



Energy&Strategy - School of Management Politecnico di Milano

Presentato il Digitalization & Decarbonization Report 2024

## **Transizione gemella: le principali opportunità di decarbonizzazione delle imprese e delle città passano dallo sviluppo dell'AI**

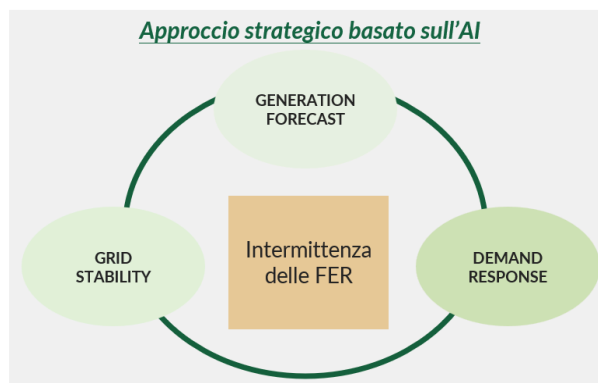
*La transizione verde e quella digitale devono essere portate avanti insieme per sfruttare tutte le possibili sinergie e l'intelligenza artificiale gioca un ruolo di primo piano, in particolare per affrontare le sfide legate all'intermittenza delle energie da fonti rinnovabili, senza dimenticare, tuttavia, la necessità di bilanciare i benefici dell'AI con gli alti consumi. Frattini: "In prospettiva, una quota crescente di energia rinnovabile sarà destinata alla produzione di idrogeno a zero emissioni, che verrà trasportato e gestito attraverso un'infrastruttura molto simile a quella utilizzata per il gas naturale, e l'intermittenza delle FER avrà implicazioni anche sul sistema di gas e idrogeno. Le applicazioni analizzate, dunque, trovano un ampio utilizzo anche in questo settore emergente, contribuendo a costruire un ecosistema energetico integrato".*

Per scaricare lo short report: [Short Report Digitalization & Decarbonization 2024](#)

Milano, 30 gennaio 2025 - La "transizione gemella", cioè verde e digitale insieme, deve essere portata avanti in maniera proattiva e integrata, per sbloccarne il potenziale sinergico. Grazie alle tecnologie digitali, ad esempio, sarà possibile ridurre del 53% le emissioni complessive nello scenario europeo di neutralità carbonica al 2050, attraverso impatti diretti (18%) e indiretti (35%). E l'intelligenza artificiale giocherà un ruolo da protagonista, in particolare perché rappresenta uno strumento essenziale per affrontare le sfide legate all'intermittenza delle energie da fonti rinnovabili e per accelerare la loro integrazione nel sistema energetico, senza dimenticare, tuttavia, la necessità di bilanciare i benefici dell'AI con gli alti consumi. Questo è uno dei temi al centro del Digitalization & Decarbonization Report 2024 redatto dall'Energy&Strategy della School of Management del Politecnico di Milano, presentato oggi con la partecipazione delle aziende partner.

"Già oggi, e ancor più in futuro, le FER rappresentano una quota significativa della generazione elettrica nazionale, apportando importanti benefici ambientali - commenta Vittorio Chiesa, direttore di E&S -. Tuttavia, la loro natura non programmabile, dipendente dalle condizioni atmosferiche così come dai fabbisogni di famiglie e imprese, genera frequenti squilibri tra produzione e consumo". "Questo fenomeno rappresenta una sfida significativa per il sistema elettrico, che deve affrontare continui momenti di sbilanciamento, ma non solo - aggiunge Federico Frattini, vicedirettore di E&S e responsabile della ricerca -: in prospettiva, una quota crescente di energia rinnovabile sarà destinata alla produzione di idrogeno a zero emissioni, che verrà trasportato e gestito attraverso un'infrastruttura molto simile a quella utilizzata per il gas naturale (in alcuni casi, le due molecole condivideranno persino le stesse reti di trasporto), quindi l'intermittenza delle FER avrà implicazioni anche sul sistema di gas e idrogeno. Le applicazioni analizzate, dunque, trovano un ampio utilizzo anche in questo settore emergente, contribuendo a costruire un ecosistema energetico integrato".

Tutto senza dimenticare la necessità di un quadro normativo che indirizzi in maniera decisa la transizione digitale, attraverso investimenti mirati e meccanismi regolatori robusti. Negli ultimi 5 anni, l'Europa si è posta all'avanguardia della governance digitale globale e dell'innovazione in termini di politiche e nel Report vengono approfondite alcune delle principali misure europee, come il Data Act, il Chip Act e l'AI Act.





