



CENTRO STUDI NAZIONALE "DOMENICO LOSURDO"

Saggio — Giugno 2026

Dalla Decarbonizzazione alla Pianificazione della Conoscenza

*Italia, Cina e la costruzione della nuova infrastruttura energetica
del XXI secolo*

Giorgio Brera

Progettazione energetica HVAC

GIUGNO 2026

Perché ho scritto questo saggio

Una ragione semplice, nata sul campo

Ho scritto questo saggio per una ragione semplice: non si può capire la transizione energetica se non si capisce il rapporto tra pianificazione, conoscenza e sviluppo industriale. Non è un ragionamento astratto. È nato sul campo.

Per decenni ho progettato e realizzato interventi di progettazione energetica HVAC su edifici pubblici. Scuole, uffici, piccoli ospedali. Un lavoro tecnico, fatto di calcoli, dimensionamenti, scelte di componenti. E a un certo punto mi sono accorto che i componenti — moduli fotovoltaici, batterie, inverter, pompe di calore — arrivavano prima dagli Stati Uniti, poi dal Giappone ed ora quasi tutti dalla Cina.

Ho cominciato a chiedermi perché.

La risposta l'ho trovata tornando indietro nel tempo, a quando ero studente universitario e mi sono laureato sulla pianificazione nella Repubblica Socialista Cecoslovacca. Avevo studiato i limiti di quel sistema — rigidità, burocrazia, isolamento tecnologico — ma anche i suoi successi: un'istruzione tecnica di altissimo livello, un rapporto stretto tra università e industria, la consapevolezza che prima si costruiscono le competenze, poi si costruiscono le fabbriche.

La Cina ha fatto proprio questo. Non ha copiato il modello sovietico. Ha imparato dai suoi errori. Ha mantenuto la pianificazione strategica, ma l'ha aperta al mercato. E ha investito sistematicamente nelle discipline STEM, nelle università tecniche, nei politecnici, nei programmi di dottorato, nei laboratori condivisi.

Prima la conoscenza. Poi l'industria.

Questo saggio è il resoconto di quel percorso. È un lavoro scientifico perché è verificato dalla pratica — teoria → prassi → teoria — e perché espone i risultati perché altri possano criticarli e correggerli. Non è un pamphlet. Non è un atto di fede. È l'analisi di un tecnico che ha passato la vita tra cantieri e libri.

INTRODUZIONE

Le grandi trasformazioni economiche della storia raramente si manifestano inizialmente nella loro forma più profonda. Spesso vengono percepite attraverso i cambiamenti più visibili, mentre le dinamiche strutturali che le generano rimangono a lungo sullo sfondo.

La rivoluzione industriale del XVIII secolo fu inizialmente identificata con la macchina a vapore, ma il suo significato storico risiedeva nella nascita di un nuovo sistema produttivo. L'elettrificazione del XX secolo non coincide semplicemente con la diffusione dell'energia elettrica, bensì con la riorganizzazione dell'industria, delle città e dei trasporti. Analogamente, la rivoluzione digitale non può essere ridotta all'avvento dei computer o di Internet, poiché ha modificato profondamente il modo di produrre, comunicare e organizzare la conoscenza.

La decarbonizzazione rischia oggi di essere interpretata attraverso una semplificazione analogica. Nel dibattito pubblico essa viene frequentemente associata alla riduzione delle emissioni climateranti, alla diffusione delle energie rinnovabili o all'introduzione di nuove tecnologie energetiche. Sebbene tali aspetti siano certamente rilevanti, essi rappresentano soltanto la manifestazione più evidente di un processo molto più ampio.

Ciò che sta emergendo a livello globale è una trasformazione sistemica che coinvolge simultaneamente energia, industria, ricerca scientifica, formazione superiore, politica industriale, organizzazione del lavoro e relazioni internazionali.

La tesi centrale del saggio può essere sintetizzata in una proposizione semplice: la vera competizione del XXI secolo non riguarda principalmente il possesso delle tecnologie, ma la capacità di costruire ecosistemi della conoscenza capaci di generare continuamente nuove tecnologie.

La transizione energetica costituisce quindi non soltanto una sfida ambientale ma anche una sfida di sviluppo. Essa richiede nuove competenze, nuove infrastrutture, nuovi modelli di cooperazione e una diversa capacità di integrare ricerca scientifica e produzione industriale.

In questo scenario assume particolare interesse l'esperienza della Repubblica Popolare Cinese. Nel corso degli ultimi due decenni la Cina è divenuta uno dei principali protagonisti mondiali nei settori del fotovoltaico, dell'accumulo energetico, dell'elettronica di potenza, delle pompe di calore e delle tecnologie digitali applicate all'energia. Tale risultato non può essere spiegato esclusivamente attraverso la dimensione del mercato interno o la disponibilità di capitali. Esso appare piuttosto il risultato di una strategia di lungo periodo nella quale università, ricerca, industria e pianificazione hanno operato in modo relativamente coordinato.

A questa tesi arrivo per un percorso che mi è personale. Alla fine degli anni Ottanta mi sono laureato sulla pianificazione nella Repubblica Socialista Cecoslovacca. Studiai i piani quinquennali, i limiti del sistema, ma anche i successi: un'istruzione tecnica eccellente, una ricerca di base di alto livello, un rapporto stretto tra università e industria. E soprattutto imparai una lezione che non ho mai dimenticato: prima si costruiscono le competenze, poi si costruiscono le fabbriche.

