dal "China Nuclear Energy Development Report 2024", il Libro Blu presentato ad aprile 2024 dall'Associazione delle industrie cinesi di energia nucleare, per la costruzione di centrali nucleari, soprattutto rispetto al *design* dei nuovi progetti in via di sviluppo, la Cina utilizza componenti quasi interamente di fabbricazione cinese. Il ruolo di primo piano della Cina si lega quindi al fatto che molti di questi reattori in sviluppo sono in Cina ed utilizzano tecnologie domestiche.

3. Il nuovo nucleare - costituito da *Small Modular Reactor (SMR)* e *Advanced Modular Reactor (AMR)* - rappresenta una innovazione per lo sviluppo dell'energia nucleare, con molteplici caratteristiche peculiari rispetto alla tecnologia tradizionale. In un contesto di forte competizione internazionale (sono oltre 80 i progetti in fase di sviluppo nel Mondo), l'Europa sta adottando misure concrete per promuovere lo sviluppo del nuovo nucleare e ha avviato a marzo 2024 l'European Industrial Alliance sugli SMR.

Dalla prima generazione di reattori nucleari sviluppati negli anni '50, la tecnologia nucleare ha subito un'evoluzione significativa che è culminata in **enormi progressi tecnologici in termini di efficienza e sicurezza degli impianti**. Oggi, la tecnologia nucleare si sta specializzando nello **sviluppo di reattori modulari di piccola taglia** in grado di offrire maggiore flessibilità, adattabilità e molteplici applicazioni industriali. In questo senso, le **nuove tecnologie nucleari rappresentano una discontinuità tecnologica rispetto al passato**, permettendone l'adozione sicura su vasta scala grazie ad un **design modulare semplificato**. All'interno dello sviluppo del cosiddetto nuovo nucleare, lo Studio ha considerato gli *Small Modular Reactor (SMR)* e gli *Advanced Modular Reactor (AMR)*. In particolare, **gli SMR impiegano l'ultima evoluzione della tecnologia di 3° generazione** – ovvero l'evoluzione dell'attuale tecnologia ad acqua pressurizzata utilizzata negli impianti nucleari europei - puntando sulla piccola taglia, sulle economie di serie e sulla costruzione modulare per garantire una riduzione dei tempi di costruzione e tempi di ritorno economico sugli investimenti più brevi. Seguendo il concetto di **staffetta tecnologica** identificato nel Rapporto gli **AMR si integrano in logica complementare agli SMR**, sviluppando la tecnologia nucleare di 4° generazione in un *design* modulare di piccola taglia. Gli elementi fondanti di questa staffetta tecnologica sono, pertanto, la commercializzazione degli AMR prevista dopo il 2040, la complementarità degli utilizzi – fondata sulle diverse temperature raggiunte – e la gestione di combustibile e rifiuti in ottica di chiusura del ciclo, abilitando il riciclo del combustibile esausto come nuovo combustibile per le centrali nucleari.

A livello tecnico, **gli SMR sono reattori con potenze comprese tra circa 100 e 450 MW**, con un consumo di suolo per energia prodotta pari a 0,04 m²/MWh, 2 volte superiore alle centrali a gas a ciclo combinato (0,02 m²/MWh) e 100 volte inferiore rispetto ad un impianto fotovoltaico *utility-scale* (4,4 m²/MWh).⁷ A parità di potenza installata (m²/MW), un SMR occupa circa 2,4 volte lo spazio di un impianto CCGT con CCS (350 m²/MW vs. 145 m²/MW) e 5 volte lo spazio di un impianto CCGT senza CCS (350 m²/MW vs. 70 m²/MW). La disponibilità commerciale di queste soluzioni è prevista **a partire dal 2030**, ma già oggi hanno raggiunto

⁷ L'analisi considera un impianto SMR da 340 MW con un'estensione totale di 12 ettari e circa 7.880 ore di funzionamento in un anno. Per un impianto fotovoltaico sono state considerate 1.800 ore di funzionamento ed un consumo di suolo di 0,8 ettari per MW installato. Il confronto con le centrali a gas a ciclo combinato (CCGT) considera un impianto da 850 MW, un consumo di suolo di 6 ettari e 3.500 ore di funzionamento (stimate come ore di funzionamento in prospettiva al 2035). Nel caso di un CCGT abbinato ad un sistema CCS, l'analisi ha considerato 7.000 ore di funzionamento e un'estensione dell'impianto di 11 ettari. Fonte: dati Edison.

un **livello di maturità tecnologica pari a 7/8⁸**, con alcuni *design* di SMR in fase di dimostrazione operativa. Lo sviluppo del nuovo nucleare porta con sé molteplici **caratteristiche peculiari** rispetto alla tecnologia tradizionale, che si rivelano particolarmente funzionali per il raggiungimento dei *target* di decarbonizzazione al 2050 in una **logica di integrazione ottimale con lo sviluppo delle rinnovabili** grazie a una produzione stabile e modulabile.

Le caratteristiche peculiari del nuovo nucleare

 <p>Minori tempi di costruzione grazie al <i>design</i> modulare che consente di realizzare in serie e pre-assemblare i diversi moduli in fabbrica</p>	 <p>Garanzia di stabilità della rete elettrica integrandosi e compensando l'intermittenza delle altre FER nel <i>mix</i> elettrico</p>
 <p>Migliore finanziabilità data la riduzione dei costi finanziari e di capitale dovuta alla taglia ridotta e ai ridotti tempi di costruzione, che garantiscono minore incertezza</p>	 <p>Sostituzione delle centrali a gas/carbone per alimentare città e distretti industriali e integrazione con la rete elettrica esistente</p>
 <p>Sicurezza rafforzata grazie ai sistemi di sicurezza passiva, che garantiscono la totale sicurezza del reattore, e ad una zona di emergenza ridotta</p>	 <p>Capacità di cogenerazione* per la produzione di energia elettrica e calore per usi industriali, tra cui la produzione di idrogeno pulito</p>
 <p>Minore consumo idrico e di suolo che permette maggiore flessibilità nella scelta del sito date le dimensioni ridotte (simili a una centrale termoelettrica)</p>	 <p>Chiusura del ciclo del combustibile (AMR), abilitando il riciclo delle scorie nucleari come combustibile</p>

Figura III. Le caratteristiche peculiari del nuovo nucleare rispetto alle grandi centrali tradizionali (illustrativo). (*) Permette di modulare la produzione degli impianti da 100% elettrici ad un mix di elettricità e calore a seconda delle necessità del Paese e dei settori industriali. Fonte: elaborazione TEHA Group su fonti varie, 2024.

In questo contesto, a livello globale si registrano attualmente **oltre 80 progetti in via di sviluppo** associati al nuovo nucleare, con **Cina e Russia che si posizionano alla frontiera tecnologica** e rappresentano oggi gli unici 2 Paesi ad aver sviluppato i primi modelli operativi. Tuttavia, anche in Europa (Francia e Regno Unito), in Nord America (Canada e USA) e in altri Paesi (tra cui, ad esempio, Corea del Sud, Giappone e Argentina) sono in sviluppo nuovi progetti di nuovo nucleare, che attualmente si posizionano in uno stadio meno avanzato di TRL, e che potranno vedere un forte sviluppo nei prossimi anni.

