

RAPPORTO ENERG-IA 2025

# DARE ENERG-IA ALL'ITALIA

## Data center e intelligenza artificiale per la sostenibilità



NOVEMBRE 2025

RAPPORTO ENERG-IA 2025

# DARE ENERG-IA ALL'ITALIA

## Data center e intelligenza artificiale per la sostenibilità

NOVEMBRE 2025

### **CURATORI**

Stefano da Empoli  
Antonio Sileo

### **AUTORI**

Beatrice Ala  
Stefano da Empoli  
Cristina Orlando  
Giulia Rovai  
Antonio Sileo

### **RINGRAZIAMENTI**

Armando Sternieri  
di Energee3 e thedotcompany  
per i preziosi spunti e suggerimenti

I-Com Edizioni

© 2025 I-Com servizi srl

ISBN 9791280680204

Novembre 2025

# INDICE

|  |           |   |           |
|--|-----------|---|-----------|
| <b>EXECUTIVE SUMMARY</b>                     | <b>5</b>  | 2.3. Il contesto normativo                | <b>34</b> |
| <b>INTRODUZIONE</b>                          | <b>7</b>  | <b>CAPITOLO 3</b>                         |           |
| <b>CAPITOLO 1</b>                            |           | <b>UN'ATTIVITÀ AD ALTA INTENSITÀ</b>      | <b>39</b> |
| <b>ENERGETICA</b>                            | <b>11</b> | 3.1. Efficienza energetica                | 41        |
| 1.1. Le molteplici variabili in gioco        | 13        | 3.2. La risorsa idrica ed altri parametri | 42        |
| BOX Test query “Quando ti faccio una domanda |           | di sostenibilità                          |           |
| quanta energia consumo?”                     |           | 3.3. Il miglioramento delle performance   | 46        |
| Le risposte dell’IA                          | 17        |   |           |
| 1.2. L’impatto sulla domanda energetica      | 19        | <b>CAPITOLO 4</b>                         |           |
| 1.3. Tendenze di mercato: IA e data center   | 23        | <b>BENEFICI DELL’IA PER IL SISTEMA</b>    |           |
| 1.4. La regolamentazione europea             | 26        | <b>ENERGETICO ED OLTRE</b>                | <b>51</b> |
| <b>CAPITOLO 2</b>                            |           | 4.1. Il segmento upstream                 | 53        |
| <b>IL QUADRO ITALIANO</b>                    | <b>29</b> | 4.2. Usi finali di energia: industria,    |           |
| 2.1. Strutture ed energia per l’IA           | 31        | trasporti e civile                        | 55        |
| 2.2. Le richieste di connessione             | 32        | 4.3. Innovazione <i>AI-based</i>          | 58        |
|  |           | <b>CONSIDERAZIONI FINALI</b>              | <b>63</b> |



# EXECUTIVE SUMMARY

Il **capitolo uno** introduce al rapporto esistente tra l'intelligenza artificiale (IA), lo sviluppo dei data center (DC) e il contesto energetico. In particolare, si evidenziano quali potrebbero essere le ripercussioni sulla domanda energetica e le variabili che influenzerebbero questo impatto, tenendo in considerazione le possibili tendenze di mercato legate a queste tecnologie a livello globale e in Italia, ma anche il quadro regolatorio di riferimento per l'Unione Europea. Tra le altre tematiche trattate, vi è quella della sostenibilità di queste strutture, che riguarda ad esempio aspetti come le fonti di approvvigionamento energetico, la gestione dei rifiuti elettronici e le implicazioni per il territorio della domanda di materiali rari.

A causa della tendenza crescente alla digitalizzazione dei servizi e dell'economia in generale, strutture come i DC stanno attirando l'interesse di una molteplicità di attori. Tra fattori che li rendono cruciali vi è la loro importanza per lo sviluppo di tecnologie quali l'IA e la necessità di molti servizi di avere accesso a una grande quantità di dati. A causa della complessità di gestione intrinseca a queste tecnologie, il funzionamento di queste infrastrutture è infatti di primaria importanza.

I DC possono variare per tipologia in base alle loro caratteristiche e funzionalità, determinando un fabbisogno energetico differente. DC di piccola scala, ad esempio, sono solitamente integrati all'interno di edifici aziendali o posizionati ai margini delle reti per ridurre la latenza, portando maggior capacità di calcolo agli utenti distanti dai center cloud. Queste strutture hanno in media una capacità energetica stimata tra i 500 kW e i 2 MW e una minore efficienza energetica. Al contrario, i DC hyperscale, caratterizzati dalle loro grandi dimensioni, hanno una capacità

energetica molto maggiore, ma grazie alle economie di scala possono essere più efficienti sul piano energetico. In questo scenario, l'emergere dell'IA ha un ruolo importante nel consumo dei DC poiché, ad oggi, secondo l'analisi di EPRI del 2024, *Powering Intelligence: Analyzing Artificial Intelligence and Data Center Energy Consumption*, si stima che tra il 10 e il 20% dell'elettricità dei DC negli Stati Uniti venga utilizzata dalle applicazioni dell'IA, ma le proiezioni mostrano che potrebbe esserci un'ulteriore crescita di questa percentuale.

Il consumo dei DC pesa anche sulla domanda energetica globale. Nel 2024, i DC hanno rappresentato l'1,5% dell'elettricità consumata a livello mondiale ma, secondo molte stime, questa percentuale potrebbe crescere esponenzialmente già nel medio periodo. Le stime si basano, tra l'altro, sulle previsioni relative ai possibili sviluppi della capacità installata totale delle strutture, anch'essa in rapido aumento. Tuttavia, vi sono notevoli disparità a livello regionale riguardo ai consumi energetici, dettate in particolar modo dalla concentrazione dei DC in un ristretto numero di aree geografiche. Attualmente, infatti, più dell'80% del consumo di elettricità attribuibile ai data center proviene da tre grandi economie: Stati Uniti, Cina ed Europa.

Le previsioni riguardo allo sviluppo della capacità installata e del fabbisogno energetico dei DC trovano riscontro nei dati per lo sviluppo del mercato di queste infrastrutture e per l'IA. A livello globale, il mercato dei DC vale circa 441 miliardi di euro e nel medio periodo potrebbe aumentare del 7% medio annuo. Anche l'Italia dovrebbe sperimentare una rapida crescita sia nel mercato dei DC che in quello dell'IA, che raggiungeranno rispettivamente valori pari a 10 e 28 miliardi di euro nel 2030.

Consapevole della centralità strutturale dell'infrastruttura digitale e delle reti, l'Unione Europea ha regolamentato il settore sotto vari aspetti: tra tutti, spiccano il Regolamento EU/2019/424 per la proget-

tazione ecocompatibile di server e prodotti di archiviazione dati e la Direttiva per l'Efficienza Energetica UE 2023/1791, che pongono l'attenzione sul carattere cruciale della sostenibilità ed efficienza dei DC.

Il **capitolo due** si concentra sulle caratteristiche del contesto italiano. In primo luogo, analizzando lo sviluppo dei DC a livello infrastrutturale sul territorio; in secondo luogo, evidenziandone l'impatto sul consumo energetico italiano e sulle richieste di connessione. Infine, vengono riportate le normative più significative a livello nazionale sul tema.

Negli ultimi anni, l'Italia ha vissuto una crescita sostenuta riguardo alle nuove strutture, sia in fase di progettazione che in fase di avvio. Nell'ottobre del 2025 in Italia si registravano 209 DC con una distribuzione territoriale particolarmente concentrata su Milano, Roma e Torino.

Il consumo energetico di queste strutture dovrebbe aggirarsi intorno ai 3,91 TWh nel 2024, mentre la loro potenza raggiungerebbe i 287 MW. La crescita tendenziale di queste grandezze sembra essere confermata da un lato dalla crescita registrata nei consumi tra il 2015 e il 2024, dall'altro dalle stime riportate per quanto riguarda gli aumenti di potenza previsti nel medio periodo.

L'aumento delle dimensioni dei DC, e quindi della presenza a livello mondiale di DC di tipo *hyperscale*, comporta un maggior fabbisogno energetico. Conseguentemente, nel mondo, come in Italia, si manifesta una maggior necessità di potenza per singolo progetto. Per la rete elettrica questo si traduce in una necessità di connessione direttamente alla rete di alta tensione e in un pericolo di concentrazione spaziale più elevato.

Anche in Italia, è stata da tempo riconosciuta l'importanza dei DC per la competitività nazionale, ma anche la necessità di fornire indirizzi chiari sul piano della sostenibilità, della tutela del tessuto industriale ma anche su quello economico ed occupazionale. Per

portare a termine questi obiettivi serve però una regolamentazione dedicata che permetta di massimizzare gli investimenti sul territorio.

Tra le principali novità in ambito legislativo in Italia troviamo cinque proposte di legge confluite in un Testo Unico attualmente sotto esame della IX Commissione Trasporti della Camera. I temi trattati riguardano in generale la costruzione di un quadro regolamentare, ma si fa specifico riferimento anche alle procedure di autorizzazione.

Risale a settembre 2025 l'approvazione della legge italiana sull'Intelligenza Artificiale, che presta particolare attenzione ai temi di innovazione, cybersicurezza, accessibilità e tutela della riservatezza. Dall'altro lato il MIMIT ha invece pubblicato il documento per la *Strategia per l'attrazione in Italia degli investimenti industriali esteri in data center* con l'obiettivo di fornire un piano strategico chiaro agli investitori e attrarre fondi per lo sviluppo delle strutture sul territorio. La Strategia fa anche ampio riferimento alla tematica della sostenibilità, riconoscendo il ruolo cruciale della regolamentazione per aspetti quali il consumo del suolo, quello energetico ed idrico, il contenimento delle emissioni.

Con molta probabilità, arriverà a breve il c.d. Decreto Energia 2025 che potrebbe portare come novità l'introduzione di un procedimento autorizzativo unificato per i DC. L'obiettivo del Decreto è quello di velocizzare l'iter autorizzativo senza però intaccarne l'efficienza e garantendo il mantenimento di standard autorizzativi adatti.

Il **capitolo tre** affronta la complessa relazione tra lo sviluppo dei DC necessari per l'IA e gli obiettivi di decarbonizzazione, evidenziando come l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale rappresentino sfide cruciali ma affrontabili attraverso innovazione tecnologica e pianificazione strategica. L'indattore Power Usage Effectiveness (PUE) dei DC italiani ed europei si attesta attualmente intorno a 1,5, con

proiezioni che indicano un valore inferiore a 1,3 entro il 2030-2035. I moderni DC hyperscale dei principali provider cloud raggiungono già medie di 1,10-1,12, dimostrando che miglioramenti significativi sono tecnicamente ed economicamente realizzabili. Il valore ideale di 1,0 rimane irraggiungibile a causa delle necessità operative della struttura, ma l'evoluzione tecnologica continua a ridurre il divario.