In Cecoslovacchia, prima che il sistema implodesse, c'erano ingegneri, tecnici, ricercatori. Le tecnologie arrivavano dopo. Oggi in Europa facciamo spesso il contrario: compriamo tecnologie già pronte e poi cerchiamo di formarci le competenze. È un approccio perdente. Le tecnologie si possono comprare. Le competenze no. Si costruiscono in decenni. La Cina ha capito questo. E lo ha fatto meglio di chiunque altro.

La decarbonizzazione come quarta rivoluzione industriale

1.1 Oltre la questione ambientale

La riduzione delle emissioni di anidride carbonica rappresenta uno degli obiettivi più frequentemente richiamati nel dibattito contemporaneo. Governi, istituzioni internazionali, imprese e comunità scientifiche convergono sulla necessità di limitare l'impatto ambientale delle attività umane e di favorire una progressiva riduzione della dipendenza dai combustibili fossili.

Tuttavia, osservare la decarbonizzazione esclusivamente attraverso la lente ambientale rischia di produrre una lettura incompleta del fenomeno. L'energia non costituisce infatti un settore economico tra gli altri. Essa rappresenta la base materiale sulla quale si sviluppano tutte le attività produttive, industriali e sociali. Ogni trasformazione significativa del sistema energetico tende inevitabilmente a produrre effetti sull'intera struttura economica. Per questa ragione la transizione energetica in corso può essere interpretata come una nuova rivoluzione industriale.

Non si tratta semplicemente di sostituire una fonte energetica con un'altra. Ciò che cambia è il modo stesso in cui l'energia viene prodotta, distribuita, accumulata, gestita e utilizzata. Il passaggio da un sistema centralizzato basato prevalentemente sui combustibili fossili a un sistema distribuito fondato sull'integrazione tra fonti rinnovabili, accumulo energetico e gestione digitale modifica radicalmente l'architettura dell'economia energetica.

1.2 Le tre rivoluzioni industriali che hanno preceduto la transizione energetica

La storia economica moderna può essere interpretata come una successione di grandi trasformazioni energetiche e tecnologiche. La prima rivoluzione industriale fu resa possibile dall'impiego sistematico del carbone e della macchina a vapore. La seconda rivoluzione industriale si sviluppò attorno all'elettricità, ai motori elettrici e alla produzione di massa. La terza rivoluzione industriale ebbe come elemento caratterizzante l'informatica, l'elettronica e le telecomunicazioni.

Ognuna di queste trasformazioni modificò simultaneamente le tecnologie, l'organizzazione della produzione e la struttura della società. La fase storica attuale presenta caratteristiche analoghe. L'integrazione tra energia rinnovabile, accumulo elettrochimico, elettronica di potenza, automazione e intelligenza artificiale sta dando origine a una nuova infrastruttura economica che potrebbe avere effetti comparabili a quelli prodotti dalle precedenti rivoluzioni industriali.

1.3 Dall'energia alla conoscenza

Esiste tuttavia una differenza sostanziale rispetto alle trasformazioni del passato. Le rivoluzioni industriali precedenti erano principalmente fondate sull'accesso a nuove fonti energetiche o a nuove macchine. La trasformazione contemporanea appare invece sempre più dipendente dalla capacità di generare e organizzare conoscenza.

Un moderno sistema fotovoltaico integra fisica dei semiconduttori, scienza dei materiali, elettronica di potenza e algoritmi di controllo. Una pompa di calore ad alta efficienza richiede termodinamica avanzata, fluidodinamica, automazione e informatica. Una rete elettrica intelligente rappresenta la convergenza tra energia, telecomunicazioni e intelligenza artificiale. La complessità crescente delle tecnologie rende la conoscenza il principale fattore produttivo strategico.

1.4 La nuova infrastruttura energetica

La caratteristica distintiva della fase attuale è la convergenza di tecnologie differenti all'interno di sistemi integrati. Fotovoltaico, accumulo, pompe di calore, mobilità elettrica, comunità energetiche, reti intelligenti e sistemi digitali non devono essere interpretati come elementi separati. Essi costituiscono componenti di una medesima infrastruttura. Il concetto stesso di impianto energetico tende progressivamente a lasciare spazio a quello di ecosistema energetico.

L'intelligenza artificiale, gli Energy Management System e le piattaforme digitali svolgono in questo contesto un ruolo analogo a quello che le reti ferroviarie ebbero durante la prima rivoluzione industriale o le reti elettriche durante la seconda. Essi rappresentano il tessuto connettivo della nuova economia energetica.

1.5 Una questione di sviluppo

Interpretare la decarbonizzazione come quarta rivoluzione industriale significa riconoscere che la posta in gioco va ben oltre la riduzione delle emissioni. In gioco vi sono la competitività industriale, la qualità della formazione, la capacità di innovazione, l'autonomia tecnologica e la resilienza economica delle nazioni. Le tecnologie energetiche costituiscono soltanto la parte visibile di

una trasformazione più profonda. La questione centrale riguarda la capacità di organizzare conoscenza, ricerca e sviluppo all'interno di ecosistemi capaci di produrre innovazione in modo continuativo.