In particolare, con riferimento all'Europa, durante il Nuclear Energy Summit 2024 **la Presidente della Commissione Europea Ursula Von Der Leyen ha ribadito l'importanza degli SMR per la transizione energetica**. A tal fine, a marzo 2024, l'Unione Europea ha avviato l'iniziativa dell'**European Industrial Alliance sugli SMR** con l'obiettivo di promuovere un **programma europeo comune** e creare le migliori condizioni per la diffusione degli SMR in tutta l'Unione Europea, **valorizzando al meglio le competenze e il know-how della filiera**

⁸ Il *Technology Readiness Level* (TRL, in italiano Livello di Maturità Tecnologica) è una metodologia per la valutazione del grado di maturità di una tecnologia (da 1 a 9), dalle fasi iniziali di *concept* e sperimentazione (TRL 2-3) alla fase di dimostrazione della tecnologia in un ambiente operativo (TRL 7), fino a raggiungere la commercializzazione e validazione su larga scala in ambiente operativo (TRL 9).

nucleare europea. L'Alleanza europea mira alla **costruzione dei primi modelli di SMR nel 2030** e prevede di definire una **roadmap strategica entro marzo 2025**.

Ad aprile 2024 anche l'Italia ha aderito all'Alleanza Industriale Europea sugli SMR, tramite il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). Si tratta di una scelta in logica industriale che **ha anticipato l'inserimento di scenari di sviluppo del nucleare all'interno del PNIEC** (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima) inviato alla Commissione Europea a luglio 2024. Il ruolo centrale dell'Italia nello sviluppo europeo del nuovo nucleare è evidenziato dall'**elevata adesione delle aziende italiane all'Alleanza Industriale Europea sugli SMR**, seconde per numero solo alla Francia.

- 4. Gli scenari al 2050 prevedono un aumento significativo del fabbisogno elettrico, sia a livello europeo (2,0–2,9 volte vs. 2023) che a livello italiano (quasi 2 volte vs. 2023), alla luce della crescente penetrazione dell'elettricità nei consumi finali e dall'aumento della capacità computazionale, guidata dalle nuove tecnologie digitali. In questo quadro, il nuovo nucleare si distingue come una soluzione chiave, essendo la tecnologia di generazione elettrica a minore intensità carbonica e garantendo al contempo una fornitura stabile e modulabile nell'arco della giornata e dell'anno.**

La crescente elettrificazione degli usi finali determina **previsioni per il 2050** dei consumi elettrici nell'Unione Europea, tra i 4.900 TWh e i 6.922 TWh (pari a un **aumento di 2,0 – 2,9 volte** rispetto ai consumi elettrici attuali). **Le dinamiche di consumo di elettricità in Italia rispecchiano da vicino quelle dell'UE**, in particolare, una stima più conservativa⁹ riporta un consumo di circa **520 TWh al 2050 (1,7 volte** i consumi elettrici del 2023), mentre il **PNIEC** (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima) di giugno 2024 prevede un consumo di poco superiore ai **583 TWh¹⁰ al 2050 (1,9 volte** i consumi elettrici del 2023).

⁹ Fonte: "Il nuovo nucleare in Italia: perché, come, quando", Edison, Ansaldo Nucleare, ENEA, Politecnico di Milano e Nomisma Energia, 2023.

¹⁰ Nello scenario in cui l'energia nucleare contribuisce per l'11% della domanda elettrica.

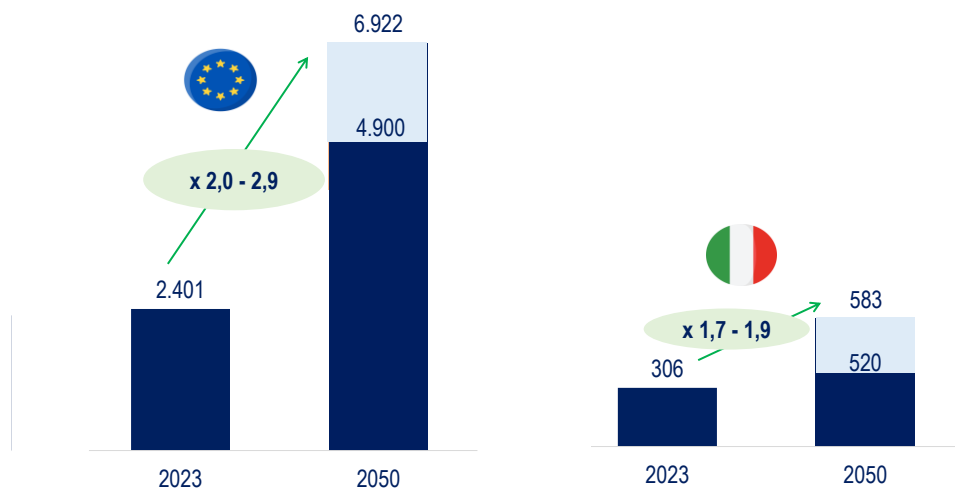


Figura IV. Consumi elettrici nell'Unione Europea e in Italia (TWh), 2023 e 2050. Fonte: elaborazione TEHA Group su dati Commissione europea, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Terna e fonti varie, 2024.

L'aumento previsto della domanda di elettricità per l'UE e l'Italia tra il **2023** e il **2050** può essere attribuito a **due principali fattori strutturali**. In primo luogo, vi è una crescente **penetrazione dell'elettricità nei consumi finali**, in particolare nel settore dei **trasporti** (dall'**1%** nel **2023** a quasi il **50%** nel **2050** in Italia) e nel settore **residenziale** (dal **5%** nel 2023 al **66%** nel 2050 in Italia). In secondo luogo, grazie alla diffusione dei processi di digitalizzazione, stiamo assistendo a un **aumento della necessità di capacità di calcolo**, che sarà accelerato significativamente dai progressi di tecnologie quali l'**intelligenza artificiale** e dalla diffusione degli **High Performance Computer (HPC)**, nonché dalle nascenti **tecnologie quantistiche**. Tutte tecnologie che richiedono un crescente numero di **data center con un elevato consumo elettrico**, amplificando quindi il fabbisogno energetico che il sistema elettrico deve soddisfare: se nel 2023 i consumi elettrici dei *data center* in Italia ammontavano a 3,8 TWh (1% dei consumi elettrici nazionali), al 2030 è previsto un consumo elettrico di 15,4 TWh (consumo elettrico di 6,7 volte quello dell'intera industria farmaceutica nel 2022).

5. Il nucleare può giocare un ruolo chiave nei processi di decarbonizzazione. Considerando tutto il ciclo vita, è infatti la tecnologia di generazione elettrica con il più basso fattore emissivo. Inoltre, grazie alle sue caratteristiche, è in grado di garantire una fornitura stabile e programmabile, agendo da “stabilizzatore sistemico” in complementarità con lo sviluppo delle rinnovabili intermittenti e abilitando così una produzione elettrica integrata e decarbonizzata.