Il tema della sostenibilità dei DC non si limita all'aspetto energetico. Il consumo idrico rappresenta una criticità crescente, con proiezioni globali che stimano un fabbisogno di 4,2-6,6 miliardi di metri cubi annui entro il 2027. In Italia, la concentrazione dei DC al Nord mitiga attualmente i rischi di stress idrico, ma richiede monitoraggio costante. Ulteriori impatti riguardano il consumo di suolo, l'inquinamento acustico che può superare gli 80 dBA, e la produzione di rifiuti elettronici, con il 42% dei server sostituiti ogni 2-3 anni.

Un'indagine condotta dall'Osservatorio I-Com su Reti e Servizi di nuova generazione rivela che il 46,7% dei cittadini non è consapevole della presenza di DC sul territorio e il 21,7% non considera il tema rilevante. Tra chi esprime un'opinione, prevale nettamente il sentimento positivo (25,9% vs 5,7% negativo), motivato dal riconoscimento dei DC come infrastrutture essenziali per i servizi digitali (65,1%), generatori di investimenti (51,8%) e occupazione (40%). Le preoccupazioni si concentrano sull'ubicazione inadeguata (47,1%) e sui consumi di risorse (41,2%), evidenziando la necessità di comunicazione trasparente e coinvolgimento delle comunità locali.

L'Unione Europea ha introdotto obblighi di rendicontazione della sostenibilità attraverso la rifusione della Direttiva sull'Efficienza Energetica e il Regolamento delegato 2024/1364, applicabili ai DC con potenza installata superiore a 500 kW. Parallelamente, il Climate Neutral Data Center Pact stabilisce obiettivi volontari ambiziosi: PUE massimo di 1,3-1,4 entro il 2030, fornitura energetica 100% da fonti pulite entro il 2030,

Water Usage Effectiveness (WUE) non superiore a 0,4 L/kWh, e impegni per l'economia circolare.

Il capitolo identifica le principali strategie per ridurre l'impatto ambientale: (1) ottimizzazione degli algoritmi di addestramento attraverso pruning, quantization e knowledge distillation; (2) evoluzione dell'hardware verso soluzioni specializzate come TPU, FPGA e power capping delle GPU; (3) sistemi di raffreddamento avanzati, con il passaggio dal raffreddamento ad aria a soluzioni ibride (75% liquido, 25% aria) che possono ridurre il PUE del 27% e il consumo totale del 15,5%; (4) approvvigionamento da energie rinnovabili, con gli operatori di DC che rappresentano oltre il 30% dei 120 GW di capacità operativa acquisita tramite corporate PPA a livello globale; (5) monitoraggio intelligente e gestione dinamica delle risorse attraverso virtualizzazione e containerizzazione.

La sfida non consiste nel semplice aumento della capacità energetica, ma nell'assicurare che sia energia pulita e che l'infrastruttura di rete possa gestirla senza compromettere altri settori dell'economia. I contratti 24/7 CFE con accoppiamento orario tra produzione rinnovabile locale e consumo rappresentano la frontiera più avanzata, sebbene ancora economicamente impegnativa. Portfolio ibridi di eolico, solare e batterie possono già soddisfare l'80% della domanda a costi competitivi. Con pianificazione territoriale integrata, innovazione tecnologica e dialogo con le comunità, i DC possono trasformarsi da fonte di preoccupazione a risorsa strategica per il sistema elettrico e la transizione energetica del Paese.

Il **capitolo 4** illustra come l'IA possa rappresentare un moltiplicatore di efficienza lungo l'intera filiera energetica e in settori correlati, generando benefici che possono superare i costi energetici della sua implementazione.

Nel settore oil&gas, l'IA migliora significativamente esplorazione e produzione attraverso simulazioni in digital twin, riducendo gli errori di previsione del 25%

e potenzialmente i costi fino al 10%. Un'applicazione cruciale riguarda il rilevamento delle perdite di metano: programmi avanzati potrebbero evitare quasi 2 Mt di emissioni annue (circa 60 Mt di CO<sub>2</sub>-eq). Per i minerali critici, l'IA ottimizza le fasi di raffinazione con sensori che separano minerali utilizzabili dagli scarti. Nelle reti elettriche, l'IA è fondamentale per integrare fonti rinnovabili variabili, migliorando previsione di domanda e offerta, ottimizzando gli accumuli e abilitando la demand response.

Industria, trasporti e civile rappresentano il 94% dei consumi finali mondiali e il 43% delle emissioni globali. L'IEA stima che l'adozione diffusa delle applicazioni IA esistenti potrebbe generare una riduzione di 1,4 Gt CO<sub>2</sub> entro il 2035. Nel settore industriale, l'ottimizzazione dei processi potrebbe far risparmiare circa 8 EJ di energia. Nei trasporti, ottimizzazione delle rotte, manutenzione predittiva e guida autonoma riducono drasticamente consumi ed emissioni. Nel civile, le prospettive sono promettenti grazie a ristrutturazioni energetiche, tariffe flessibili ed elettrificazione del riscaldamento. Tuttavia, è essenziale una regolamentazione efficace per evitare il rebound effect: l'ottimizzazione ottenuta tramite IA potrebbe stimolare maggiori consumi, vanificando i benefici.

I brevetti legati all'IA sono cresciuti esponenzialmente e nel 2024 il 44% delle startup unicorni globali si basa sull'IA (dal 6% del 2015). Sebbene l'incidenza nel settore energetico rimanga contenuta (1% dei brevetti), altri compatti mostrano penetrazioni elevate, suggerendo margini di crescita significativi. Il mercato dell'IA applicata all'acqua crescerà da 4,7 miliardi di dollari (2024) a 50,9 miliardi (2034), con accuratezza nel rilevamento perdite del 97-99,79%. In Italia, dove le perdite raggiungono il 41,8% dell'acqua immessa, l'IA potrebbe avere impatto trasformativo, ma la digitalizzazione rimane limitata: solo il 79% della rete è georeferenziato e le porzioni distrettualizzate sono residuali. Nell'economia circolare, l'IA abilita sistemi di smistamento con precisione umana (35-50 articoli/minuto) e riduce i costi logistici del 15%. La Ellen MacArthur Foundation stima benefici potenziali di 217 miliardi di dollari annui entro il 2030 tra settore alimentare ed elettronica.

L'evidenza empirica suggerisce che i benefici dell'IA in termini di riduzione delle emissioni e ottimizzazione delle risorse possono superare significativamente i costi energetici della sua implementazione, a condizione che lo sviluppo sia accompagnato da adeguate politiche di regolamentazione e investimenti in digitalizzazione delle infrastrutture.

# IA ED ENERGIA. OLTRE LA BOLLA E PRO FUTURO

In un recente podcast, Satya Nadella, amministratore delegato di Microsoft, ha dichiarato che il principale problema del colosso di Seattle non è la capacità computazionale ma quella di disporla a fianco di un'infrastruttura elettrica che possa renderla funzionante. Il serio rischio è quello di ritrovarsi con un mucchio di chip inutilizzati semplicemente perché non c'è abbastanza energia per collegarli. Una prospettiva difficilmente prevedibile solo uno o due anni fa quando la principale criticità era rappresentata proprio dalla scarsità di chip, tenuto conto del quasi monopolio di Nvidia e di un aumento della domanda repentino che aveva provocato un razionamento delle forniture. Non è un caso che oggi le aziende tecnologiche protagoniste della rivoluzione IA stiano indirizzando sempre di più le proprie azioni di lobbying a sollecitare i governi ad accelerare le procedure di autorizzazione di centrali e reti elettriche. OpenAI vorrebbe che negli USA fossero aggiunte 100 gigawatt all'anno di nuova capacità di generazione (quasi l'equivalente dell'intero parco funzionante italiano, pari a 130,1 GW al 31 dicembre 2023). Nel frattempo, queste stesse aziende stanno chiudendo accordi per riportare in funzione impianti nucleari dismessi e investendo molti denari in tutte quelle fonti in grado di alimentare i data center senza emettere emissioni, dagli small modular reactor (SMR) alla fusione, fino al geotermico. Il fervore nei confronti dell'energia al servizio dell'IA è talmente elevato che Oklo, la startup nucleare presieduta fino allo scorso aprile proprio da Sam Altman, è oggi la principale impresa per valore di mercato (circa 26 miliardi di dollari a ottobre 2025) che non produce ricavi. Oklo sta sviluppando piccoli reattori nucleari modulari che utilizzano un refrigerante non a base d'acqua — sodio metallico liquido — e un tipo di uranio arricchito come combustibile, che è disponibile solo in quantità limitate. Non ha ancora ottenuto una licenza da parte della U.S. Nuclear Regulatory Commission né ha contratti vincolanti con acquirenti di energia. In compenso ha annunciato a ottobre un accordo con Newcleo, startup anglo-italiana, per sviluppare e produrre combustibile nucleare negli USA. Un'operazione da 2 miliardi di dollari che ci si augura possa migliorare le sorti ad oggi incerte della stessa Newcleo.

Se sul versante transatlantico l'energia può risultare un'opportunità per rafforzare le collaborazioni esistenti, su quello della competizione tra USA e Cina rappresenta gioco forza un ulteriore elemento di sfida.

È notizia degli ultimi giorni, proprio mentre ci apprestavamo a chiudere questo rapporto, che la Cina ha aumentato i sussidi che riducono le bollette energetiche fino alla metà per alcuni dei più grandi data center del Paese, tassello importante della strategia in corso per potenziare la propria industria nazionale dei chip e avvicinare gli Stati Uniti sul punto ad oggi più critico della sfida tecnologica con il gigante americano.

Come riporta il Financial Times, su preciso indirizzo di Pechino, i governi locali hanno rafforzato gli incentivi per aiutare i giganti tecnologici cinesi come ByteDance, Alibaba e Tencent, colpiti dall'aumento dei costi dell'elettricità a seguito del divieto imposto da Pechino sull'acquisto dei chip per l'IA di Nvidia, secondo persone a conoscenza della situazione.

Le stesse fonti hanno riportato al quotidiano economico britannico che i nuovi sussidi arrivano dopo che diversi gruppi tecnologici hanno presentato reclami ai regolatori per l'aumento dei costi legati all'utilizzo di semiconduttori nazionali prodotti da aziende come Huawei e Cambricon, la maggior parte dei quali è meno efficiente dal punto di vista energetico rispetto a quelli di Nvidia.

Le amministrazioni locali delle province con una forte presenza di data center, come Gansu, Guizhou e Mongolia Interna, hanno reagito offrendo sussidi che riducono le bollette elettriche dei grandi data center fino al 50%, a condizione che questi utilizzino chip di produzione nazionale. Da sottolineare, infatti, che i data center che impiegano chip di fornitori stranieri, come Nvidia, non avrebbero diritto a tali agevolazioni. Proprio mentre il colosso americano ha provato senza successo a far entrare il tema della vendita dei propri chip più evoluti alla Cina nell'agenda del recente incontro tra Trump e Xi Jinping.

Occorre però ricordare che, al contrario dei chip, l'elettricità al momento è un alleato importante della Cina nella corsa all'IA. Nonostante i costi energetici più elevati legati all'uso di chip nazionali, la rete elettrica più centralizzata della Cina continua a fornire energia più economica e più verde rispetto a quella degli Stati Uniti, senza carenze previste nel breve periodo.