Da questa prospettiva la transizione energetica può essere interpretata come il primo grande laboratorio nel quale si manifesta la nuova economia della conoscenza del XXI secolo.

Dalla globalizzazione alla resilienza: il ritorno della politica industriale e della pianificazione strategica

2.1 La fine di un'epoca

Per oltre tre decenni il dibattito economico internazionale è stato dominato da una convinzione largamente condivisa: la globalizzazione dei mercati avrebbe progressivamente reso superflue molte delle tradizionali forme di intervento strategico degli Stati nell'economia. L'apertura dei mercati, la liberalizzazione degli scambi, la crescente integrazione delle catene globali del valore e la riduzione delle barriere commerciali sembravano indicare l'emergere di un sistema economico mondiale nel quale la localizzazione della produzione sarebbe stata determinata prevalentemente dall'efficienza economica.

Per molti anni tale modello ha prodotto risultati significativi. La crescita del commercio internazionale, l'espansione delle reti logistiche globali e la diffusione delle tecnologie digitali hanno favorito uno dei periodi di maggiore integrazione economica della storia contemporanea. Tuttavia, proprio il successo di questo processo ha progressivamente generato nuove vulnerabilità.

2.2 Le crisi che hanno cambiato il paradigma

Tra il 2008 e il 2025 il sistema economico mondiale è stato attraversato da una sequenza di crisi che hanno modificato profondamente la percezione dei rischi associati alla globalizzazione. La crisi finanziaria del 2008 ha mostrato quanto rapidamente possano propagarsi gli effetti di squilibri apparentemente localizzati. La pandemia da COVID-19 ha evidenziato la fragilità delle catene logistiche globali. Le tensioni geopolitiche successive hanno ulteriormente accentuato le preoccupazioni relative alla sicurezza energetica, all'approvvigionamento di materie prime critiche e alla disponibilità di componenti tecnologici strategici.

In pochi anni temi che sembravano appartenere alla storia economica del Novecento sono tornati al centro del dibattito internazionale: sicurezza energetica, sovranità tecnologica, autonomia industriale, resilienza delle infrastrutture, approvvigionamento delle materie prime critiche, protezione delle filiere strategiche.

2.3 Dall'efficienza alla resilienza

Uno dei cambiamenti più significativi degli ultimi anni consiste nel progressivo passaggio da una logica fondata esclusivamente sull'efficienza a una logica che attribuisce crescente importanza alla resilienza. Per lungo tempo il criterio dominante nella valutazione dei sistemi economici è stato la minimizzazione dei costi. Oggi tali fattori rimangono importanti, ma non sono più sufficienti.

La resilienza diventa quindi una nuova categoria economica. Essa comprende la capacità di adattarsi ai cambiamenti, diversificare le fonti di approvvigionamento, mantenere competenze critiche, sviluppare tecnologie strategiche e preservare continuità operativa in condizioni avverse.

2.4 Il ritorno della politica industriale

L'affermazione della resilienza come obiettivo strategico ha determinato una rivalutazione del ruolo della politica industriale. Negli Stati Uniti programmi come l'*Inflation Reduction Act* hanno mobilitato centinaia di miliardi di dollari per sostenere la transizione energetica e la rilocalizzazione di produzioni considerate strategiche. L'Unione Europea ha avviato iniziative analoghe attraverso il *Green Deal*, il *Net Zero Industry Act* e numerosi programmi di sostegno all'innovazione.

La Cina, dal canto suo, prosegue lungo un percorso di sviluppo caratterizzato da una forte integrazione tra pianificazione strategica, ricerca e politica industriale. Pur attraverso strumenti differenti, emerge una tendenza comune: le principali economie mondiali stanno tornando a considerare la capacità produttiva e tecnologica come una questione strategica.

2.5 La pianificazione nel XXI secolo

Il termine pianificazione suscita spesso interpretazioni contrastanti. Nel dibattito pubblico occidentale esso viene frequentemente associato alle esperienze storiche dell'economia amministrata del Novecento. Nel contesto attuale pianificare non significa sostituire il mercato. Significa defi-

nire priorità di lungo periodo e orientare risorse verso obiettivi considerati strategici. In questo senso la pianificazione assume una funzione simile a quella svolta da una bussola: non determina ogni singola decisione economica, ma contribuisce a definire la direzione generale del percorso.

2.6-2.7 Energia, tecnologia e potere economico — Verso una nuova economia della conoscenza

La storia economica dimostra che i periodi di maggiore sviluppo sono spesso associati alla capacità di controllare le tecnologie chiave di una determinata epoca. Nel XXI secolo il ruolo delle tecnologie strategiche viene progressivamente assunto da energia rinnovabile, accumulo elettrochimico, elettronica di potenza, intelligenza artificiale, semiconduttori avanzati e reti digitali. La caratteristica comune di tali settori è l'elevata intensità di conoscenza.

Le trasformazioni descritte suggeriscono che la fase storica attuale non possa essere interpretata semplicemente come una transizione energetica. Ciò che emerge è una più ampia transizione verso un modello di sviluppo nel quale la conoscenza assume il ruolo di principale fattore produttivo strategico. È proprio osservando il modo in cui la Cina ha costruito tali infrastrutture della conoscenza che è possibile comprendere alcune delle ragioni profonde della sua affermazione nei settori della transizione energetica.