Il nuovo nucleare si distingue come una soluzione chiave per le sfide che il settore energetico deve affrontare da qui al 2050, essendo la tecnologia di generazione elettrica a minore intensità carbonica su tutto il ciclo di vita ed essendo in grado, al contempo, di garantire una fornitura stabile e modulabile, ideale per fornire l'energia necessaria a gestire una domanda costante di energia. Queste caratteristiche ben si integrano con le rinnovabili, che al contrario, possono soddisfare i picchi di domanda, soprattutto nelle ore

centrali della giornata (durante le quali i pannelli solari ricevono l'irraggiamento più forte e sono in grado di generare più energia) o nelle ore a maggiore **ventosità**. Grazie alla capacità di **load-following**¹¹, il nuovo nucleare è in grado di modulare la fornitura di energia alla rete elettrica, limitando il *curtailment* e la capacità di stoccaggio necessaria per la stabilità della rete. Operando il cosiddetto *load-following*, l'energia prodotta dal nuovo nucleare può essere reimpiegata ad esempio per la fornitura di calore e per alimentare sistemi di stoccaggio termico o impianti di produzione di idrogeno decarbonizzato.

Anche sulla base di queste motivazioni, il **16 febbraio 2024**, il **nucleare** (e il nuovo nucleare) è entrato a far parte delle tecnologie incluse nell'European NZIA (Net Zero Industry Act). Nell'atto sono state incluse tutte quelle tecnologie che possono dare un forte "**contributo alla decarbonizzazione**", ovvero quelle tecnologie a **zero emissioni nette** che si prevede contribuiranno significativamente all'impegno legale dell'UE di ridurre le emissioni nette di gas serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990. Considerando l'intero **ciclo vita**, infatti, l'energia nucleare è in grado di **limitare** le emissioni a circa **5,8 gCO₂-eq per kWh prodotto**, un livello di emissioni di ben **79 volte minore** rispetto al **gas naturale (458,0 gCO₂-eq per kWh prodotto)**.

Inoltre, il nuovo nucleare si **complementa perfettamente allo sviluppo delle rinnovabili**. Durante le ore notturne o nei periodi di scarso irraggiamento solare e insufficiente disponibilità di vento, la produzione di energia rinnovabile può contare sulla generazione stabile del nucleare, per coprire la domanda. In un **sistema energetico integrato**, il **nucleare può quindi fornire la base di generazione stabile e modulabile**¹², in funzione della penetrazione delle rinnovabili nel sistema, per **integrare il contributo delle rinnovabili che possono soddisfare principalmente i picchi di domanda, creando un mix energetico efficiente e a basse emissioni di carbonio**.

¹¹ La capacità *load-following* fa riferimento alla capacità di regolare la fornitura di energia alla rete elettrica, essenziale per garantire la stabilità della rete data l'intermittenza delle rinnovabili.

¹² Il nuovo nucleare viene infatti proposto anche in contesti caratterizzati da un'elevata penetrazione delle fonti rinnovabili. In tali scenari, l'eccesso di produzione netta in determinati periodi, sia giornalieri che stagionali, anziché causare *curtailment* o richiedere una notevole capacità di stoccaggio, potrebbe essere gestito modulando la potenza nucleare immessa in rete tramite la cosiddetta cogenerazione a inseguimento del carico, o utilizzando sistemi di stoccaggio termico e impianti per la produzione di idrogeno, considerabile a sua volta come un sistema di stoccaggio chimico. Attualmente, scenari di modulazione come quello descritto sono oggetto di studio attraverso simulatori e ottimizzatori che modellano il sistema e simulano la domanda.

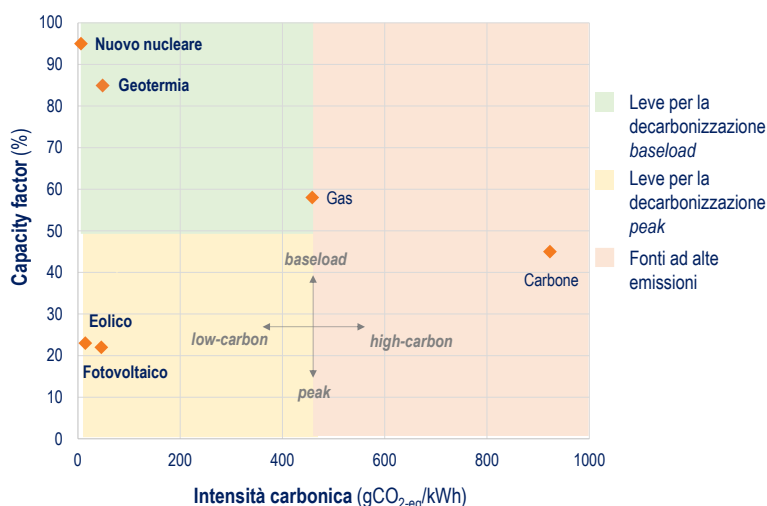


Figura V. Principali fonti energetiche per capacity factor (%) e intensità carbonica (gCO₂-eq per kWh). NB: il capacity factor è il rapporto tra l'energia prodotta in un intervallo di tempo e quella che avrebbe potuto essere prodotta se l'impianto avesse funzionato, nello stesso intervallo, alla potenza nominale. Le emissioni GHG sul ciclo vita delle rinnovabili, quali geotermia, fotovoltaico ed eolico, fanno riferimento alle emissioni causate dalla loro fabbricazione, costruzione e funzionamento. In particolare, nel caso della geotermia, le centrali rilasciano piccole quantità di CO₂, ossidi di azoto e particolato. Questi gas si trovano naturalmente nei bacini geotermici e si possono riversare in superficie e nell'atmosfera durante l'operatività della centrale. *Fonte: elaborazione TEHA Group su dati Eurostat e UNECE, 2024.*

La perfetta **complementarità** del **nuovo nucleare** con lo **sviluppo delle rinnovabili** può essere esaminata anche in termini di **riduzione** dei **costi di sistema aggiuntivi** associati all'incremento previsto della quota di rinnovabili nel mix energetico nazionale. Il PNIEC di giugno 2024 prevede infatti una quota di FER nella generazione elettrica superiore all'**80%**, che porterà ad un necessario **sviluppo dei sistemi di accumulo**, essenziali per garantire la **stabilità** della rete tra i periodi di alta e bassa disponibilità energetica, un **sovradimensionamento degli impianti di produzione elettrica**, necessari per garantire la generazione di un **surplus energetico** da poter **rilasciare** nei momenti a bassa produttività di energia da FER, e una necessaria **espansione** delle **infrastrutture di rete**, trattandosi di fonti energetiche decentralizzate e localizzate laddove ci sono fonti rinnovabili disponibili. In questo contesto, il **nuovo nucleare** consentirebbe alle rinnovabili di sprigionare il loro **pieno potenziale** tramite:

- la **programmabilità e la stabilità nella produzione** energetica, che ridurrebbe significativamente la necessità di sistemi di accumulo su larga scala. Questa caratteristica permette alle rinnovabili di operare in modo più **efficiente**, sfruttando la loro **produzione quando le condizioni sono ottimali**, senza la necessità di dover coprire l'intera domanda energetica in ogni momento;
- la **riduzione dei costi di adeguamento della rete**, abilitata dalla **localizzata dei nuovi reattori SMR/AMR vicino ai centri di consumo**. Questa caratteristica permetterebbe una diminuzione della necessità di estesi potenziamenti delle infrastrutture di trasmissione, spesso richiesti per gestire il mismatch tra area di produzione delle fonti rinnovabili (principalmente al Centro-Sud) e area di consumo elettrico (principalmente al Nord). Un

discorso analogo vale anche sui costi di bilanciamento del sistema elettrico, che si ridurrebbero notevolmente grazie alla **minimizzazione dell'intermittenza della produzione elettrica**.

6. Il nuovo nucleare rappresenta una delle fonti energetiche più sicure ed affidabili per indirizzare l'autonomia strategica. Questa tecnologia, infatti, presenta allo stesso tempo una bassa necessità di combustibile e una limitata dipendenza dalle materie prime critiche. Inoltre, considerata la rilevanza dell'Unione Europea nell'industria nucleare a livello globale, la possibile dipendenza da Paesi terzi è ulteriormente ridotta.

L'energia nucleare emerge come **una delle fonti energetiche più sicure e affidabili**. In particolare, l'autonomia strategica del nuovo nucleare si può articolare lungo **3 dimensioni chiave: combustibile, materie prime critiche e tecnologia**.

Con riferimento al combustibile, **i Paesi produttori di uranio sono più geopoliticamente stabili** (rispetto a gas e carbone). Nel caso del gas, il **28,8%** della produzione è in mano a Paesi con **rischio geopolitico¹³ basso o medio-basso**, mentre per quanto riguarda il carbone addirittura il **70% della produzione si trova in Paesi con rischio geopolitico medio-alto**. Con riferimento alla produzione di uranio, **quasi un quarto della produzione mondiale (24,2%) è concentrata in Paesi a bassissimo rischio geopolitico** come il Canada e l'Australia. Considerando le **riserve di combustibili**, indice della produzione futura potenziale, il vantaggio a favore dell'uranio appare ancora più netto. **L'Australia e il Canada dispongono infatti di ingenti riserve, pari al 41% del totale mondiale**.

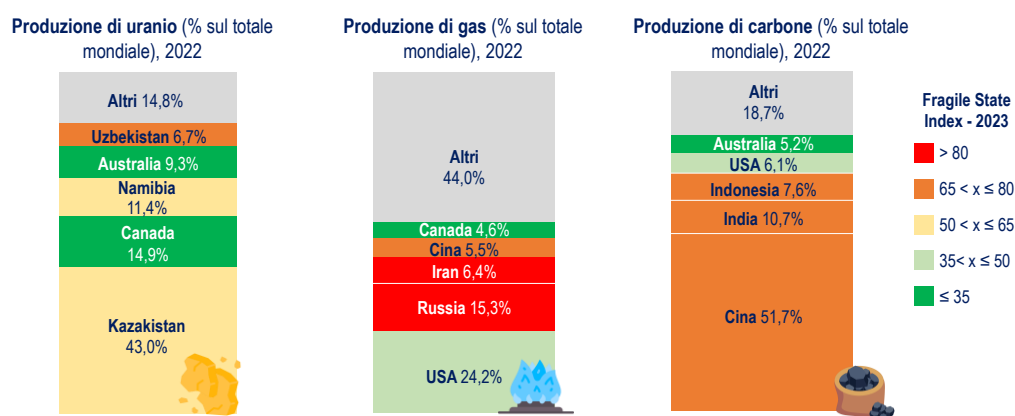


Figura VI. Principali Paesi in termini di produzione di uranio, gas e carbone (% della produzione mondiale) e rischio geopolitico ad essi associato (punteggio nel Fragile State Index), 2022. Fonte: TEHA Group su dati World Nuclear Association, Energy Institute, The Fund for Peace e USGS, 2024.

¹³ Come variabile proxy del rischio geopolitico è stato utilizzato il Fragile State Index (FSI), un indice composito che misura la solidità politica, economica e sociale di 179 Paesi. Il FSI riporta per ogni Paese un punteggio da 0 (rischio geopolitico nullo) a 100 (rischio geopolitico estremamente elevato). TEHA ha diviso i Paesi in cinque fasce, da quella dei Paesi caratterizzati da rischio geopolitico molto basso (FSI ≤ 35) fino a quella dei Paesi caratterizzati da rischio geopolitico molto elevato (FSI > 80).

Con riferimento alle **materie prime critiche**, il nucleare emerge come una **tecnologia che garantisce un elevato livello di autonomia strategica**, in termini di volume di materie prime critiche necessarie per unità di elettricità prodotta. Infatti, per **ogni GWh di elettricità prodotta**, il solare richiede **207,8 kg** di materie prime critiche (principalmente rame e silicio), l'eolico necessita di **162,9 kg**, il carbone di **14,1 kg**, il **nucleare di 9,3 kg** e il gas di **3,9 kg**. Questi dati evidenziano come il nuovo nucleare, rispetto ad altre tecnologie energetiche che contribuiscono alla decarbonizzazione, richieda una quantità significativamente inferiore di materie prime critiche per la produzione di elettricità, **riducendo così la dipendenza dall'estero anche rispetto a questa dimensione**. Inoltre, il **53,5% delle materie prime critiche necessarie per il nucleare presenta un supply risk basso¹⁴**, il **43,7% medio-basso** e **solo il 2,9% medio-alto**. La bassa percentuale di materiali con un rischio medio-alto testimonia la **stabilità e la resilienza delle catene di approvvigionamento nucleari** rispetto ad altre tecnologie energetiche che dipendono maggiormente da materie prime critiche ad alto rischio.