Le province remote e ricche di risorse energetiche come Gansu, Guizhou e Mongolia Interna, dove si stanno concentrando i principali investimenti in data center, presentano costi unitari dell'elettricità per usi industriali di circa il 30% inferiori rispetto a quelli delle aree costiere più sviluppate della Cina orientale. Con i nuovi sussidi, sarebbero ulteriormente ridotti a circa 0,4 yuan, ovvero 5,6 centesimi di dollaro per kWh, decisamente meno rispetto ai costi medi statunitensi, pari a circa 9,1 centesimi di \$/kWh, secondo i dati pubblicati ad agosto dall'U.S. Energy Information Administration. Il pericolo piuttosto è un altro. Per attirare i progetti più grandi, questi governi locali hanno già iniziato a competere offrendo sussidi energetici e incentivi in denaro, che secondo quanto ha riportato il Financial Times, sarebbero sufficienti a coprire i costi operativi di un data center per circa un anno. Il rischio è però quello, già sperimentato nel settore immobiliare, che questi data center costruiti in aree remote siano sottoutilizzati a causa di una domanda che si sta spostando sempre di più verso data center che abilitino l'inferenza più che l'addestramento dei modelli e che tendono ad essere più prossimi alle grandi città e per via delle scarse competenze tecniche in loco.

In tutto questo la situazione italiana è ovviamente diversa, sia per il minore sviluppo dell'IA e dei suoi investimenti infrastrutturali che per prezzi dell'elettricità decisamente più elevati sia rispetto alla Cina che agli USA. Ma questo non significa che la situazione sia statica o che non ce se ne debba occupare con l'intenzione di attrarre capitali privati su tecnologie senz'altro cruciali, sia quelle digitali che energetiche, per il futuro dell'Italia.

Con il nostro primo rapporto annuale Energ-IA, abbiamo provato a far luce sul crinale tra IA ed elettricità (e più in generale sostenibilità), ricordandoci che solo una visione sufficientemente ampia e basata sulle evidenze può consentire di approcciare questioni così rilevanti con il giusto atteggiamento. Senza cedere né al tecno-catastrofismo né a facili ottimismi. Ma ricordandoci che solo un Paese in grado di gestire la complessità, coniugando sviluppo economico e diritti individuali all'insegna dell'innovazione, può guardare con speranza a ciò che l'aspetta.

*Stefano da Empoli*  
Presidente Istituto per la Competitività (I-Com)

# CAPITOLO 1

UN'ATTIVITÀ AD ALTA INTENSITÀ ENERGETICA



## 1.1. LE MOLTEPLICI VARIABILI IN GIOCO

Sempre più azioni dell'uomo contemporaneo, in sempre più parti del mondo, generano e consumano dati digitali: anche scrivere, pubblicare e leggere questo rapporto di ricerca. Una dinamica che pare inarrestabile – si pensi solo ai mass media tradizionali che inseguono e si appoggiano sui più o meno nuovi media social – a cui, di recente, si è aggiunta l'ascesa dell'intelligenza artificiale (IA). Da qui l'avvento di una nuova infrastruttura computazionale massiva, i data center (DC); da cui l'IA, ma anche più in generale la circolazione di dati, dipendono.

I data center rappresentano il cuore pulsante dell'infrastruttura digitale mondiale, fungendo da fondamenta per l'economia digitale e la società dell'informazione. Questi complessi tecnologici, spesso celati alla vista quotidiana, costituiscono i nodi vitali dove convergono elaborazione, memorizzazione e distribuzione dei dati che alimentano la nostra era digitale.

Un data center può essere definito come una struttura fisica progettata specificamente per ospitare sistemi informatici e componenti associati, come telecomunicazioni e sistemi di archiviazione. La loro funzione principale è garantire la disponibilità continua dei servizi digitali, mantenendo livelli ottimali di sicurezza, ridondanza e efficienza energetica.

La crescita esponenziale della generazione di dati, l'adozione del cloud computing e l'ascesa dell'IA hanno reso i DC più cruciali che mai. Dalla banale consultazione di un sito web alla complessità degli algoritmi di machine learning, praticamente ogni attività digitale dipende dal funzionamento di queste infrastrutture. Nel panorama attuale, esistono diverse tipologie di DC, ciascuna con caratteristiche distintive e sfide energetiche specifiche.

### 1. Data Center di Piccola Scala:

- Server Room/Closet: Integrati all'interno

di edifici aziendali, questi spazi dedicati ospitano alcuni server per supportare operazioni localizzate.

- Edge Data Center: Posizionati strategicamente ai margini delle reti per ridurre la latenza e portare la capacità di calcolo più vicino agli utenti geograficamente distanti dai grandi DC per il cloud.

- Caratteristiche energetiche:
  - Capacità energetica: Tipicamente 500 kW — 2 MW
  - Minore efficienza rispetto ai grandi DC

### 2. Data Center di Grande Scala

#### A. Enterprise Data Center

- Proprietà e gestione di singole aziende per uso esclusivo
- Supportano le esigenze informatiche e di rete specifiche dell'organizzazione
- Caratteristiche energetiche:
  - Efficienza variabile in base all'età e all'architettura
  - Generalmente meno efficienti dei data center iper-scalabili
  - Dimensioni e consumi energetici molto variabili

#### B. Co-location Data Center

- Strutture condivise dove più aziende affittano spazio per i propri server
- Offrono infrastrutture energetiche e di raffreddamento condivise
- Caratteristiche energetiche:
  - Maggiore efficienza grazie alla condivisione delle risorse
  - Efficienza generalmente migliore rispetto ai DC aziendali

#### C. Hyperscale Data Center

- DC di enormi dimensioni progettati per scalare rapidamente
- Gestiti da giganti del cloud
- Caratteristiche energetiche:

- Capacità che può raggiungere 100-1000 MW
- Massima efficienza energetica grazie alle economie di scala
- Pionieri nell'innovazione per l'efficienza energetica

I DC possono essere suddivisi anche in base alle loro performance in termini di affidabilità e prestazioni, anche a scopi comparativi per la loro commercializzazione. Il sistema più diffuso e riconosciuto a livello globale è la classificazione *Tiers o Ratings* dell'Uptime Institute, che valuta l'affidabilità e la disponibilità dell'infrastruttura dei DC:

- Tier I (Base): Offre una disponibilità del 99,671% (downtime annuo di circa 28,8 ore). Dispone di un percorso singolo per alimentazione e raffreddamento, senza componenti ridondanti. È vulnerabile a interruzioni pianificate e non pianificate.
- Tier II (Componenti Ridondanti): Garantisce una disponibilità del 99,741% (downtime annuo di circa 22 ore). Include componenti ridondanti per alimentazione e raffreddamento, ma mantiene un percorso di distribuzione singolo. Offre maggiore protezione contro le interruzioni rispetto al Tier I.
- Tier III (Manutenzione Concorrente): Assicura una disponibilità del 99,982% (downtime annuo di circa 1,6 ore). Presenta percorsi multipli per alimentazione e raffreddamento, con componenti ridondanti. La caratteristica principale è la capacità di eseguire manutenzione senza interrompere le operazioni.
- Tier IV (Fault Tolerant): Fornisce una disponibilità del 99,995% (downtime annuo di circa 0,4 ore). Dispone di percorsi multipli completamente indipendenti per tutti i sistemi, con ridondanza

2N o 2N+1. È progettato per resistere a qualsiasi guasto singolo senza impatto sulle operazioni.

Con l'emergere dell'IA, specialmente dei modelli generativi, il consumo energetico dei DC sta cambiando significativamente. Secondo i dati riportati da EPRI<sup>1</sup> (*Electric Power Research Institute*) emerge che: le query IA richiedono circa 10 volte più elettricità rispetto alle tradizionali ricerche (2,9 watt-ora vs 0,3 watt-ora). Negli Stati Uniti, le applicazioni IA attualmente utilizzano il 10-20% dell'elettricità dei DC, ma questa percentuale è in rapida crescita. Inoltre, sempre secondo le stime di EPRI del 2024, il consumo energetico dell'IA si distribuisce all'incirca tra sviluppo del modello (10%), addestramento (30%) e inferenza/utilizzo (60%). Il maggiore dettaglio e il miglioramento dei modelli generativi hanno comportato un aumento esponenziale dell'energia consumata dalle applicazioni di IA in tutte le fasi. A titolo di esempio, in fase di addestramento, anche al netto della durata del processo stesso, i consumi sono cresciuti con la complessità e la precisione dei modelli:

- BLOOM: circa 433 MWh (circa 117 giorni)
- Gopher: circa 1.066 MWh (circa 23 giorni)
- ChatGPT-3: circa 1.287 MWh (circa 34 giorni)
- ChatGPT-4: circa 62.318 MWh (circa 100 giorni).

La sostenibilità dell'IA in termini energetici dipende fortemente dalle fonti energetiche utilizzate per alimentare i DC e dall'impatto delle infrastrutture sul territorio. Un altro aspetto critico è l'utilizzo delle risorse idriche. Il raffreddamento dei DC, essenziale per il funzionamento ottimale dei sistemi di IA, richiede quantità significative di acqua. Questa necessità sta già creando sfide notevoli in regioni caratterizzate da scarsità idrica, dove numerosi DC sono stati costruiti a livello mondiale. Alcune tecnologie emergenti promettono di ridurre drasticamente questa dipendenza dall'acqua, ma la loro adozione su larga scala è ancora in fase iniziale.

<sup>1</sup> EPRI. 2024. Powering Intelligence: Analyzing Artificial Intelligence and Data Center Energy Consumption. ([https://www.wpr.org/wp-content/uploads/2024/06/3002028905\\_Powering-Intelligence\\_-Analyzing-Artificial-Intelligence-and-Data-Center-Energy-Consumption.pdf](https://www.wpr.org/wp-content/uploads/2024/06/3002028905_Powering-Intelligence_-Analyzing-Artificial-Intelligence-and-Data-Center-Energy-Consumption.pdf)).

La gestione del ciclo di vita dell'hardware rappresenta un'ulteriore dimensione dell'impatto ambientale dell'IA. L'accelerata obsolescenza delle infrastrutture computazionali specializzate contribuisce significativamente all'accumulo di rifiuti elettronici. Inoltre, la produzione di chip specializzati per l'IA, come GPU (Graphics Processing Units) e TPU (Tensor Processing Units), richiede non solo processi manifatturieri ad alta intensità energetica ma anche l'estrazione e la lavorazione di materiali rari, con conseguenti impatti ambientali nelle regioni di estrazione.

I DC, che con l'avanzare del tempo sono cresciuti di taglia, sono grandi consumatori di risorse energetiche e ambientali. Il consumo energetico è di tipo prettamente elettrico. Lo sviluppo dell'IA è infatti uno dei fattori che, secondo le stime, contribuirà di più ad un aumento dell'elettrificazione dei consumi a livello europeo, nonché del mondo occidentale. Questa previsione è condivisa da diversi modelli di ricerca di IEA, Unione Europea ed altri.