Dall'innovazione tecnologica alle nuove forze produttive di qualità: l'evoluzione della strategia cinese dal XVIII al XX Congresso

3.1 Comprendere la Cina contemporanea

Uno dei limiti più frequenti nell'analisi dello sviluppo cinese consiste nel tentativo di interpretare fenomeni complessi attraverso categorie semplificate. La crescita economica della Repubblica Popolare Cinese viene spesso spiegata mediante fattori quantitativi: dimensione della popolazione, disponibilità di manodopera, capacità produttiva. Tutti questi elementi hanno certamente contribuito, ma non sono sufficienti a spiegare la straordinaria capacità della Cina di conquistare posizioni di leadership in settori ad elevato contenuto tecnologico.

E qui mi riallaccio ai miei studi sulla pianificazione socialista. Negli anni Ottanta, studiando la Cecoslovacchia, avevo visto un sistema che aveva investito moltissimo nella formazione tecnica e nella ricerca di base, ma che era imploso per la rigidità della pianificazione e per l'isolamento tecnologico. Economisti come Ota Šik, Alec Nove e Maurice Dobb avevano già capito che il socialismo reale doveva aprirsi al mercato. La Cina ha fatto proprio questo.

3.2 Il XVIII Congresso: l'innovazione come motore dello sviluppo


Il XVIII Congresso del Partito Comunista Cinese del 2012 rappresenta un passaggio fondamentale. Dopo oltre trent'anni di straordinaria crescita economica, la dirigenza cinese si trova di fronte a una nuova sfida. Il modello fondato prevalentemente sull'espansione produttiva mostrava limiti crescenti. In questa fase l'innovazione scientifica e tecnologica viene individuata come il principale motore della nuova fase di sviluppo. L'obiettivo non è più soltanto produrre di più. L'obiettivo diventa produrre meglio.

3.3 Il XIX Congresso e il concetto di Civiltà Ecologica

Il XIX Congresso del 2017 introduce il concetto di *Civiltà Ecologica* (Shengtai Wenming). La tutela dell'ambiente non viene considerata un limite esterno allo sviluppo. Viene integrata all'interno del processo di sviluppo stesso. Le tecnologie ambientali cessano quindi di essere semplicemente strumenti per ridurre l'inquinamento. Diventano settori produttivi strategici. Le energie rinnovabili, l'efficienza energetica, la mobilità elettrica vengono progressivamente interpretate come fattori di modernizzazione economica.

3.4-3.5 Dalla fabbrica del mondo al laboratorio dell'innovazione — Il XX Congresso e le nuove forze produttive di qualità

A partire dal secondo decennio del XXI secolo il Paese avvia una strategia orientata a salire lungo la catena del valore. L'obiettivo non consiste più soltanto nell'assemblare prodotti progettati altrove. L'obiettivo diventa progettare, sviluppare e produrre tecnologie avanzate. Il XX Congresso del 2022 introduce il concetto di *nuove forze produttive di qualità*: la crescita economica futura deve essere sostenuta non dall'espansione quantitativa delle capacità produttive quanto dall'incremento della qualità tecnologica dei processi.



Prima si sviluppano le competenze. Successivamente si sviluppano le tecnologie. Infine si sviluppano le filiere produttive. È questa la sequenza che merita attenzione.

3.6-3.7 Il ruolo della scienza — Il XV Piano Quinquennale: dall'espansione all'integrazione

Uno degli aspetti più interessanti dell'esperienza cinese riguarda la crescente centralità attribuita alla scienza. Fisica, chimica, scienza dei materiali, informatica, automazione, matematica applicata, ingegneria. Queste discipline costituiscono il terreno sul quale si sviluppano le tecnologie considerate strategiche per il futuro.

Le indicazioni emerse in vista del XV Piano Quinquennale (2026-2030) confermano questa tendenza. L'obiettivo non appare più semplicemente quello di installare più pannelli fotovoltaici o produrre più batterie. L'obiettivo diventa coordinare l'intero ecosistema energetico attraverso digitalizzazione, accumulo distribuito, intelligenza artificiale applicata alle reti, economia circolare.

Le discipline STEM come infrastruttura strategica nazionale

4.1 Una nuova definizione di infrastruttura

Quando si parla di infrastrutture, il pensiero corre immediatamente a strade, ponti, ferrovie, porti, aeroporti, reti elettriche. Nel XXI secolo tale definizione appare tuttavia sempre più insufficiente. L'economia contemporanea si fonda su un elemento che, pur essendo meno visibile di una ferrovia o di una centrale elettrica, risulta altrettanto decisivo: la conoscenza.

Per questa ragione le università, i politecnici, i laboratori di ricerca e i sistemi di formazione tecnica possono essere considerati infrastrutture strategiche a tutti gli effetti. Così come una rete ferroviaria collega città e mercati, una rete scientifica collega conoscenze, competenze e capacità innovative.