Le applicazioni dell'intelligenza artificiale si estendono all'intera filiera del settore energetico, dalla produzione al trasporto e alla distribuzione, fino al consumo finale: alcune sono strettamente connesse alla transizione, mentre altre, pur offrendo notevoli opportunità di supporto alla decarbonizzazione, trovano impiego in ambiti differenti, come la manutenzione predittiva, che può essere applicata anche in contesti tradizionali come la

gestione delle centrali termoelettriche. L'edizione 2024 del DDR si è focalizzata sulle tre azioni strategiche basate sull'AI che - pur riferite a fasi e tecnologie differenti - impattano sulla gestione della natura intermittente delle fonti energetiche rinnovabili: migliorare la previsione della generazione rinnovabile attraverso tecnologie avanzate di *Generation Forecast*; potenziare la capacità della rete elettrica di gestire gli sbilanciamenti con soluzioni per la *Grid Stability*; adattare il profilo di consumo a quello di produzione mediante l'implementazione di meccanismi di *Demand Response*.

L'analisi della prima applicazione, *Generation Forecast*, evidenzia la necessità di distinguere tra tecnologia fotovoltaica ed eolica, predominanti nel panorama delle energie rinnovabili: per entrambe, gli algoritmi di *ensemble* - diversamente da altri - si sono dimostrati particolarmente efficaci perché permettono di distinguere eventi strutturali da quelli contingenti, come giornate insolitamente soleggiate o ventose. In generale, i casi di studio analizzati mostrano che l'intelligenza artificiale può migliorare l'accuratezza delle previsioni di generazione degli impianti rinnovabili di oltre il 30%, con benefici significativi per l'intero sistema.

La seconda applicazione, *Grid Stability*, affronta una sfida complessa caratterizzata da una varietà di fenomeni eterogenei, ciascuno dei quali richiede approcci specifici e interventi mirati. L'analisi ha evidenziato che i fenomeni di *small-signal stability* e *voltage stability* possono essere gestiti efficacemente mediante algoritmi di *ensemble* e modelli non lineari statici. Questi strumenti sono particolarmente adatti a catturare relazioni statiche tra variabili di sistema, offrendo previsioni affidabili in contesti relativamente stabili. Al contrario, i fenomeni di *transient stability* e *frequency stability* necessitano di modelli avanzati che incorporino la dimensione temporale. Gli algoritmi sequenziali risultano efficaci per rappresentare l'evoluzione temporale di eventi critici, come oscillazioni o variazioni improvvise nella rete.

Infine, per il contesto della *Demand Response*, quasi tutti gli algoritmi esaminati hanno dimostrato di poter supportare efficacemente applicazioni quali lo scheduling dei carichi, sia a livello individuale che aggregato, e la definizione di schemi ottimali di incentivi o prezzi. Tuttavia, le performance e il livello di dettaglio fornito variano significativamente tra i diversi algoritmi, quindi va selezionata la soluzione più adatta.

“Esiste un'ampia varietà di soluzioni digitali per la decarbonizzazione che coinvolgono in prima linea i cittadini e le loro scelte e che richiedono lo sviluppo di uno specifico know-how tecnologico in ambito di sistemi IoT e di tecniche per la gestione dell'AI - conclude Frattini -. I costi e la complessità tecnica possono rappresentare una barriera all'integrazione di questi sistemi, ma con un approccio pragmatico e integrato si possono ottenere risultati soddisfacenti che ci mettano al passo con i target di decarbonizzazione delle politiche comunitarie”.

### I PED abilitatori della transizione digitale, le sfide tecnologiche per decarbonizzare il sistema urbano

Il programma Urban Europe sui PED chiamato “Distretti e quartieri a energia positiva per lo sviluppo urbano sostenibile” contribuisce agli obiettivi del Piano Strategico europeo per le Tecnologie Energetiche (SET) e intende supportare la pianificazione, la diffusione e l'implementazione di 100 distretti a energia positiva in tutta Europa entro il 2025. L'Italia fa ancora fatica a sviluppare queste tipologie di sistemi nelle città e ha in programma di partecipare più attivamente alle prossime iniziative di digitalizzazione dei distretti.

Nel Report di quest'anno vengono anche indagate le principali tecnologie digitali in ambito urbano, legate sia a contesti strutturali (recupero rifiuti, illuminazione, gestione dati, connettività, sistemi idrici ecc.) sia alla mobilità, sicuramente impattante dal punto di vista dei consumi e delle emissioni.