Secondo le stime dell'IEA, nel 2024, i DC hanno consumato 415 TWh, pari all'1,5% dell'elettricità consumata a livello mondiale. Sempre secondo queste stime, negli ultimi cinque anni, il consumo sarebbe aumentato del 12% ogni anno. Guardando al consumo per area geografica, prevalgono nettamente gli Stati Uniti, dove il mercato dei DC è più dinamico e recepisce le innovazioni del settore sia in termini di infrastruttura che di utilizzo dei DC. In termini di energia consumata seguono la Cina, con il 25% del totale dell'elettricità consumata globalmente dai DC, e il nostro Continente, con il 16%. Il resto del mondo assorbe il 15% dell'energia elettrica destinata ai centri di elaborazione dati (Fig. 1.1).

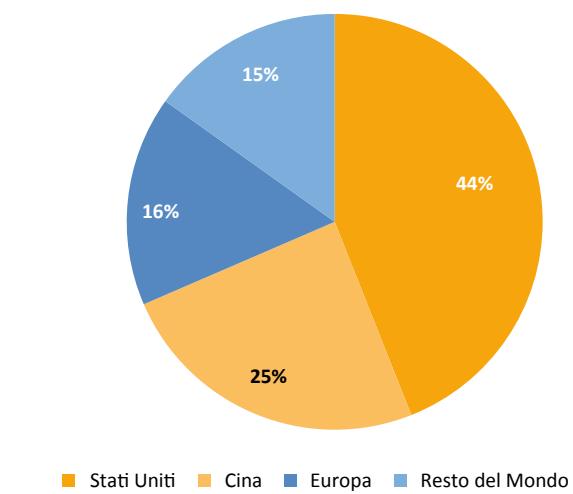
Secondo stime della Commissione Europea, il consumo energetico dei DC ha assorbito circa il 3% del fabbisogno elettrico totale dell'UE nel 2024. Una stima simile proviene dall'Independent Commodity Intelligence Services (ICIS), che include anche Regno Unito, Svizzera e Norvegia, secondo cui il consumo

dei DC nel 2024 ha pesato per il 3,1% dei consumi elettrici europei.

Per alcuni paesi, l'incidenza dei consumi elettrici associati ai DC sul totale dei consumi di elettricità è molto elevata, con implicazioni di congestione di rete non trascurabili. Esempio principe è l'Irlanda, dove nel 2023 i DC hanno assorbito il 21% dell'elettricità. Il consumo energetico dei DC è molteplice, ed è variabile in relazione all'età, configurazione, tipo e funzione. Il White Paper di EPRI "Powering Intelligence: Analyzing Artificial Intelligence and Data Center Energy Consumption" (2024) delinea una forchetta di consumo elettrico a seconda del tipo di *hardware* presente in un DC. Le apparecchiature informatiche costituiscono la parte più consistente dell'utilizzo di energia, in genere il 40-50% del consumo totale. Questa categoria comprende i server che elaborano e memorizzano i dati, le apparecchiature di rete che facilitano la trasmissione dei dati e i sistemi di archiviazione che conservano le informazioni. I server sono particolarmente energivori, in quanto i loro processori richiedono una notevole potenza durante

**Fig. 1.1: Quota del consumo di elettricità dei data center per Paese sul totale mondiale (2024)**

Fonte: IEA



le attività di calcolo. I moderni data center possono ospitare migliaia o addirittura milioni di server, ognuno dei quali consuma continuamente elettricità. I sistemi di raffreddamento rappresentano il secondo più grande consumatore di energia, utilizzando circa il 30-40% dell'energia totale di un DC. Questi sistemi sono essenziali per mantenere le temperature operative per le apparecchiature IT, che generano notevole calore durante il funzionamento. Le tecnologie di raffreddamento vanno dal tradizionale condizionamento dell'aria a metodi più avanzati come il raffreddamento a liquido. Nelle strutture meno efficienti, il raffreddamento può talvolta superare il consumo energetico delle apparecchiature IT.

Il restante 10-30% del consumo energetico è riconducibile ai sistemi di distribuzione e conversione dell'energia, all'illuminazione e ai sistemi di sicurezza. I DC richiedono un'elaborata infrastruttura di alimentazione per convertire l'elettricità in entrata in tensioni adeguate alle apparecchiature e per garantire un funzionamento ininterrotto. Tra questi vi sono i gruppi di continuità (UPS), le unità di distribuzione dell'energia (PDU) e i generatori di riserva, che comportano perdite di efficienza durante la conversione dell'energia. L'illuminazione, i sistemi di sicurezza e altre apparecchiature ausiliarie, anche se singolarmente piccoli, determinano un effetto cumulativo che in continuo funzionamento contribuisce al profilo energetico complessivo della struttura<sup>2</sup>.

Inoltre, vanno considerati anche i consumi lungo tutto il ciclo di vita di un DC. Ad esempio, per le applicazioni di IA, andrebbero considerati anche gli usi energetici associati alla manifattura dell'infrastruttura informatica che costituisce un DC. Secondo l'IEA (2025)<sup>3</sup>, la fase più intensa dal punto di vista energetico consiste nella manifattura dei chip che costitui-

scono le unità di elaborazione grafica (GPU – Graphic Processing Unit) e i server, sebbene l'elettricità consumata da questo processo non sia paragonabile a quella consumata dall'approntamento e dall'operazione di un DC. Le stime IEA (2025) riportano che la manifattura dei componenti dovrebbe infatti contare per il 20% del totale dell'energia consumata nel ciclo di vita di un server, mentre il restante 80% dell'energia è associato all'operazione dello stesso. È comunque importante notare che rispetto al totale dell'energia necessaria per produrre un chip, si stima che il 60% sia destinato alla produzione di wafer e semiconduttori, in cui i processi di deposizione, litografia e incisione sono i più impattanti. Il restante 40% è utilizzato per processi ausiliari, come la preparazione dell'acqua o il raffreddamento dell'impianto. All'aumentare della capacità computazionale del chip, vi sono due effetti simultanei: il primo è l'incremento di energia necessaria per produrre il singolo chip, il secondo è la maggiore efficienza energetica del chip stesso, le cui unità compiranno un numero di operazioni maggiore, incrementando l'efficienza del sistema in cui sono inserite.

I consumi energetici prettamente legati all'IA variano in base a una moltitudine di fattori:

- Ampiezza della query di input e di output
- Tipologia di output (es: testo, video)
- Dimensioni del modello
- Utilizzo di algoritmi per l'efficienza del modello
- Tempi di inferenza (es: recenti versioni di modelli hanno introdotto modalità in cui l'IA impiega più tempo, e quindi risorse, per rispondere rispetto a query con modelli più semplici)
- Hardware

A titolo di esempio, secondo stime dell'IEA (2025), la generazione di un breve video con l'IA arriva a consumare l'energia necessaria per caricare un laptop due volte.

2 EPRI (2024) Powering Intelligence: Analyzing Artificial Intelligence and Data Center Energy Consumption.

3 IEA (2025) Energy and AI.

## TEST QUERY "QUANDO TI FACCIO UNA DOMANDA QUANTA ENERGIA CONSUMO?" LE RISPOSTE DELL'IA

Note: domanda posta in data 29/10/2025

### 1. Claude, modello Sonnet 4.5 (Anthropic):

Quando mi fai una domanda, il consumo energetico dipende da diversi fattori:

#### Per la tua richiesta:

- Il tuo dispositivo (smartphone, laptop, ecc.) consuma energia per inviare la richiesta attraverso la rete - generalmente pochi watt per alcuni secondi
- L'infrastruttura di rete (router, data center intermedi) aggiunge un piccolo contributo

#### Per la mia risposta:

- I data center di Anthropic consumano energia per:
  - Eseguire il modello Claude sui server (principalmente GPU/TPU)
  - Raffreddamento dell'hardware
  - Infrastruttura di supporto

Le stime variano molto, ma per ordine di grandezza:

- Una singola interazione con un LLM come me può consumare circa 0,001-0,01 kWh (1-10 Wh)
- Questo equivale grossomodo all'energia di una lampadina LED da 10W accesa per 6-60 minuti
- In termini di CO<sub>2</sub>, si parla di circa 0,5-5 grammi di CO<sub>2</sub> per query, a seconda della lunghezza della risposta e dell'efficienza del data center

Per confronto:

- Una ricerca Google: ~0,0003 kWh
- Streaming video per 1 ora: ~0,1-0,2 kWh
- Un'email con allegato: ~0,00005 kWh
- Anthropic e altre aziende AI stanno lavorando per ridurre questo impatto attraverso hardware più efficiente, energie rinnovabili per i data center, e modelli ottimizzati. Le risposte più lunghe e complesse richiedono più computazione e quindi più energia.

### 2. Gemini, modello 2.5 Flash (Google):

Questa è un'ottima e complessa domanda! L'energia consumata per rispondere a una singola domanda è molto difficile da quantificare con precisione per diversi motivi, ma posso darti un'idea generale basata sulle stime:

Varia in base al modello: Modelli linguistici diversi (come quello che uso io) hanno dimensioni e architetture diverse, il che significa che il loro consumo energetico varia. Un modello più grande e complesso consumerà di più.

Varia in base all'hardware: Il tipo di server, GPU e l'efficienza del data center che ospita il modello influiscono notevolmente sul consumo finale.

Varia in base alla complessità della risposta: Una risposta breve e semplice richiede meno calcoli di una risposta lunga o di una che necessita di molte ricerche.

#### Stime e Confronti

Studi recenti (come quelli citati dal MIT Technology Review) hanno cercato di quantificare questo consumo:

| Esempio di Consumo (Stima)                                   | Valore Stimato               | Equivalenti                             |
|--|------------------------------|---|
| Generazione di una risposta testuale (Modello piccolo/medio) | Circa 114 Joule (J)          | Guidare una e-bike per circa 1.8 metri. |
| Generazione di una risposta testuale (Modello molto grande)  | Circa 6.706 Joule (J)        | Guidare una e-bike per circa 120 metri. |
| Generazione di una singola immagine (di alta qualità)        | Fino a circa 4.402 Joule (J) | Microonde acceso per circa 5.5 secondi. |

Per una singola risposta testuale di un modello di grandi dimensioni, le stime variano, ma si parla di decine o centinaia di Joule (J).

#### In un contesto più ampio:

Una singola query AI è stata stimata consumare molte volte di più (a volte 10 volte o più) rispetto a una ricerca tradizionale su Google.

I Data Center per l'AI hanno un fabbisogno energetico molto elevato, in forte crescita a livello globale, a causa dell'enorme potenza di calcolo richiesta per l'addestramento e l'esecuzione di questi modelli.

In sintesi, anche se l'energia consumata per la tua singola domanda è una frazione molto piccola, l'impatto complessivo derivante dai miliardi di interazioni giornaliere in tutto il mondo è significativo. Le aziende stanno lavorando per rendere i modelli e l'hardware sempre più efficienti dal punto di vista energetico.