4.2-4.3 La produzione della conoscenza come processo industriale — La catena del valore dell'innovazione

La ricerca scientifica non rappresenta più esclusivamente un'attività accademica. Essa costituisce il primo anello di una catena che conduce all'innovazione tecnologica e successivamente alla competitività economica. Una moderna pompa di calore ad alta efficienza non nasce all'interno di una fabbrica. Nasce anni prima nei laboratori nei quali vengono studiati termodinamica avanzata, fluidodinamica, scambio termico, materiali innovativi, algoritmi di controllo.

Analogamente, una batteria di nuova generazione è il risultato di ricerche che coinvolgono elettrochimica, fisica dello stato solido, scienza dei materiali, modellazione matematica. Ciò significa che il vero vantaggio competitivo non si trova necessariamente nell'ultima fase della produzione. Esso risiede spesso nella capacità di controllare e sviluppare le discipline che rendono possibile l'innovazione.

4.4 Le discipline abilitanti della transizione energetica

L'osservazione delle principali filiere energetiche evidenzia una relazione diretta tra tecnologie e discipline scientifiche. Dietro il fotovoltaico troviamo la fisica dei semiconduttori e la scienza dei materiali. Dietro le batterie troviamo l'elettrochimica. Dietro le pompe di calore troviamo la termodinamica applicata. Dietro le smart grid troviamo informatica, telecomunicazioni e intelligenza artificiale.

Ne deriva che la transizione energetica non è soltanto una questione energetica. È anche una questione educativa. È una questione universitaria. In ultima analisi, è una questione di politica dello sviluppo.

4.5 Il caso cinese

Negli ultimi vent'anni il sistema universitario cinese ha registrato una crescita straordinaria sia in termini quantitativi sia qualitativi: espansione dei politecnici, incremento dei programmi di dottorato, crescita degli investimenti in ricerca, rafforzamento delle collaborazioni tra università e imprese, sviluppo di grandi poli dell'innovazione. L'obiettivo non sembra essere stato semplicemente quello di formare più laureati. L'obiettivo appare piuttosto la costruzione di una massa critica di competenze capace di sostenere la modernizzazione tecnologica del Paese.

4.6-4.8 La sfida europea — L'Italia — La nuova infrastruttura strategica

Anche l'Europa dispone di un patrimonio scientifico di assoluto valore. Tuttavia il continente si confronta oggi con una sfida complessa. Mentre la produzione di conoscenza rimane elevata, non sempre il trasferimento verso il sistema produttivo avviene con la stessa efficacia osservabile in altri contesti. Si genera così un paradosso: l'Europa contribuisce significativamente alla ricerca globale ma fatica talvolta a trasformare tale patrimonio in leadership industriale.

In questo contesto l'Italia presenta caratteristiche peculiari. La struttura produttiva nazionale è composta da una rete estremamente articolata di piccole e medie imprese, studi professionali e competenze tecniche diffuse sul territorio. La transizione energetica richiede non soltanto ricercatori e scienziati, ma anche progettisti, tecnici, installatori, collaudatori, energy manager, specialisti HVAC — figure capaci di tradurre l'innovazione in applicazioni concrete.

Le tecnologie strategiche del periodo 2026–2035: dalla macchina al sistema

5.1 La fine dell'era delle tecnologie isolate

Nel dibattito energetico contemporaneo l'attenzione viene spesso concentrata sulle prestazioni delle singole tecnologie. Si confrontano i rendimenti delle pompe di calore, si misurano le efficienze dei moduli fotovoltaici, si valutano le densità energetiche delle batterie. Tali parametri sono certamente importanti. Tuttavia emerge una tendenza destinata a caratterizzare il prossimo decennio: il passaggio dalla singola macchina al sistema integrato.

5.2–5.3 L'elettrificazione come asse portante — Le pompe di calore

La crescente disponibilità di energia elettrica prodotta da fonti a basse emissioni rende possibile sostituire progressivamente numerosi utilizzi tradizionalmente affidati ai combustibili fossili. Tra le tecnologie che meglio rappresentano questa trasformazione vi sono le pompe di calore. Compressori inverter, scambiatori ad alta efficienza, controlli digitali avanzati, nuovi refrigeranti, integrazione con sistemi di gestione energetica — tutte queste innovazioni hanno consentito di ampliare enormemente il campo di applicazione.

Particolarmente significativo risulta lo sviluppo delle pompe di calore ad alta temperatura, che consentono oggi di operare efficacemente anche in edifici esistenti caratterizzati da impianti tradizionali. Per l'Europa tale aspetto assume una rilevanza strategica data la composizione del patrimonio edilizio.

5.4–5.5 Refrigeranti naturali — Il fotovoltaico

L'evoluzione delle pompe di calore evidenzia un fenomeno più generale. La sostenibilità di una tecnologia non dipende esclusivamente dal suo rendimento energetico. Per questa ragione si assiste a una crescente diffusione di refrigeranti naturali come propano (R290), anidride carbonica (R744), ammoniacca (R717). Negli ultimi vent'anni il fotovoltaico ha conosciuto una delle più ra-

pide evoluzioni industriali della storia moderna. Le tecnologie TOPCon e HJT rappresentano oggi una delle principali direttrici di sviluppo, mentre le celle tandem perovskite-silicio sono considerate una delle più promettenti frontiere della ricerca.