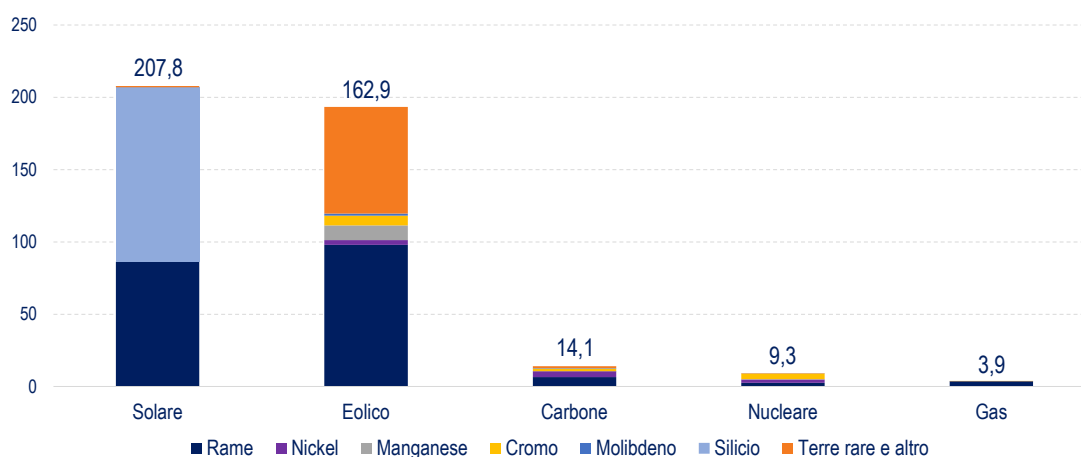


Figura VII. Materie prime critiche e strategiche necessarie per la costruzione delle infrastrutture energetiche per tipo di fonte energetica (kg per GWh), 2021. N.B. Rame e nickel non raggiungono la soglia di *supply risk* necessaria per essere classificate come materie prime critiche secondo il Critical Raw Materials Act della Commissione Europea, ma sono comunque incluse tra di esse in qualità di “materie prime strategiche”. Fonte: TEHA Group su dati IEA e Eurostat, 2024.

Infine, per quanto concerne la terza dimensione dell'autonomia strategica, quella legata alla **tecnologia**, le catene del valore del settore nucleare nell'UE sono **tra le più consolidate al Mondo**. L'UE non solo ha mantenuto la sua posizione sul mercato globale, ma ha anche rafforzato la sua capacità di *export*, dimostrando una resilienza notevole e una **competenza tecnologica avanzata**. Uno dei modi per **valutare l'autonomia tecnologica** di un Paese nel settore energetico è proprio rappresentato dal suo **livello di export**. Se un Paese esporta una quantità significativa di tecnologia energetica, questo implica che **ha sul suo territorio catene del valore ben sviluppate e integrate, capaci di rispondere ai bisogni non solo nazionali ma anche esteri**. La capacità di *export* è quindi indicativa del grado di autonomia tecnologica, che come anticipato rappresenta una delle tre dimensioni della sicurezza

¹⁴ Fonte: Commissione Europea “Study on the critical raw materials for the EU 2023”.

strategica. Prendendo come riferimento il quinquennio 2018 – 2022, **l’Unione Europea** emerge come il primo esportatore al Mondo, con **oltre 1,6 miliardi di Euro di valore esportati**, seguita da Stati Uniti (**1,5 miliardi di Euro**) e Russia (**1,4 miliardi di Euro**)¹⁵.

7. Considerando gli scenari di sviluppo previsti in Unione Europea (60 GW) e in Italia (6,8 GW) al 2050, il nuovo nucleare potrebbe generare un mercato potenziale pari a fino 46 miliardi di Euro per la filiera industriale italiana, con un Valore Aggiunto attivabile fino a 14,8 miliardi di Euro. Considerando anche i benefici indiretti e indotti, investire nel nuovo nucleare potrebbe abilitare un potenziale impatto economico complessivo per il sistema-Paese di circa 50 miliardi di Euro (~2,5% del PIL italiano del 2023) e generare 117.000 nuovi posti di lavoro.

Nonostante lo stop alla produzione di energia nucleare in Italia negli ultimi decenni, la filiera industriale italiana dimostra ancora oggi **competenze lungo quasi tutta la *supply chain***, ad esclusione del settore di fornitura e arricchimento dell’uranio. Complessivamente, **l’intero valore economico** (“valore esteso”) generato nel **2022** dalle aziende italiane specializzate nella filiera nucleare raggiunge circa **4,1 miliardi di Euro**, con **1,3 miliardi di Valore Aggiunto** prodotto e circa **13.500 dipendenti**¹⁶. Limitando l’analisi al “**valore core**”¹⁷ della filiera industriale riconducibile alle sole attività delle aziende legate all’energia nucleare, il fatturato generato dalle aziende italiane nel 2022 si attesta a **457 milioni di Euro** e **161 milioni di Valore Aggiunto**, con **circa 2.800 occupati**.

¹⁵ A differenza dell’export di prodotti finiti fotovoltaici, la cui classifica al 2022 è guidata dalla Cina (con xxx miliardi). L’Europa registra ancora valori decisamente limitati, al 2022 l’export di pannelli solari si è limitato a 0,8 mld di Euro.

¹⁶ I valori complessivi della filiera industriale di aziende attive nel nucleare (“valore esteso”) riportano i dati di riferimento per il totale dei ricavi e dipendenti di tutte le aziende censite. A partire da queste informazioni, attraverso l’analisi della letteratura e dei singoli bilanci delle aziende è stato derivato un “valore core” della filiera del nucleare che considera i soli valori economici e occupazionali sostenuti dal nucleare all’interno dell’impresa. A questi valori si aggiungono inoltre anche le competenze di ENEL nella gestione di centrali nucleari all’estero, con un fatturato associato all’energia nucleare pari a 1,57 miliardi di Euro nel 2022.

¹⁷ Il valore *core* stima i dati di fatturato, Valore Aggiunto e dipendenti riconducibili al solo settore dell’energia nucleare attraverso l’analisi dei singoli bilanci delle 70 aziende incluse nella filiera industriale italiana. A questi valori si aggiungono anche le competenze di ENEL nella gestione di centrali nucleari all’estero, con un fatturato associato all’energia nucleare pari a 1,57 miliardi di Euro nel 2022.

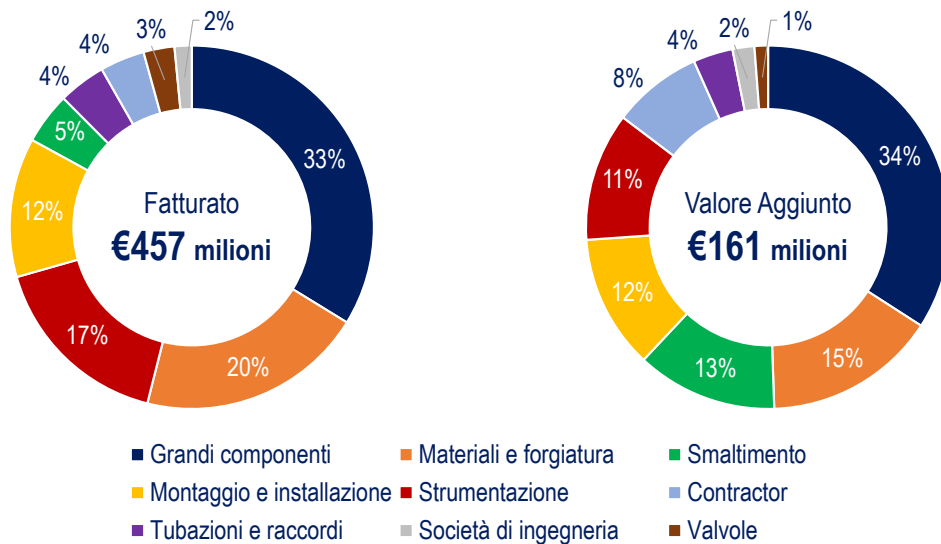


Figura VIII. Suddivisione a livello settoriale del fatturato (grafico a sinistra) e del Valore Aggiunto (grafico a destra) della filiera italiana core del nucleare (valori %), 2022. Fonte: elaborazione TEHA Group su dati Istat, Aida e fonti varie, 2024.