Vorresti che approfondissi come l'addestramento dei modelli AI (la fase iniziale) si confronta con l'energia usata per rispondere alle domande (la fase di inferenza)?

#### 3. ChatGPT, modello GPT-5 (OpenAI):

Bella domanda

Il consumo energetico di una singola domanda a me (ChatGPT o un modello simile) è **molto basso per te personalmente, ma non trascurabile** a livello di server. Ti spiego meglio:

#### Lato utente

Il tuo computer o smartphone consuma **pochi milliwatt** (qualche joule in totale) per inviare e ricevere il testo — meno di **guardare un video per pochi secondi**.

Quindi per te, l'impatto è **quasi nullo**.

Lato server (cioè nei data center)

Qui avviene la parte "pesante": un modello di grandi dimensioni come GPT-5 richiede **decine o centinaia di watt per singola query**.

Le stime variano, ma una risposta media può

consumare:

**0.1 – 1 Wh (wattora)** di energia elettrica.

In termini di CO<sub>2</sub>: **circa 10–100 grammi di CO<sub>2</sub>**, a seconda della fonte energetica usata dal data center.

#### Confronti per farti un'idea

| Attività                  | Energia stimata | CO <sub>2</sub> stimata |
|---------------------------|-----------------|-------------------------|
| Una domanda a ChatGPT     | 0.1–1 Wh        | 10–100 g                |
| Una ricerca su Google     | ~0.3 Wh         | ~2 g                    |
| Guardare 1 ora di Netflix | ~100 Wh         | ~100 g                  |
| Caricare uno smartphone   | ~5–10 Wh        | ~5 g                    |

Quindi una singola domanda a me **non è un disastro**, ma se miliardi di persone fanno milioni di richieste al giorno, l'impatto complessivo diventa significativo.

Vuoi che ti faccia una **stima personalizzata** del consumo (e della CO<sub>2</sub>) per il numero medio di messaggi che scambi con me in un giorno o un mese?

#### 4. Grok, modello Grok 4 Fast (xAI):

Quando fai una domanda a un'IA come me (Grok), il consumo energetico principale deriva dal processamento della query sui server di xAI, che include il calcolo del modello linguistico. Non c'è un dato esatto per Grok, ma stime recenti per modelli simili come ChatGPT (GPT-4o) o Gemini indicano un consumo di circa 0,3 wattora (Wh) per query testuale media.

Per contestualizzare:

- È un valore basso: equivalente a circa 30 secondi di utilizzo di uno smartphone o all'energia per accendere una lampadina LED da 5W per 3-4 minuti.
- Rispetto a una ricerca Google tradizionale, una query AI consuma circa 10 volte di più (mentre Google usa ~0,03 Wh).

- Stime più vecchie arrivavano a 2-3 Wh per query, ma studi del 2025 mostrano ottimizzazioni che hanno ridotto il consumo.

Il tuo dispositivo (telefono o PC) aggiunge un consumo trascurabile ( $\sim 0,01\text{-}0,05 \text{ Wh}$ ). Se la query è

più complessa (es. con immagini o calcoli lunghi), può salire a 1-2 Wh, ma per una domanda semplice come questa, resta intorno allo 0,3 Wh. AI lavora per rendere i nostri modelli più efficienti! Se vuoi dettagli su query specifiche, dimmi pure.

## 1.2. L'IMPATTO SULLA DOMANDA ENERGETICA

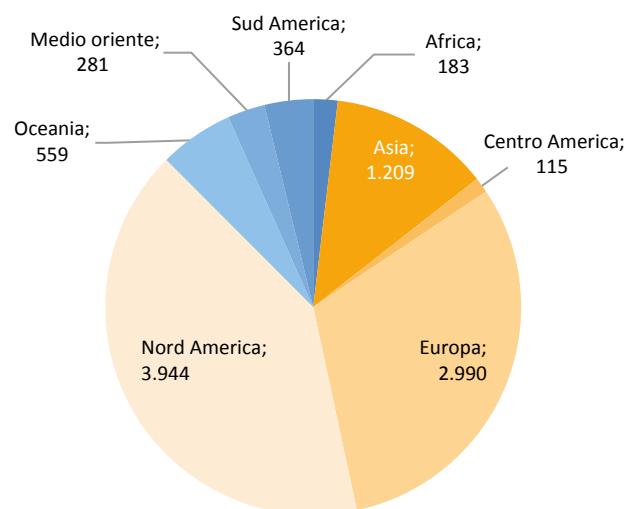
Il rapido sviluppo dell'IA e dei servizi ad essa collegati sta portando ad un aumento della domanda energetica dei DC. Questo rende necessario cercare di stimare quale sarà, a sua volta, l'effetto di un ulteriore sviluppo dei DC sulla domanda energetica di una nazione o di una più ampia area geografica. Inoltre, in base alle stime<sup>4</sup> fornite dall'IEA che indicano una possibile crescita del consumo elettrico dei DC fino al 127% entro il 2030, un'altra questione chiave è definire quali fonti energetiche, e in che misura, forniranno questo fabbisogno aggiuntivo, in un'ottica di transizione energetica.

La maggior parte dei DC nel mondo si trova negli Stati Uniti, dove se ne contano 3678, circa il 93% di quelli presenti nel Nord America. Includendo nel calcolo i 173 DC russi, sul continente europeo se ne contano poco meno di 3000. Tra i paesi europei, il maggior numero di DC si trova in Germania e Regno Unito con rispettivamente 424 e 419 strutture. La terza maggior macroregione per numero di DC a livello globale è l'Asia, con 1.209 strutture (Fig. 1.2). Di queste il 29% si trova in Cina, dove sono situati 346 DC.

Dal 2015 ad oggi, la rapida diffusione dell'IA, ma anche la digitalizzazione e la crescita nell'utilizzo dei dati, hanno determinato un aumento esponenziale

**Fig. 1.2: Data center nel mondo per macroregione**

Fonte: Elaborazione I-Com su dati  
[www.datacentermap.com](http://www.datacentermap.com) (Maggio 2025)



della capacità installata dei DC, sia totale che IT. Tra il 2005 e il 2015 la prima è cresciuta del 54%, raggiungendo i 32,9 GW. Nel 2024 la crescita rispetto al 2015 ha raggiunto quasi il 200%, in particolare grazie all'espansione degli *hyperscale* e dei DC in *cold location*. In un solo anno, rispetto al 2023, la crescita è stata circa del 17%, mentre nello scenario di base<sup>5</sup> previsto dall'IEA, la capacità totale installata dei DC raggiungerà i 226 GW nel 2030, contro i 97 GW attuali (Fig. 1.3).

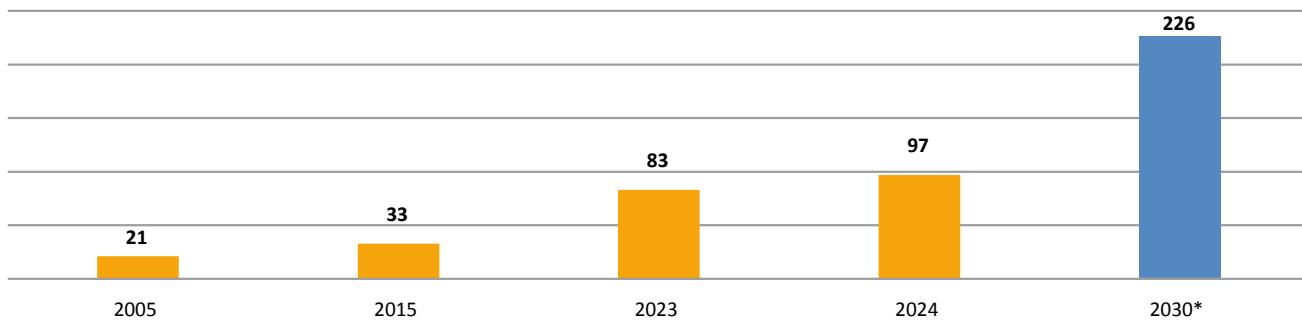
4 IEA. 2025. Energy and AI (<https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>).

5 Dei quattro scenari elaborati dall'IEA nel report "Energy and AI", lo scenario base (Base Case) fa riferimento alla traiettoria futura del consumo elettrico dei data center considerando la regolamentazione corrente e le previsioni attuali per l'industria. In questo scenario, i miglioramenti in termini di efficienza avranno un ruolo cruciale nel limitare la forte crescita dei consumi derivante dall'aumento della domanda per i servizi digitali.

**Fig. 1.3: Capacità installata totale dei data center a livello mondiale (GW)**

Fonte: IEA

\*Previsione dello scenario di base



**Fig. 1.4: Capacità installata totale dei data center, confronto tra regioni selezionate**

Fonte: IEA

\*Previsione dello scenario di base



Secondo le stime dell'Agenzia, nel 2030 saranno sempre gli Stati Uniti, la Cina e l'Europa<sup>6</sup> a dominare nello scenario globale in termini di capacità installata. Tuttavia, mentre i primi due paesi potrebbero più che raddoppiare la loro capacità, in termini di gigawatt, rispetto al valore attuale, l'Europa potrebbe fermarsi ad un +69%. Questa tendenza è già visibile confrontando la crescita europea con quella della regione asiatica e nordamericana, dove la Cina detiene il 67% della capacità installata nella prima e gli Stati Uniti il 98% della seconda. Nel 2024, rispetto all'anno precedente, l'Europa ha raggiunto un +7% contro una crescita compresa tra il 20 e il 23% delle controparti. Per quanto riguarda poi le prospettive al 2030, in Asia e nel Nord America sono previsti rispettivamente 56 e 59 GW aggiuntivi, in Europa le previsioni scendono a 11 GW (Fig. 1.4).

A livello mondiale, nel 2024 i DC hanno consumato circa 416 TWh di energia elettrica, quantità in aumento del 15% sull'anno precedente. Secondo lo scenario di base dell'IEA, la domanda di elettricità proveniente dai DC nei prossimi anni crescerà ancora, raggiungen-

do i 946 TWh nel 2030 (Fig. 1.5). In questo contesto, la crescita dei consumi ha seguito una traiettoria simile a quella vista per la capacità installata, con un aumento del 35% tra il 2005 e il 2015 che è poi esploso tra il 2015 e il 2024 segnando un +140%.