Tecnologie digitali in ambito urbano	Guida autonoma per la raccolta rifiuti	Veicoli dotati di intelligenza artificiale e sensori che possono pianificare autonomamente i percorsi di raccolta in base ai dati trasmessi dai cassonetti intelligenti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduce i tempi di percorrenza.</li> <li>Risponde rapidamente a variazioni nei volumi di rifiuti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costi elevati</li> <li>Personale tecnico specializzato.</li> </ul>
	Illuminazione LED connessa	Lampioni a LED integrati con sistemi di comunicazione (Wi-Fi, LoRaWAN, Zigbee) per il controllo remoto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta efficienza energetica.</li> <li>Possibile regolare l'intensità luminosa.</li> <li>Facilità di monitoraggio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costi iniziali elevati.</li> <li>Infrastrutture di rete affidabili.</li> <li>Rischi legati alla cyber-sicurezza.</li> </ul>
	Espansione e diffusione del Wi-Fi free	Creazione e disponibilità crescente di reti Wi-Fi accessibili al pubblico senza costi diretti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Connessione Internet per tutti.</li> <li>Facilitazione dell'accesso a servizi digitali pubblici.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rischi legati alla cyber-sicurezza</li> <li>Problemi di copertura e velocità.</li> <li>Necessità di infrastrutture e gestione continua della rete.</li> </ul>
	Comunicazione dati di zona a singolo edificio	Strumenti tecnologici progettati per ottimizzare la gestione e la condivisione delle informazioni all'interno di un edificio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Notifiche in tempo reale su consumo energetico o guasti.</li> <li>Interfacce centralizzate.</li> <li>Automatizzazione processi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Configurazione iniziale complessa.</li> <li>Problemi di compatibilità.</li> <li>Rischi legati alla cyber-sicurezza.</li> </ul>

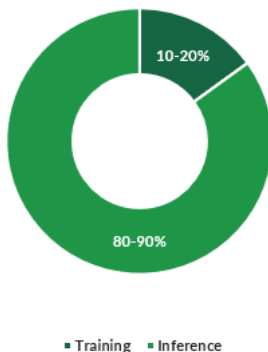
Tecnologie digitali in ambito urbano	Sistemi di raccolta e trattamento delle acque piovane integrati	Integrazione e digitalizzazione delle acque piovane in contesti urbani, gestiti tramite sensori e software.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitigazione del rischio di inondazioni.</li> <li>Minore pressione sulle infrastrutture.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costi significativi.</li> <li>Necessità di manutenzione periodica.</li> </ul>
--------------------------------------	---	---	---	--



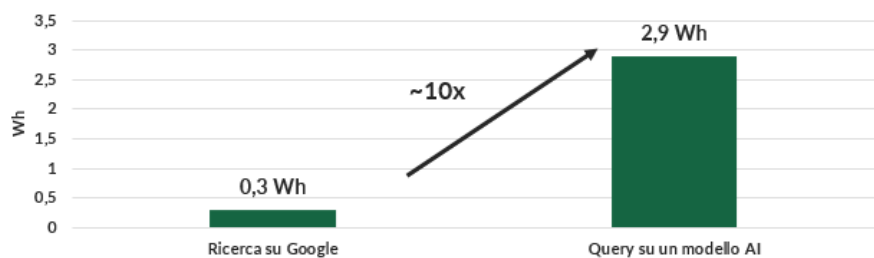
### Strategie di mitigazione per bilanciare i benefici dell'intelligenza artificiale con l'impatto energetico

Studi dimostrano che i costi energetici dell'AI derivano principalmente dall'utilizzo dei modelli, ossia dall'inferenza, che rappresenta l'80-90% del workload nei data center, rispetto al 10-20% dell'addestramento. Infatti, il training di un modello AI comporta un costo una tantum, mentre il suo utilizzo continua a consumare energia nel tempo. Ciò è dovuto al fatto che in media l'interazione con un modello LLM (Large Language Models) richiede un consumo energetico di circa dieci volte superiore rispetto a quello necessario per una normale ricerca sul web. Prendendo come riferimento il caso di ChatGPT, che supera il miliardo di visite mensili, il suo consumo energetico stimato è di almeno 2,9 GWh al mese, una quantità di energia sufficiente per coprire i fabbisogni mensili di circa 7.000 famiglie italiane.

Energia consumata dai modelli AI durante la loro vita

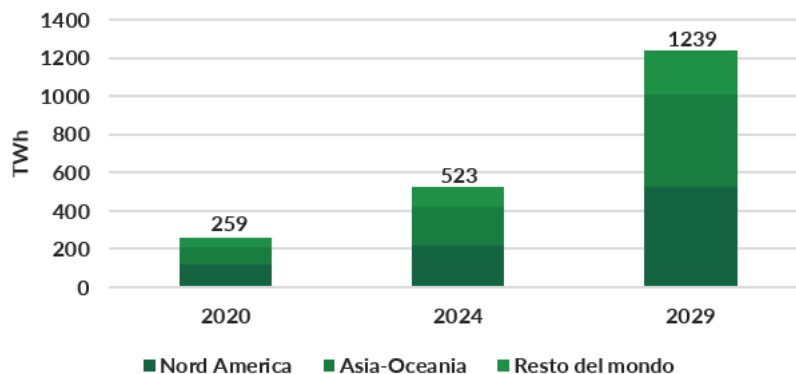


Confronto tra l'energia richiesta per una ricerca sul web e un'interazione con un modello AI