5.6 Il Building Integrated Photovoltaics

Particolare interesse riveste il Building Integrated Photovoltaics (BIPV). In questa configurazione il modulo fotovoltaico non viene più percepito come un componente aggiunto. Diventa parte integrante dell'architettura: coperture, facciate, pensiline, superfici vetrate. Per l'Italia tale prospettiva assume un valore particolare, dato il patrimonio architettonico da tutelare.

5.7-5.8 L'accumulo energetico — L'intelligenza artificiale nel sistema energetico

Le batterie litio-ferro-fosfato (LFP) rappresentano oggi una delle tecnologie più mature per l'accumulo: affidabilità, sicurezza, lunga durata, competitività economica. Parallelamente si stanno sviluppando batterie allo stato solido, batterie sodio-ioni, sistemi di accumulo a flusso. Uno degli sviluppi più significativi del periodo 2026-2035 sarà l'integrazione crescente tra energia e intelligenza artificiale. Gli Energy Management System consentono già oggi di analizzare grandi quantità di dati per ottimizzare automaticamente il funzionamento dell'intero sistema.

5.9 La convergenza tecnologica

La pompa di calore utilizza l'energia prodotta dal fotovoltaico. L'accumulo valorizza la produzione eccedente. L'elettronica di potenza coordina i flussi energetici. L'intelligenza artificiale ottimizza il funzionamento complessivo. La rete elettrica diventa una piattaforma dinamica di scambio di energia e informazioni. La somma di queste componenti produce qualcosa di qualitativamente diverso: una nuova infrastruttura energetica.

Dalla teoria alla pratica: verifica tecnico-economica della decarbonizzazione su un edificio pubblico tipo

6.1–6.2 Perché una verifica applicativa — L'edificio di riferimento

Le riflessioni sviluppate nei capitoli precedenti hanno evidenziato come la transizione energetica non possa essere interpretata come una semplice sostituzione di tecnologie. Ogni teoria deve essere verificata nella realtà. Per questa ragione appare utile analizzare un caso rappresentativo del patrimonio edilizio pubblico europeo e italiano.

Per l'analisi viene considerato un edificio pubblico di dimensioni intermedie assimilabile a una scuola secondaria, una sede amministrativa o un centro civico. Superficie utile climatizzata: 3.000 m². Zona climatica: Nord Italia (zona E, 2.400–3.000 gradi giorno). Fabbisogno termico annuo: 90.000 kWh. Sistema esistente: caldaia a gas, rendimento medio stagionale 90%.

6.3 Lo scenario tradizionale

CONSUMO GAS
NATURALE

100.000

kWh/anno

Per soddisfare 90.000 kWh

utili

EMISSIONI CO₂

20.200 kg/anno

Fattore emissivo 0,202

kg/kWh

RENDIMENTO
IMPIANTO

90 %

Stagionale medio

6.4–6.7 Lo scenario integrato

Lo scenario di riqualificazione prevede l'installazione coordinata di: pompa di calore aria-acqua inverter, impianto fotovoltaico da 30 kWp, accumulo elettrochimico, sistema EMS di gestione energetica. La caratteristica fondamentale dell'intervento consiste nel fatto che le tecnologie non ven-

gono considerate separatamente. Esse operano come parti di un unico sistema. La pompa di calore utilizza prioritariamente l'energia prodotta dal fotovoltaico, l'accumulo immagazzina l'energia eccedente, l'EMS coordina domanda e offerta.

Con un coefficiente di prestazione stagionale medio pari a 3,5, il consumo elettrico necessario risulta pari a circa 25.700 kWh/anno. L'impianto fotovoltaico da 30 kWp può produrre mediamente circa 36.000 kWh/anno nelle condizioni climatiche del Nord Italia. In uno scenario realistico l'autoconsumo può raggiungere valori prossimi al 70%.

6.8 Risultati energetici e ambientali

PARAMETRO

RIDUZIONE STIMATA

CONSUMO GAS NATURALE

ELIMINAZIONE FOSSILI

100.000 kWh → 0 kWh

-100%

CONSUMO ELETTRICO (POMPA CALORE)

COPERTO DA FOTOVOLTAICO LOCALE

25.700 kWh/anno

~70% in autoconsumo

EMISSIONI CO₂ — SCENARIO TRADIZIONALE

EMISSIONI CO₂ — SCENARIO INTEGRATO

20.200 kg/anno

2.000-4.000 kg/anno

RIDUZIONE COMPLESSIVA EMISSIONI

APPROCCIO

80-90%

Sistemico integrato

6.9-6.11 Il valore economico della resilienza — Dall'edificio alla città — Una lezione più generale

La riduzione complessiva può raggiungere valori compresi tra l'80% e il 90%. Si tratta di un risultato difficilmente ottenibile mediante interventi isolati. Ancora una volta emerge il vantaggio dell'approccio sistemico. L'autonomia energetica parziale, la riduzione dell'esposizione alle oscillazioni dei prezzi, la maggiore prevedibilità dei costi — tutti questi elementi contribuiscono alla resilienza dell'organizzazione.

Se il modello viene applicato a scuole, uffici pubblici, ospedali, edifici residenziali, complessi industriali, gli effetti si moltiplicano. La singola riqualificazione energetica diventa parte di una trasformazione infrastrutturale più ampia: la costruzione progressiva di ecosistemi energetici intelligenti distribuiti sul territorio.