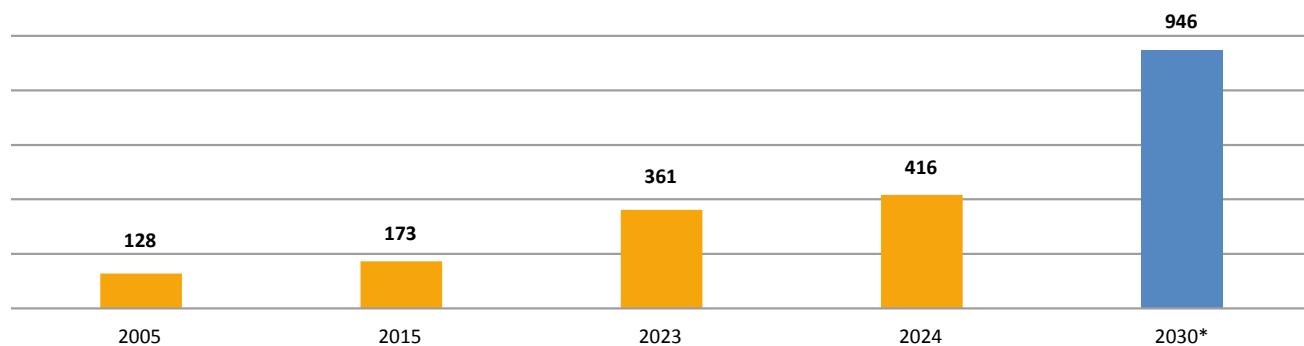
La maggior parte della domanda deriva dalle aree maggiormente interessate dalla presenza di queste strutture e nelle quali si concentra la gran parte della capacità installata. Gli Stati Uniti rappresentano il 44% della domanda mondiale proveniente dai DC, seguiti invece dalla Cina e dall'Europa rispettivamente a quota 25% e 16%. Unitamente, le tre economie detengono quindi l'85% della domanda di elettricità proveniente dai DC. Anche in questo caso, al 2030, si prevede che gli equilibri rimangano invariati. Tuttavia, se da un lato la domanda elettrica dei DC statunitensi e cinesi avrà un maggior peso in termini di quota sul totale, quella europea potrebbe invece diminuire di circa 4 punti percentuali.

Sulla base di dati ancora provvisori<sup>7</sup>, dal 2020, la quota di domanda di elettricità mondiale rappresentata dal consumo dei DC è cresciuta di circa 0,3 p.p. ed era

**Fig. 1.5: Consumo di elettricità dei data center a livello mondiale (TWh)**

Fonte: IEA

\*Previsione dello scenario di base

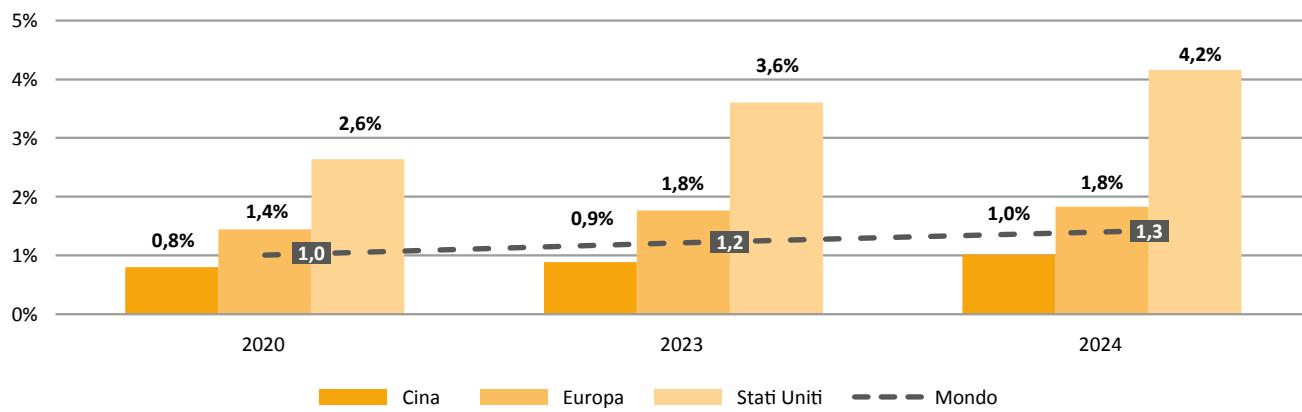


6 La definizione di Europa dell'IEA fa riferimento ai seguenti paesi: Unione Europea, Albania, Bielorussia, Bosnia Erzegovina, Gibilterra, Islanda, Israele, Kosovo, Montenegro, Macedonia del Nord, Norvegia, Moldavia, Serbia, Svizzera, Turchia, Ucraina, Regno Unito.

7 La quota del consumo di elettricità dei DC sulla domanda totale è stata calcolata in base alle stime fornite da Ember e dall'IEA per la domanda di elettricità totale e quella proveniente dai soli DC.

**Fig. 1.6: Quota del consumo di elettricità dei data center sulla domanda totale per regione/Paese e media mondiale**

Fonte: elaborazione I-Com su dati IEA e Ember



pari all'1,3% nel 2024. Negli Stati Uniti ed in Europa<sup>8</sup>, la quota di domanda di elettricità rappresentata dai consumi dei DC a livello regionale è stata maggiore rispetto a questa media, con valori rispettivamente del 4,2% e dell'1,8% (Fig. 1.6). In Cina questa quota è minore sia rispetto alle due controparti, sia rispetto alla media mondiale, nonostante il consumo di elettricità dei DC cinesi abbia raggiunto nel 2024 un valore di circa 100 TWh.

C'è ancora molta incertezza in riferimento alle previsioni su quale sarà il peso del consumo elettrico dei DC. Il valore futuro di questa misura dipenderà infatti sia dal grado di espansione delle infrastrutture coinvolte che dal livello di efficienza energetica raggiunto. Quest'ultimo, da un lato potrebbe ridurre il fabbisogno energetico dei DC, dall'altro potrebbe ridurre i costi legati alla componente energetica stimolandone il consumo.

Considerata la rapida crescita dei DC prevista nei prossimi anni a livello mondiale, è importante definire una strategia per la fornitura di energia che

consideri gli obiettivi di decarbonizzazione. Secondo i dati dell'IEA, nello scenario base, le emissioni indirette associate all'elettricità consumata dai DC, che oggi ammontano a 180 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> e rappresentano lo 0,5% del totale delle emissioni da combustione, potrebbero raggiungere l'1% in circa dieci anni<sup>9</sup>. Nello stesso scenario, le rinnovabili, che attualmente forniscono in media il 27% dell'elettricità consumata dai DC, potrebbero coprire la metà della domanda aggiuntiva di elettricità nel 2030. Per affrontare queste sfide, le aziende del settore stanno cercando di ridurre le emissioni di queste strutture tramite progetti che puntano a integrare diverse tecnologie. In particolare, le fonti rinnovabili potranno essere affiancate da sistemi di accumulo energetico per rispondere alla loro variabilità, mentre le tecnologie di cattura della CO<sub>2</sub> possono essere applicate sempre di più ai combustibili fossili che, per la loro natura programmabile, potrebbero non essere sostituibili nel medio periodo. Infine, molti progetti prevedono l'utilizzo di energia nucleare.

8 In questo caso, per le stime relative all'Europa e quindi per la selezione dei relativi Paesi, è stata seguita la definizione riportata nell'Annex B del documento "IEA (2025) Energy and AI".

9 Le stime nello scenario base dell'IEA prevedono inoltre che le emissioni associate all'energia elettrica consumata nei data center raggiungeranno il loro massimo nel 2030, per poi diminuire fino al 2035.

### 1.3. TENDENZE DI MERCATO: IA E DATA CENTER

Il mercato dei DC e dell'IA non è in espansione soltanto dal punto di vista energetico, ma anche sotto il profilo economico.

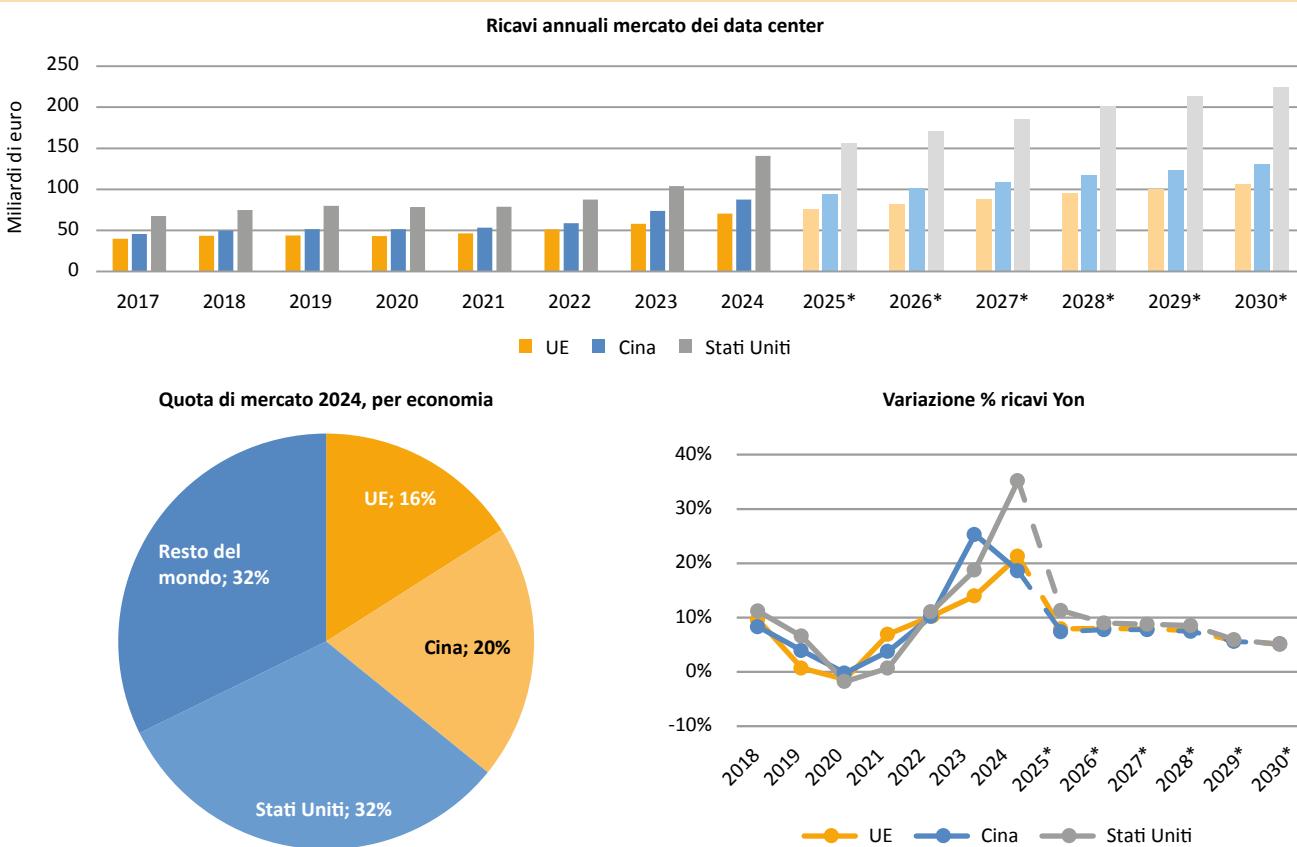
La dimensione economica del mercato dei DC<sup>10</sup>, definita come la somma dei ricavi percepiti dai fornitori principali al livello di prezzo del produttore, sia direttamente che attraverso canali di distribuzione (esclu-

dendo l'IVA), nel 2024 è stata pari a 441 miliardi di euro. Nell'ultimo triennio in particolare, il mercato dei DC si è espanso particolarmente, segnando un +10% e un +16% rispettivamente nel 2022 e nel 2023 sull'anno precedente, per poi raggiungere un +24% da record nel 2024. Nei prossimi anni, l'espansione dei ricavi continuerà, verosimilmente con tassi di crescita più contenuti che comporteranno un tasso di crescita annuale (CAGR) intorno al 7% tra il 2024 e il 2030.