Al fine di quantificare i benefici per il sistema-Paese associati allo sviluppo del nuovo nucleare, lo Studio Strategico ha sviluppato, inoltre, un'analisi proprietaria *ad hoc* per stimare il **potenziale di sviluppo del nuovo nucleare** per la filiera industriale italiana secondo gli **scenari previsti in Unione Europea al 2050** (60 GW) e in **Italia** (6,8 GW¹⁸).

Lo sviluppo del nuovo nucleare a livello europeo potrebbe attivare un **mercato potenziale di oltre 20 miliardi di Euro per le aziende italiane**, se la filiera si specializzasse anche negli altri segmenti della *supply chain* in cui l'Italia può valorizzare solide competenze e *know-how* (es. turbine e componenti). Parallelamente, **se l'Italia attivasse un programma di sviluppo del nuovo nucleare**, si potrebbe abilitare un ulteriore **mercato potenziale** stimato in circa **25 miliardi di Euro per le aziende italiane** al 2050. Tale scenario consentirebbe alla filiera italiana di specializzarsi nella *supply chain* del nuovo nucleare e acquisire le **competenze ed economie di scala** per poter contribuire attivamente allo sviluppo di questa tecnologia in Europa, **promuovendo maggiormente il local content** nella fase di sviluppo e costruzione e beneficiando anche delle ricadute indirette locali¹⁹.

In prospettiva al 2050, lo sviluppo del nuovo nucleare in Europa e in Italia può dunque attivare un mercato complessivo per la filiera industriale italiana pari a circa **46 miliardi di Euro**. Dal valore di mercato, l'analisi ha successivamente stimato il **potenziale Valore Aggiunto per la filiera diretta** collegato allo sviluppo del nuovo nucleare, con l'obiettivo poi di quantificare gli impatti economici e occupazionali sul sistema-Paese. Complessivamente, gli investimenti

¹⁸ Lo scenario italiano elaborato nello Studio (escluso dallo scenario UE) considera la realizzazione di 20 impianti SMR al 2050, in grado di soddisfare il **10% dei consumi elettrici** italiani.

¹⁹ Le ricadute indirette locali considerano la manodopera in loco e le commesse per i materiali da cantiere e gli strumenti e attrezzature di fabbrica.

per il nuovo nucleare potrebbero generare un **valore aggiunto di 14,8 miliardi di Euro** per la filiera diretta in Italia²⁰.

Grazie all'**elevato moltiplicatore economico** del settore dell'energia nucleare in Europa, investire nel nuovo nucleare e supportare la competitività della filiera italiana potrebbe abilitare un potenziale **impatto economico complessivo per il sistema-Paese di 50,3 miliardi di Euro** (~ 2,5% del PIL italiano), beneficiando di **35,5 miliardi di Euro di benefici indiretti e indotti**. Lo sviluppo del nuovo nucleare al 2050 consentirebbe infatti all'Italia di beneficiare di un **elevato moltiplicatore economico e occupazionale** in grado di **amplificare le ricadute economiche e occupazionali per il sistema-Paese**. Il nuovo nucleare potrebbe dunque avere un ruolo strategico anche a livello occupazionale, abilitando circa **39.000 occupati diretti** per la filiera e oltre 78.000 nuovi posti di lavoro indiretti e indotti, con un impatto totale sul sistema-Paese di circa **117.000 nuovi posti di lavoro**.



Figura IX. Stima dell'impatto economico e occupazionale totale al 2050 per il sistema-Paese attivabile grazie agli investimenti di costruzione del «nuovo nucleare» in Europa e in Italia (miliardi di Euro e numero di occupati), 2024. (*) Elaborazione su dati interni Edison-Ansaldo. Fonte: elaborazione TEHA Group, 2024.

8. L'industria energivora ha un ruolo cruciale nel processo di decarbonizzazione in Italia: nel 2022 ha contribuito al 15% delle emissioni GHG e al 16% dei consumi energetici nazionali. In questo contesto, il nuovo nucleare emerge come una soluzione strategica, non producendo emissioni di CO₂ durante la fase operativa, garantendo una fornitura stabile e modulabile di energia e offrendo molteplici possibilità di applicazione (elettricità, calore per usi industriali ed idrogeno).

L'industria ha un **ruolo cruciale** nel processo di transizione energetica e decarbonizzazione. Basti pensare che essa è oggi **responsabile di oltre il 20% delle emissioni climalteranti in Italia ed in Europa**, dietro solamente ai settori dei trasporti e della produzione di energia.

²⁰ Il valore aggiunto generato dagli investimenti per lo sviluppo del nuovo nucleare è calcolato applicando l'attuale relazione tra fatturato e valore aggiunto delle imprese della filiera industriale italiana del nucleare.

Similmente, l'industria rappresenta **più di un quinto dei consumi di energia finale** sia a livello italiano che europeo, al 3° posto dopo il settore dei trasporti e l'ambito residenziale.

A livello italiano, l'**industria energivora**²¹ nel 2022 rappresentava il **15%** delle emissioni GHG e il **16%** dei consumi energetici nazionali. I settori energivori sono responsabili di oltre il **70% delle emissioni di gas a effetto serra e dei consumi finali di energia dell'industria italiana**. Alle elevate emissioni di questa industria contribuisce l'incidenza, ancora preponderante, dei **combustibili fossili nel mix energetico**. In Italia, l'energia fossile costituisce ancora il **95%** dei consumi totali di energia finale nell'industria energivora, con le rinnovabili conseguentemente appena sopra al 5%. Il **gas naturale** è, in particolare, dominante tra le fonti energetiche di questi settori, tanto da ricoprire in media il **37%** dei consumi energetici finali dell'industria energivora²².

La disponibilità di energia stabile, economica e decarbonizzata diventa quindi un **fattore determinante per la capacità delle imprese** di mantenere la propria competitività sui mercati domestici e internazionali. In questo contesto, il **nuovo nucleare** emerge come una **soluzione strategica**, non producendo emissioni di CO₂ durante la fase operativa e offrendo così alle industrie un **modo efficace per ridurre la propria impronta carbonica** e i costi associati alle quote di emissione.

Inoltre, il nuovo nucleare offre la possibilità di produrre non solo **elettricità**, ma anche **calore industriale decarbonizzato**. Gli Small Modular Reactor (SMR) e gli Advanced Modular Reactor (AMR) consentono la fornitura di **calore industriale** a **media-alta temperatura**, raggiungendo temperature fino a **950°C (AMR)** e **300°C (SMR)** che li rendono adatti a numerosi **processi industriali**.