L'Italia come laboratorio applicativo della transizione energetica europea

7.1-7.2 Una posizione particolare — Il valore strategico della complessità

Nel dibattito internazionale sulla transizione energetica l'Italia occupa una posizione peculiare all'interno del panorama europeo. Da un lato è una delle principali economie manifatturiere del continente. Dall'altro possiede uno dei patrimoni edilizi, architettonici e paesaggistici più complessi al mondo. Questa apparente difficoltà rappresenta in realtà una potenziale opportunità.

Una tecnologia che funziona efficacemente in questi contesti possiede elevate probabilità di successo anche in numerosi altri mercati europei. La complessità italiana si trasforma così in un vantaggio competitivo.

7.3-7.5 La cultura della progettazione integrata — Le professioni tecniche — L'esperienza accumulata

Uno degli elementi distintivi dell'esperienza italiana consiste nella tradizione della progettazione integrata. La realizzazione di un intervento energetico raramente coinvolge una sola disciplina. Questa cultura dell'integrazione rappresenta una competenza di grande valore nel contesto della transizione energetica, dove la vera innovazione nasce dalla capacità di coordinare sistemi differenti.

Negli ultimi vent'anni il Paese ha sviluppato una vasta esperienza nel campo della riqualificazione energetica, contribuendo alla formazione di un patrimonio di competenze pratiche difficilmente quantificabile ma estremamente rilevante. L'Italia dispone oggi di migliaia di tecnici che hanno maturato esperienza diretta nell'applicazione delle tecnologie della transizione energetica.

7.6-7.9 Piattaforma di validazione — Divisione internazionale delle competenze — Ponte tra Europa e Asia

Se la Cina può essere considerata uno dei principali centri mondiali di sviluppo e produzione delle tecnologie della decarbonizzazione, l'Italia può svolgere una funzione complementare: diventare una piattaforma di validazione tecnologica. Un luogo nel quale sperimentare nuove soluzioni, verificare prestazioni reali, adattare prodotti ai requisiti europei, sviluppare standard applicativi, integrare innovazione e patrimonio costruito.

Storicamente l'Italia ha spesso svolto una funzione di connessione tra mondi differenti. Anche nel contesto della transizione energetica potrebbe assumere un ruolo analogo. Non come semplice mercato di destinazione, ma come luogo di incontro tra ricerca, progettazione, industria e applicazione.

Italia e Cina nella nuova economia della conoscenza

8.1 Oltre la contrapposizione: un nuovo paradigma delle relazioni economiche internazionali

Nel dibattito internazionale contemporaneo le relazioni tra Europa e Cina vengono frequentemente interpretate attraverso categorie prevalentemente competitive. Tuttavia, limitarsi a una lettura esclusivamente competitiva rischia di oscurare una realtà altrettanto importante. Le principali sfide del XXI secolo possiedono infatti una dimensione tale da richiedere livelli crescenti di cooperazione internazionale.

La transizione energetica, la digitalizzazione, l'intelligenza artificiale, la sicurezza energetica, la sostenibilità ambientale, la formazione delle competenze scientifiche — tutti questi processi superano per loro natura i confini nazionali. La vera sfida consiste nel costruire forme di cooperazione capaci di generare innovazione, sviluppo economico e progresso tecnologico.

8.2-8.3 La complementarità tra Italia e Cina — Dalla cooperazione commerciale alla cooperazione tecnologica

Nel corso degli ultimi vent'anni la Cina ha costruito uno dei più vasti ecosistemi mondiali della ricerca applicata, della produzione industriale e dello sviluppo tecnologico nei settori strategici della transizione energetica. L'Italia possiede invece caratteristiche differenti ma ugualmente significative: una consolidata tradizione manifatturiera, elevate competenze progettuali, una rete diffusa di professionisti tecnici, un patrimonio edilizio complesso, una lunga esperienza nella riqualificazione energetica.


Questi elementi non si sovrappongono. Proprio per questo possono generare sinergie. La cooperazione nasce spesso non dalla somiglianza ma dalla capacità di valorizzare competenze differenti all'interno di obiettivi comuni.

8.4-8.6 Università, ricerca e formazione — Le professioni tecniche — Gli edifici pubblici come laboratori

La cooperazione tra università italiane e cinesi potrebbe contribuire alla costruzione di programmi comuni di ricerca e formazione in settori quali pompe di calore e HVAC avanzati, refrigeranti naturali, accumulo energetico, elettronica di potenza, comunità energetiche, intelligenza artificiale applicata all'energia. In questo modo la collaborazione non si limiterebbe allo scambio di prodotti ma riguarderebbe direttamente la produzione di nuova conoscenza.

8.7-8.9 Il Memorandum d'Intesa del 2019 — L'Italia come ponte — Cooperare per innovare

Il Memorandum d'Intesa del 2019 sulla collaborazione nell'ambito della Belt and Road Initiative individuava un principio che conserva ancora oggi una significativa attualità: la possibilità di sviluppare relazioni economiche, industriali, scientifiche e tecnologiche di lungo periodo tra Italia e Cina. Le trasformazioni intervenute suggeriscono tuttavia la necessità di una nuova fase — un aggiornamento alla luce delle sfide contemporanee: transizione energetica, digitalizzazione, intelligenza artificiale, formazione STEM, ricerca applicata.