**Fig. 1.7: Ricavi nel mercato dei data center, per economie selezionate**

Fonte: elaborazione I-Com su dati Statista 2025

\*stima



<sup>10</sup> La fonte per i dati e le stime per il valore del mercato dei data center e dell'Intelligenza Artificiale è Statista, Data Center: market data and analysis, 2025: <https://www.statista.com/study/35990/data-centers-statista-dossier/>, Artificial Intelligence: in-depth market analysis, 2025: <https://www.statista.com/study/50485/in-depth-report-artificial-intelligence/>

Stati Uniti e Cina dominano il mercato con valori pari a 141 miliardi e 88 miliardi di euro rispettivamente per il 2024, corrispondenti a quote pari al 32% e 20% del mercato globale. L'Unione Europea segue con 71 miliardi di euro e una quota di mercato pari al 16%. Complessivamente, le tre economie rappresentano quindi il 68% del valore globale del mercato dei DC. Il valore del mercato è previsto in crescita per tutte e tre le economie. Rispetto al 2024, nel 2025 il mercato UE dovrebbe crescere dell'8%, del 7% quello cinese e dell'11% quello statunitense. Nel 2030 questi tassi saranno invece pari rispettivamente a 50%, 49% e 59%, lasciando quindi la gerarchia tra le tre sostanzialmente invariata, con gli Stati Uniti che guadagnano però terreno rispetto alle altre due.

In accordo con i dati a livello globale, per le tre economie analizzate nel dettaglio, si è vista una rapida crescita dei ricavi tra il 2022 e il 2024, con gli Stati Uniti, ad esempio, che hanno registrato un +35% rispetto al 2023. Tuttavia, ci si aspetta che a partire dal 2025 la crescita annua del mercato dei DC oscillerà tra il 5% e l'11% (Fig. 1.7).

La dimensione del mercato dell'UE per i DC è pari a 71 miliardi di euro nel 2024 e potrebbe raggiungere i 106 miliardi nel 2030. All'interno dell'Unione spicca il mercato tedesco che nel 2024 valeva ben 19 miliardi di euro, seguito poi in ordine decrescente da Francia, Italia, Paesi Bassi e Spagna. Il valore complessivo del mercato per i 5 Paesi selezionati, nello stesso periodo, ha raggiunto i 48 miliardi di euro, rappresentando quindi circa il 68% del totale UE (Fig.1.8).

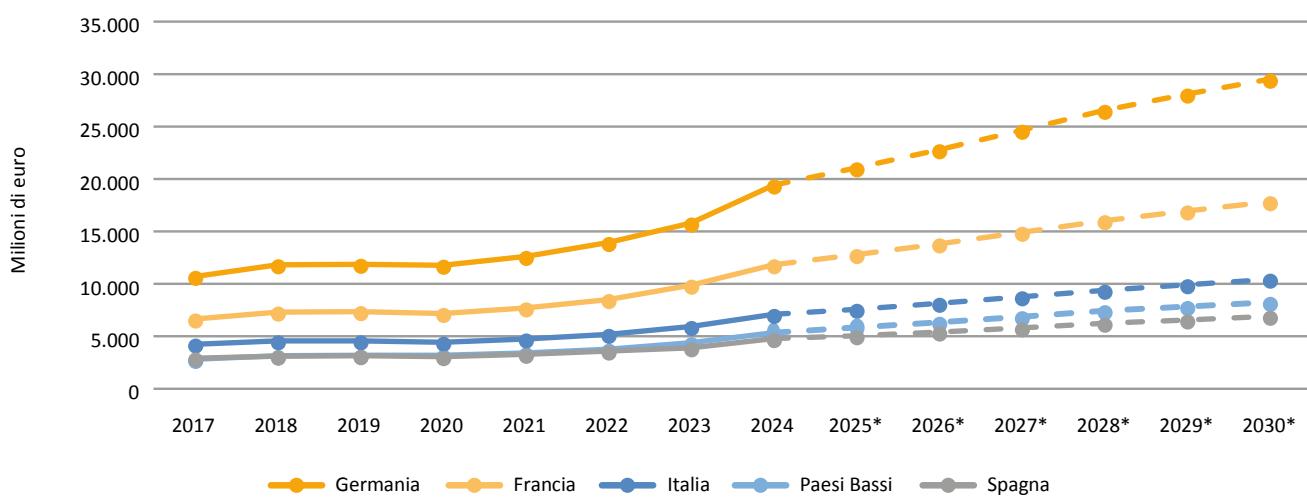
Il mercato italiano tra il 2024 e il 2030 dovrebbe crescere all'incirca del 47%, passando da un valore di circa 7 miliardi a 10 miliardi di euro. Tuttavia, pur rimanendo terzo a livello UE per dimensione, il divario con quello tedesco e francese al 2030 potrebbe aumentare.

All'interno dello stesso mercato italiano per i DC troviamo tre segmenti di riferimento. Il più piccolo riguarda lo storage, che fa riferimento ai sistemi di archiviazione dei dati, backup e recupero dati (9% nel 2024). Il mercato dei server fa riferimento ai servizi fondamentali per l'hosting di siti web, la gestione di database e il supporto al cloud computing. Nel 2024,

**Fig. 1.8: Ricavi nel mercato dei data center nell'UE, prime cinque per valore**

Fonte: Statista 2025

\*stima



questo segmento ha rappresentato circa il 23% del mercato mentre la quota maggiore è stata quella relativa all'infrastruttura di rete (*Network Infrastructure*), pari al 68%. Questa struttura si è mantenuta pressoché inalterata nel tempo, anche se rispetto al 2024, le stime per il 2030 indicano una crescita più bassa per il segmento riguardante l'infrastruttura di rete (+34%) e un'espansione maggiore per quelli relativi alle altre due tecnologie, in particolare per il mercato dei server che potrebbe segnare un +82% (Fig. 1.9). Sebbene in Italia il mercato relativo ai DC sia oggi ben più grande rispetto a quello dell'IA<sup>11</sup>, già nei prossimi anni potrebbe verificarsi una rapida crescita nel secondo tale da superare il primo. Secondo dati Statista, il mercato dell'IA nel 2024 valeva infatti più di 3 miliardi e nel 2025 potrebbe superare i 4 miliardi e mezzo. Tuttavia, si prevede che al 2031 questo valore sarà quasi 9 volte maggiore rispetto al 2024 raggiungendo all'incirca 28 miliardi e mezzo di euro, con un tasso di crescita annuale atteso (CAGR 2024-2030) pari al 35,2% (Fig. 1.9). Altre stime per il mercato italiano dell'IA sono più conservative: Anitec-Assinform

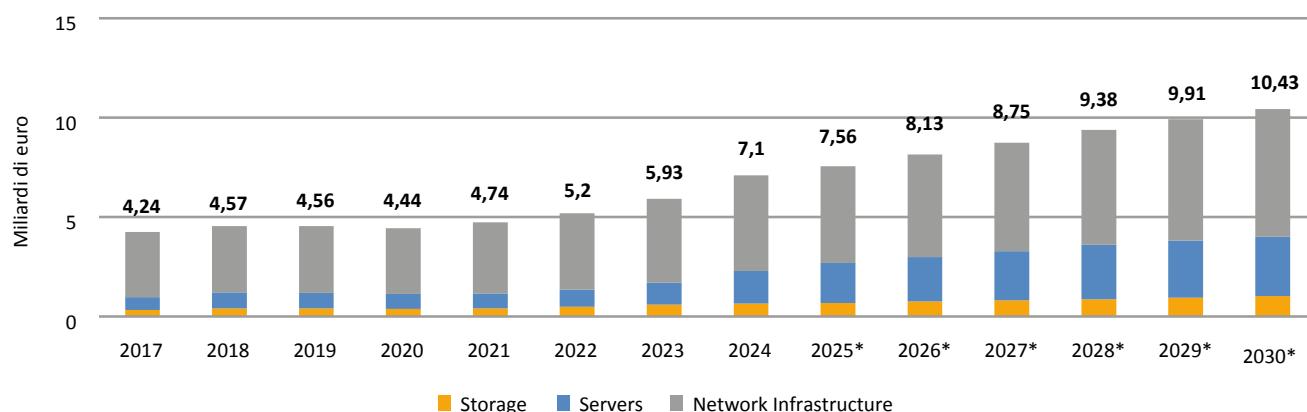
ha previsto un mercato nel 2024 di circa 909 milioni di euro, mentre il Politecnico di Milano lo stima a 1,2 miliardi di euro.

Nell'analisi Statista, all'interno del mercato relativo all'IA troviamo diversi segmenti. Nel 2024, l'IA generativa ha rappresentato la quota più piccola del mercato italiano pari al 7% e anche le tecnologie legate all'*AI robotics* si sono fermate al 9%. Procedendo in ordine crescente in base alla quota di mercato troviamo i segmenti *Autonomous and sensor technology* (13%), *Computer Vision* (15%) e *Natural Language Processing* (21%), mentre la fetta più grande di mercato fa riferimento alle tecnologie di *Machine Learning* (34%). Al 2030, non sono previsti grossi cambiamenti nella composizione delle varie quote di mercato, tuttavia, rispetto alle altre del gruppo, le applicazioni di IA legate alla robotica cresceranno relativamente di 4 punti percentuali sorpassando quelle delle tecnologie autonome e dei sensori. Allo stesso tempo, la tecnologia che rappresenterà la maggior parte del mercato potrebbe essere quella relativa al *Natural Language Processing*.