Il nuovo nucleare offre, infine, **un'opportunità per la produzione efficiente di idrogeno**, alimentando su base continuativa gli **elettrolizzatori** con l'elettricità e il vapore ad alta temperatura che genera, producendo idrogeno con un'efficienza notevolmente superiore rispetto ad altre fonti energetiche. **L'efficienza di produzione dell'idrogeno tramite nucleare può raggiungere il 45%**, superando significativamente il **40,4%** ottenibile con le fonti termiche tradizionali e il **16,3%** del solare²³.

²¹ L'industria energivora include i settori della siderurgia, minerali non metallici (vetro, cemento e ceramica), carta, chimica, estrazione e prodotti alimentari.

²² Il dato fa riferimento all'uso diretto del gas naturale nei processi industriali. Vi è inoltre una quota importante di gas naturale utilizzato nella produzione di elettricità.

²³ Younas M et al. (2022) "An Overview of Hydrogen Production: Current Status, Potential, and Challenges", 2024.

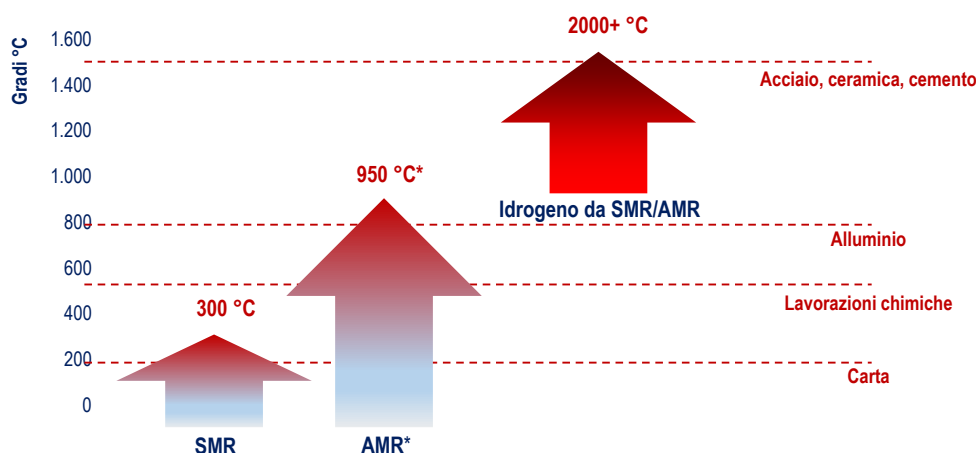


Figura X. Temperatura per calore industriale del nuovo nucleare e temperatura richiesta per industria (illustrativo). Fonte: TEHA Group su dati NEA, DoE e fonti varie, 2024.

9. Il nucleare rappresenta uno strumento di sviluppo locale che porta con sé numerosi benefici di natura economica e sociale per i territori e i cittadini che lo ospitano. Il nuovo nucleare garantisce, inoltre, sicurezza rafforzata, agilità di installazione e un ridotto consumo di suolo.

Uno dei temi cardine che muove il dibattito pubblico sull'uso dell'energia nucleare in Italia è legato all'**accettabilità sociale della tecnologia da parte di cittadini e territori**. Tuttavia, va considerato che il nucleare rappresenta uno strumento di sviluppo locale che porta con sé numerosi benefici per i territori e i cittadini che lo ospitano, che attengono sia alla sfera economica che sociale.

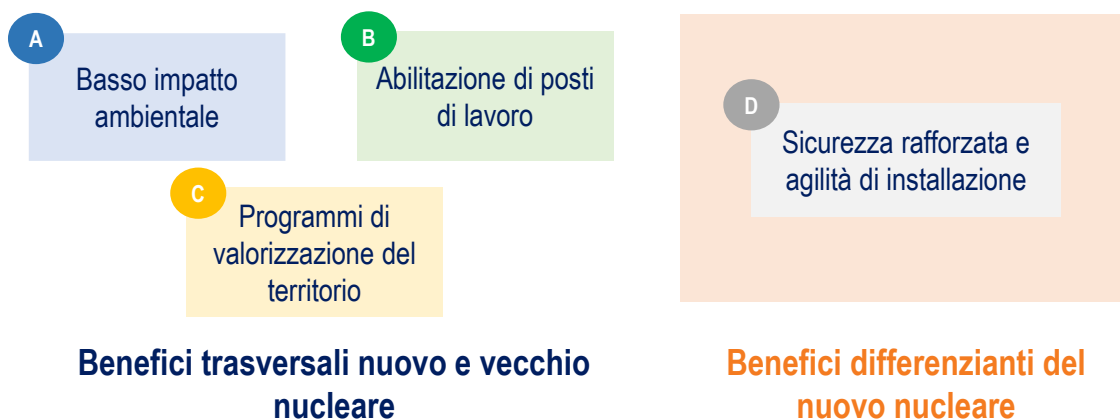


Figura XI. I benefici per i territori e i cittadini del nucleare "tradizionale" e del nuovo nucleare (illustrativo). Fonte: TEHA Group, 2024.

Molti, ad esempio, sono gli impatti generati dalla presenza del nucleare in termini di **valorizzazione del territorio**. Diversi Paesi in Europa – tra cui la Francia, il Belgio e l'Ungheria – hanno predisposto programmi di sviluppo locale, in termini di sistema infrastrutturale e progresso sociale, percorsi formativi, piani di monitoraggio su sicurezza e qualità della vita e sostegni finanziari in tutti quei territori interessati dal nucleare. In Italia, inoltre, è stato

istituito un fondo messo a disposizione dei territori che ospitano i siti di ex centrali nucleari e dal quale nel 2022 sono state erogate risorse per un valore complessivo di **14,5 milioni di Euro** (destinate alla **realizzazione di interventi mirati in campo ambientale**).

In aggiunta a questi benefici, il **nuovo nucleare si distingue dalla tecnologia tradizionale per una serie di vantaggi** legati a: a) sviluppo di nuovi *design* rispetto al nucleare tradizionale; b) **sicurezza rafforzata**, assicurata da una potenza inferiore del reattore e da soluzioni innovative per il raffreddamento del nocciolo; c) **agilità di installazione**, resa possibile da una maggiore modularità, una dimensione più piccola, un *design* più semplice, la fabbricazione seriale dei componenti, la standardizzazione e l'identificazione dei siti vista la dimensione ridotta; d) **consumo di suolo ridotto**, pari a circa 0,04 m²/MWh per un SMR (350 m²/MW in termini di potenza installata). A livello comparativo, a parità di potenza installata (m²/MW), le dimensioni di un SMR sono 5 volte superiori ad un impianto a gas a ciclo combinato CCGT²⁴ (2,4 volte nel caso di CCGT abbinato a CCS). Anche a parità di generazione elettrica (m²/MWh), il consumo di suolo di un SMR risulta leggermente superiore rispetto ad un impianto CCGT (x2 volte, anche nel caso in cui l'impianto sia abbinato a CCS). Confrontando lo spazio occupato rispetto ad un impianto fotovoltaico *utility-scale*, il nuovo nucleare ha un'**occupazione di spazio 100 volte inferiore a parità di energia prodotta** (0,04 m²/MWh vs. 4,4 m²/MWh per il fotovoltaico).²⁵

²⁴ Gli impianti CCGT (*Combined-Cycle Gas Turbine*) sono centrali a gas a ciclo combinato che utilizzano due cicli termodinamici in serie, aumentando il rendimento termodinamico dell'impianto.