I dati storici indicano che la domanda di energia dei data center è raddoppiata tra il 2020 e il 2024 e si prevede che cresca ulteriormente del 137% entro il 2029. Questo aumento è trainato principalmente dalla richiesta di energia per supportare l'uso sempre più diffuso di modelli di intelligenza artificiale. A livello globale, la domanda aggiuntiva di energia per i data center legati all'AI è prevista pari a 716 TWh tra il 2024

Domanda di energia dei data center per l'AI



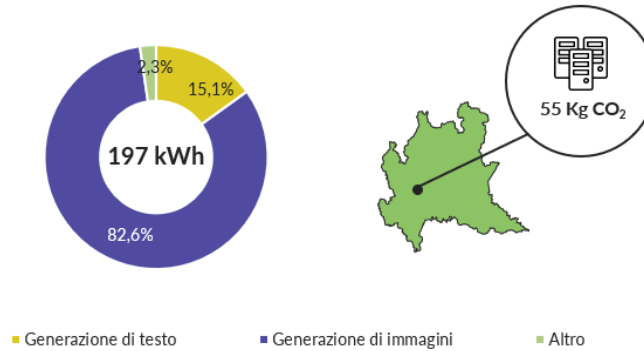
e il 2029.

Per rendere più chiaro il concetto, sono stati stimati i consumi energetici e le emissioni di CO<sub>2</sub> associati all'utilizzo di un modello AI per la stesura di 1000 report come il DDR: l'energia totale consumata è di 197 kWh, pari a quella utilizzata da un'auto elettrica per percorrere circa mille chilometri, con emissioni pari a 55 Kg di CO<sub>2</sub> se il data center fosse situato in Lombardia. La maggior parte dei consumi è attribuibile alla



generazione di immagini, seguita dalla generazione di testo, mentre altre attività come classificazioni, riassunto del testo e rilevamento di oggetti incidono in misura minore.

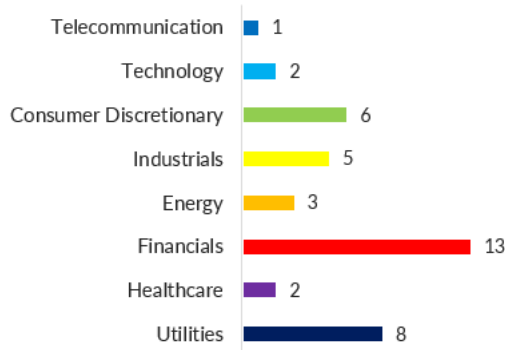
Consumi ed emissioni associati all'utilizzo di un modello di AI generativa per la stesura di 1000 report



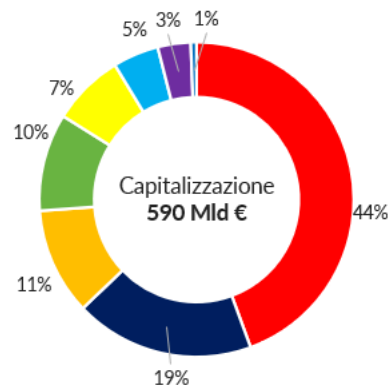
### Crescita della digitalizzazione e aumento della standardizzazione nelle aziende dell'indice MIB ESG

Nel Report è stata aggiornata l'analisi delle iniziative digitali promosse dalle 40 aziende dell'indice MIB ESG, che nel biennio 2023-2024 sono salite a 902, segnando un incremento del 23% rispetto al periodo precedente. Questi progetti si sono focalizzati sull'adozione di tecnologie innovative come IoT, AI e digital twins, con particolare attenzione agli ambiti Operations e Risorse Umane. I grafici sotto illustrano la presenza di queste aziende nei diversi settori e la loro capitalizzazione in base alla *Industry Classification Benchmark* (ICB).

Numero di aziende nell'indice MIB ESG per settore ICB



Capitalizzazione spartita per settori ICB



Nota: l'industry classification benchmark è una tassonomia di classificazione del settore lanciata da Dow Jones e FTSE nel 2005 e ora utilizzata da FTSE International e STOXX.

Quanto alle iniziative, per tre quarti si concentrano nei settori *Financials*, *Utilities* e *Industrials*, riflettendo la maggior concentrazione di aziende. Tuttavia, il crescente numero di progetti tecnologici non si traduce in un'adeguata misurazione dell'impatto ambientale: solo il 4% delle attività è rendicontato in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> effettivamente risparmiate, evidenziando la necessità di un approccio più strutturato alla valutazione dei benefici sostenibili.



Numerosità iniziative per settore ICB



Per ulteriori informazioni alla stampa Stefania Vicentini - d'ufficio comunicazione - 335 5613180 - sv@dicomunicazione.it