La cooperazione internazionale non elimina la competizione. Al contrario, in molti casi la rende più produttiva. L'interazione tra sistemi differenti favorisce la circolazione delle idee, accelera i processi di apprendimento e stimola la nascita di nuove soluzioni tecnologiche.

La pianificazione della conoscenza come nuovo paradigma dello sviluppo

9.1-9.2 Oltre l'economia industriale tradizionale — La nuova gerarchia dei fattori produttivi

Le riflessioni sviluppate nei capitoli precedenti convergono verso una conclusione che va oltre la transizione energetica, oltre la cooperazione tecnologica tra Italia e Cina e persino oltre la stessa questione della decarbonizzazione. Ciò che emerge progressivamente è la presenza di una trasformazione più profonda che investe il modo stesso in cui le società producono ricchezza.

Per oltre due secoli lo sviluppo economico è stato interpretato principalmente attraverso tre fattori fondamentali: capitale, lavoro, risorse materiali. Tuttavia il XXI secolo mostra sempre più chiaramente l'emergere di un quarto fattore produttivo destinato ad assumere un ruolo crescente: la conoscenza organizzata. Non la semplice informazione. Non il sapere individuale. Ma la capacità collettiva di produrre, accumulare, trasferire e applicare conoscenza all'interno di sistemi economici complessi.

9.3 La pianificazione della conoscenza

Se la conoscenza assume una funzione strategica, emerge inevitabilmente una nuova questione: come organizzare la sua produzione? Per oltre un secolo gli Stati hanno pianificato infrastrutture fisiche. Ferrovie, autostrade, porti, reti elettriche. La medesima logica appare oggi necessaria per le infrastrutture della conoscenza: università, politecnici, laboratori, centri di ricerca, programmi STEM, dottorati, reti di trasferimento tecnologico, incubatori, poli dell'innovazione.

9.4 Il caso cinese e la lezione della continuità strategica

Dal XVIII Congresso fino alle prospettive del XV Piano Quinquennale emerge una notevole continuità strategica. Pur evolvendo nel tempo, i concetti di innovazione, ricerca, formazione, digitalizzazione, transizione energetica, nuove forze produttive di qualità convergono verso un obiettivo comune: rafforzare la capacità del sistema nazionale di produrre conoscenza e trasformarla in sviluppo economico.

9.5-9.6 La sfida europea — Il ruolo dell'Italia

L'Europa possiede un patrimonio scientifico, culturale e tecnologico di straordinario valore. Tuttavia il continente si trova di fronte a una sfida complessa: come trasformare la qualità della ricerca in leadership industriale? La risposta non può essere affidata esclusivamente al mercato. Richiede una visione strategica, politiche industriali, investimenti nella formazione, rafforzamento delle connessioni tra università, imprese e professioni tecniche. In altre parole, richiede una forma europea di pianificazione della conoscenza.

9.7-9.8 Dalla competizione tra economie alla competizione tra ecosistemi — La nuova infrastruttura del XXI secolo

Se il XIX secolo è stato il secolo delle ferrovie e il XX secolo quello delle reti elettriche, il XXI secolo potrebbe essere ricordato come il secolo delle infrastrutture della conoscenza. Università capaci di produrre ricerca. Centri di innovazione capaci di trasferirla all'industria. Professioni tecniche capaci di applicarla. Imprese capaci di trasformarla in valore economico. Istituzioni capaci di orientarne lo sviluppo.

Conclusioni: la conoscenza come bene strategico

L'intero percorso sviluppato in questo saggio conduce infine a una conclusione fondamentale.

La decarbonizzazione non è soltanto una politica ambientale. La transizione energetica non è soltanto una questione tecnologica. La cooperazione tra Italia e Cina non è soltanto una questione commerciale. Tutti questi fenomeni costituiscono manifestazioni di una trasformazione più profonda: l'emergere della conoscenza organizzata come principale fattore strategico dello sviluppo contemporaneo.

Le nazioni che sapranno investire nella formazione, nella ricerca, nelle discipline STEM, nelle professioni tecniche e negli ecosistemi dell'innovazione disporranno di un vantaggio competitivo crescente. Quelle che riusciranno inoltre a costruire reti internazionali di cooperazione scientifica e tecnologica potranno accelerare ulteriormente il proprio sviluppo.

La vera ricchezza del XXI secolo non sarà costituita esclusivamente dalle risorse naturali o dal capitale finanziario. Sarà costituita dalla capacità di produrre, organizzare e applicare conoscenza. È su questo terreno che si giocherà una parte decisiva della competitività economica, della sostenibilità ambientale e della prosperità delle società future.

Ed è da questa consapevolezza che può nascere una nuova stagione di cooperazione tra Italia, Europa e Cina, fondata non soltanto sullo scambio di beni, ma sulla costruzione condivisa della nuova infrastruttura della conoscenza.

Giorgio Brera

Centro Studi Domenico Lo Surdo — Giugno 2026

Dalla Decarbonizzazione alla Pianificazione della Conoscenza

Italia, Cina e la nuova infrastruttura energetica del XXI secolo