²⁵ L'analisi considera un impianto SMR da 340 MW con un'estensione totale di 12 ettari e circa 7.880 ore di funzionamento in un anno. Per un impianto fotovoltaico sono state considerate 1.800 ore di funzionamento ed un consumo di suolo di 0,8 ettari per MW installato. Il confronto con le centrali a gas a ciclo combinato (CCGT) considera un impianto da 850 MW, un consumo di suolo di 6 ettari e 3.500 ore di funzionamento (stimate in prospettiva al 2035). Nel caso di un CCGT abbinato ad un sistema CCS, l'analisi ha considerato 7.000 ore di funzionamento e un'estensione dell'impianto di 11 ettari. Fonte: dati Edison.

10. Per promuovere lo sviluppo del nuovo nucleare in Italia e accelerare il percorso di decarbonizzazione è essenziale una chiara visione industriale a medio-lungo termine, in grado di massimizzare i benefici e i risparmi per gli utenti finali e il sistema-Paese e valorizzare le competenze della filiera industriale e della ricerca in Italia.



Figura XII. Gli ambiti di intervento per lo sviluppo del nuovo nucleare in Italia (illustrativo). Fonte: elaborazione di TEHA Group, 2024.

Al fine di massimizzare i benefici e le opportunità industriali del nuovo nucleare e promuovere il ruolo della filiera italiana, diventa essenziale elaborare una **chiara visione strategica di medio-lungo periodo** in grado di risolvere alcune criticità nello sviluppo del nuovo nucleare e sostenere la competitività industriale. In particolare, si evidenziano **tre leve principali di sviluppo**, in grado di **accelerare** il processo di implementazione del nuovo nucleare, che l'Italia deve considerare se vuole giocare un ruolo da protagonista nella rinascita del nucleare in Europa.

Innanzitutto, al fine di garantire un corretto avvio del nucleare in Italia, occorre elaborare un **piano industriale con una visione a medio-lungo periodo** (2030, 2040 e 2050) finalizzato a sostenere lo sviluppo della filiera industriale italiana, introducendo **meccanismi di supporto agli investimenti delle aziende** per stimolare l'**innovazione industriale** e **accrescere la capacità produttiva**. In parallelo occorre delineare un **piano di sviluppo delle competenze** con una visione estesa a tutte le figure professionali necessarie per un programma nucleare.

In aggiunta, è fondamentale un adeguato **sostegno pubblico allo sviluppo del nuovo nucleare in Italia**, attraverso **garanzie statali sui prestiti** e **meccanismi stabili dei prezzi di vendita dell'energia nucleare a medio-lungo termine** (CfD e PPA). Tra le modalità possono rientrare l'utilizzo di **fondi comunitari europei** (sostenuti dagli Stati che aderiscono all'Alleanza UE per l'energia nucleare) finalizzati proprio a sostenere uno sviluppo comune del nuovo nucleare a livello internazionale.

Inoltre, sarebbe vantaggioso avviare processi di **pre-licensing** congiunti tra le agenzie regolatrici nucleari di diversi Stati europei, di modo tale da permettere una **maggiore standardizzazione** dei requisiti di sicurezza e prestazioni tra i **diversi Paesi**. L'armonizzazione degli *standard* a livello europeo è fondamentale per abilitare le **economie di serie** e massimizzare i benefici del nuovo nucleare in termini di tempo e costi di costruzione, **assicurando** al contempo una **maggiore prevedibilità per gli investitori**. In aggiunta a ciò, aderire alle **Joint Early Reviews**²⁶ permetterebbe all'Italia di inserirsi e contribuire alla creazione di un *framework* europeo comune di *pre-licensing* finalizzato proprio a ridurre i tempi di realizzazione delle opere. Per quanto riguarda il *permitting* occorrerebbe inserire i progetti del nuovo nucleare tra le **opere prioritarie e strategiche** per il Paese al fine di velocizzarne la messa a terra e adottare un **modello efficiente di partenariato pubblico-privato**. Infine, la creazione di una **Autorità di Sicurezza nazionale** è fondamentale per lo sviluppo del nuovo nucleare in Italia al fine di garantire il rispetto dei più elevati *standard* di sicurezza, conformarsi alle normative internazionali e assicurare un controllo rigoroso sulle operazioni, minimizzando i rischi per la popolazione e l'ambiente. Tale autorità funge da organismo indipendente, responsabile della regolamentazione, supervisione e gestione delle criticità legate all'energia nucleare.

In aggiunta alle leve di sviluppo, l'Italia deve anche attenzionare alcuni **fattori abilitanti, necessari e decisivi** affinché il nuovo nucleare possa essere sviluppato in Italia. In primis occorre stabilire un Framework regolatorio, che prevede l'istituzione di una **NEPIO** (Nuclear Energy Programme Implementing Organization) con il compito di valutare lo stato delle infrastrutture di base necessarie per avviare un programma nucleare nazionale e fornire al Governo le indicazioni necessarie per il loro completo sviluppo e operatività.

Inoltre, occorre definire una precisa gestione dei rifiuti radioattivi, in particolare individuare il sito e realizzare il **Deposito Unico Nazionale** per lo stoccaggio e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi, definire gli **incentivi e le misure di valorizzazione** per il territorio ospitante il futuro Deposito realizzare un **Tavolo di lavoro con gli attori dei territori selezionati** (i cittadini) **e gli stakeholder interessati** (Istituzioni, comunità, esperti del settore, associazioni ambientaliste ecc.) per sviluppare il consenso alla costruzione del Deposito Unico Nazionale. Infine, è auspicabile potenziare il più possibile l'accettabilità sociale del nuovo nucleare nei territori. Si propone quindi di **sviluppare la cultura del consenso informato** attraverso un **programma di comunicazione per tutta la popolazione** (ad esempio tramite l'organizzazione di eventi informativi gratuiti e un dialogo aperto e continuo con i cittadini) sugli impatti e i benefici per i territori che derivano dalla costruzione di impianti nucleari e le **differenze esistenti tra nuovo nucleare e nucleare della generazione precedente**.

²⁶ Le *Joint Early Reviews* (JER) sono revisioni congiunte tra regolatori e sviluppatori, effettuate nelle fasi iniziali dei progetti per identificare e risolvere precocemente potenziali problemi. Queste revisioni accelerano i tempi di approvazione grazie all'armonizzazione internazionale, che permette di allineare i requisiti normativi tra diversi Paesi, riducendo duplicazioni e facilitando l'adozione di *standard* comuni.