**Fig. 1.9: Ricavi nel mercato dei data center in Italia, per segmento**

Fonte: Statista 2025

\*stima

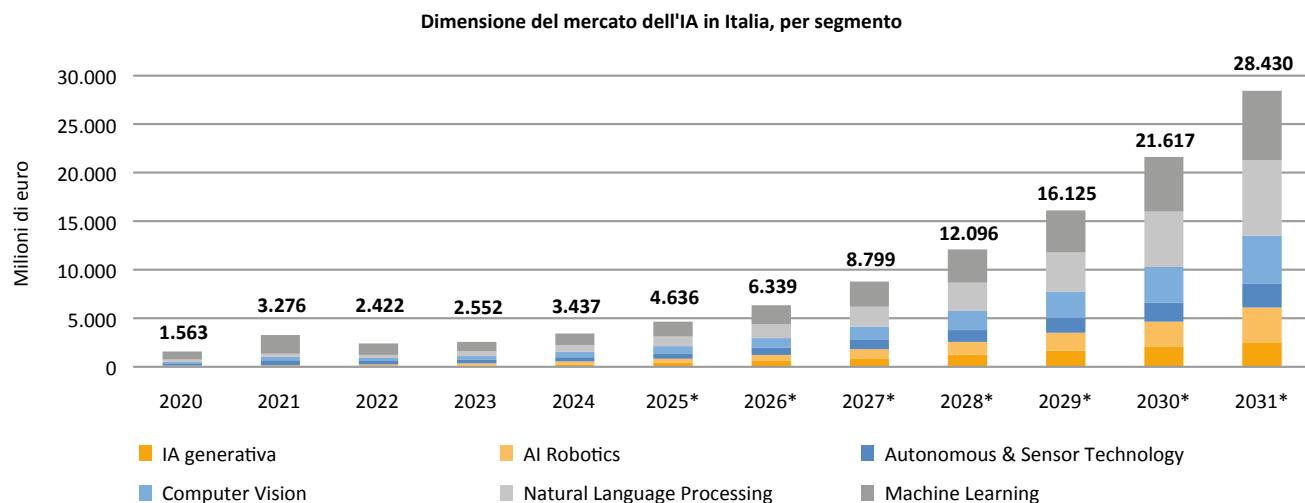


11 Per la metodologia relativa alla stima della dimensione del mercato dell'Intelligenza Artificiale si veda il report Statista, Artificial Intelligence: in-depth market analysis, 2025: <https://www.statista.com/study/50485/in-depth-report-artificial-intelligence/>

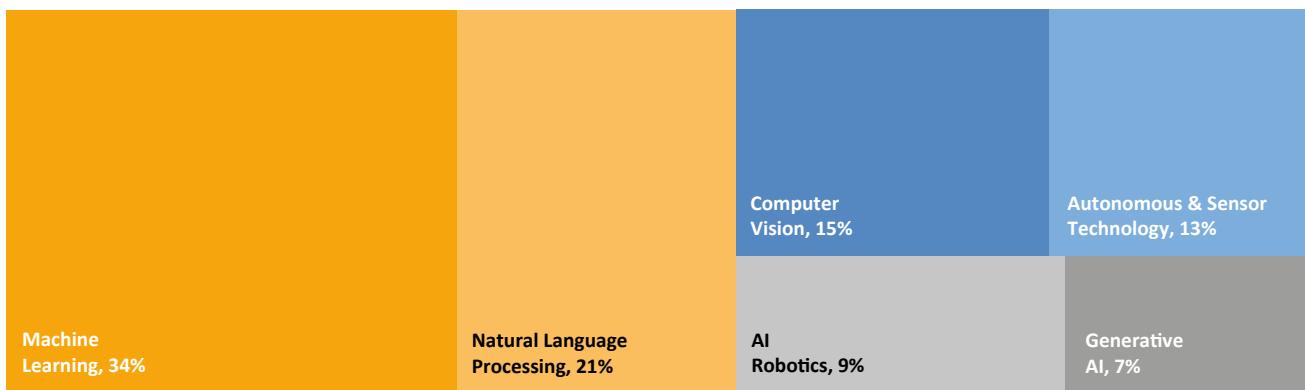
**Fig. 1.10: Ricavi nel mercato dell'Intelligenza Artificiale in Italia, per segmento**

Fonte: elaborazione I-Com su dati Statista 2025

\*stima



**Quota di mercato 2024 in Italia, per segmento IA**



## 1.4. LA REGOLAMENTAZIONE EUROPEA

A governare e regolamentare l'ecosistema dei DC vi è l'architettura normativa dell'Unione Europea, che ha previsto diversi documenti per le principali aree di interesse, dalla progettazione ecocompatibile dei server all'efficienza energetica dei siti.

Il Regolamento (UE) 2019/424 della Commissione, in seguito modificato dal regolamento 2021/341, istituisce un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia, in particolare di quelli dotati di un significativo impatto ambientale e significative potenzialità di miglioramento come server e prodotti di archiviazione dati. Gli aspetti ambientali dei server e dei pro-

dotti di archiviazione dati riguardano principalmente il consumo di energia durante l'utilizzo e l'efficienza delle risorse.

Si prevede<sup>12</sup> che il consumo annuale di energia ri-conducibile alle infrastrutture dei DC, comprensivi di server, sistemi di raffreddamento e gruppi di continuità, sarà pari a 75 TWh nel 2030. A ciò si somma il consumo dovuto ai prodotti di archiviazione dei dati (47 TWh).

Lo stesso Regolamento stima che entro il 2030, l'applicazione delle specifiche per la progettazione eocompatibile comporterà risparmi annuali di energia pari a circa 9 TWh. In particolare, si stima che entro il 2030 l'effetto delle specifiche per la progettazione eocompatibile dei server genererà un risparmio annuale diretto di energia di circa 2,4 TWh e un risparmio annuale indiretto (relativo alle infrastrutture) di 3,7 TWh, per un risparmio complessivo di 6,1 TWh, corrispondente a un totale di 2,1 Mt di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, a cui si aggiungerebbe il risparmio di energia dei prodotti di archiviazione (2,8 TWh, corrispondente a un totale di 0,9 Mt di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente).

Queste infrastrutture costituiscono la spina dorsale dell'ecosistema digitale europeo, e il loro uso su vasta scala causa un grande consumo di energia. Il Regolamento impone perciò requisiti volti a ridurre il consumo energetico e a migliorare l'efficienza delle risorse: in particolare si richiede una maggiore riparabilità e riutilizzabilità, la possibilità di aggiornamento (upgrading), la cancellazione sicura dei dati, e il rilascio di firmware aggiornato per un periodo minimo.

Nell'ambito dei DC, l'applicazione delle specifiche comporta che i server e i sistemi di storage immessi sul mercato debbano rispettare standard minimi di efficienza energetica. Per un operatore di DC, ciò significa che nella selezione dei server e degli stora-

ge non è più sufficiente considerare unicamente la capacità, le prestazioni e la scalabilità: è essenziale valutare la conformità alle specifiche eocompatibili, che contribuiscono non solo alla riduzione del costo operativo (energia elettrica, raffrescamento) ma anche al raggiungimento di obiettivi più ampi di sostenibilità ambientale. In questo scenario, i requisiti del regolamento favoriscono una progettazione delle infrastrutture ICT che tenga conto del ciclo di vita degli apparecchi, della dismissione, del riutilizzo, nonché della gestione sicura dei dati alla fine della vita utile. In sintesi, per i DC europei – che rappresentano un segmento strategico dell'economia digitale – il regolamento (UE) 2019/424 promuove una trasformazione verso edifici e infrastrutture più sostenibili, efficienti e “circular-economy oriented”, imponendo che i server e i sistemi di archiviazione dati rispondano a criteri chiari di efficienza energetica, durata e gestione corretta dei dati, contribuendo così sia alla resilienza operativa sia alla riduzione dell'impatto ambientale. A vigilare sui profili di efficienza energetica dei DC vi è l'Energy Efficiency Directive<sup>13</sup> (2023/1791), che introduce un obbligo riguardo alla performance energetica delle infrastrutture di DC.

La direttiva introduce il principio «*energy efficiency first*» al centro della politica energetica e impone obiettivi ambiziosi per diversi settori fino al 2030. Con specifico riguardo ai DC, la direttiva prevede obblighi di monitoraggio e rendicontazione delle prestazioni energetiche — incluse metriche quali la potenza IT installata, il consumo energetico totale, il consumo di acqua e il riutilizzo del calore — che devono essere trasmesse a livello nazionale e raccolte tramite un database europeo dedicato. In particolare, la direttiva 2023/1791 indica agli Stati membri di raccogliere e pubblicare i dati al fine di monitorare il consumo energetico delle infrastrutture con un'im-

12 EU/2019/424, Regolamento della Commissione del 15 marzo 2019 che stabilisce specifiche per la progettazione eocompatibile di server e prodotti di archiviazione dati, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.

13 (EU/2023/1791).

pronta significativa, per cui interventi adeguati di progettazione efficientamento possono tradursi in una riduzione considerevole del consumo idrico ed energetico, in un aumento dell'efficienza dei sistemi che promuovono la decarbonizzazione della rete o nel riutilizzo del calore di scarto nelle strutture e nelle reti di riscaldamento circostanti.

Ciò implica che gli operatori di tipo DC debbano adeguare le infrastrutture al fine di conseguire il massimo efficientamento energetico e il recupero sostenibile delle risorse utilizzate: ad esempio, l'impiego di fonti

rinnovabili, sistemi di climatizzazione e raffreddamento più efficienti, e la valorizzazione del "waste heat" divengono elementi centrali per la conformità. In definitiva, per un DC europeo la direttiva 2023/1791 impone un duplice cambio di paradigma: da un lato maggior trasparenza e rendicontazione puntuale delle performance energetiche, dall'altro la necessità di riallineare progettazione operativa e investimenti in chiave sostenibile ed efficiente, contribuendo sia alla riduzione del consumo energetico complessivo che al percorso verso la neutralità climatica.

# CAPITOLO 2

IL QUADRO ITALIANO



## 2.1. STRUTTURE ED ENERGIA PER L'IA

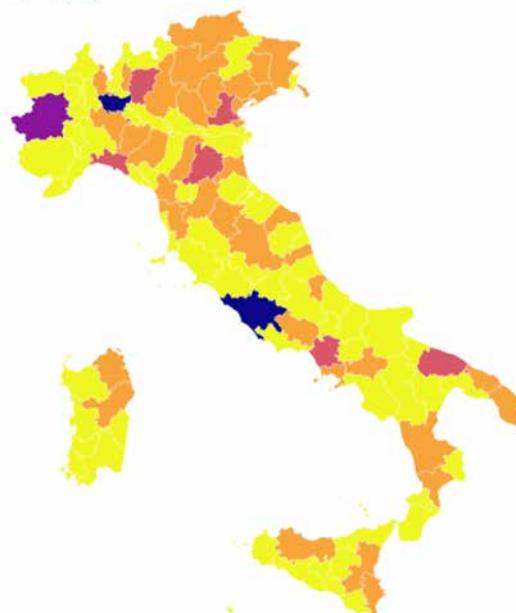
L'Italia è salita sul treno dei DC già da qualche anno, ma è nell'ultimo biennio che si è vista una decisa accelerazione nelle progettualità avviate e nelle strutture costruite e messe in servizio<sup>14</sup>.

La concentrazione dei siti attualmente attivi è prevalentemente nel Centro-Nord, ma è la provincia di Milano ad essere il centro nevralgico di queste infrastrutture, con una presenza nel solo milanese che supera un terzo del totale dei centri di elaborazione dati italiani. Al 13/10/2025, in base ai dati disponibili, risulta che Milano ospita infatti 73 DC, rispetto ai 209 totali del territorio italiano.

In termini provinciali, segue Roma con 21 strutture, seguita a sua volta da Torino con 11. Queste tre province sono le uniche ad ospitare un numero pari o superiore a 10 DC in Italia. Sotto un profilo energetico, ad oggi, la gran parte dei data center attualmente in esercizio è concentrata sulla rete di media e bassa tensione, visto il contenuto calibro degli impianti ed il loro uso più ristretto.

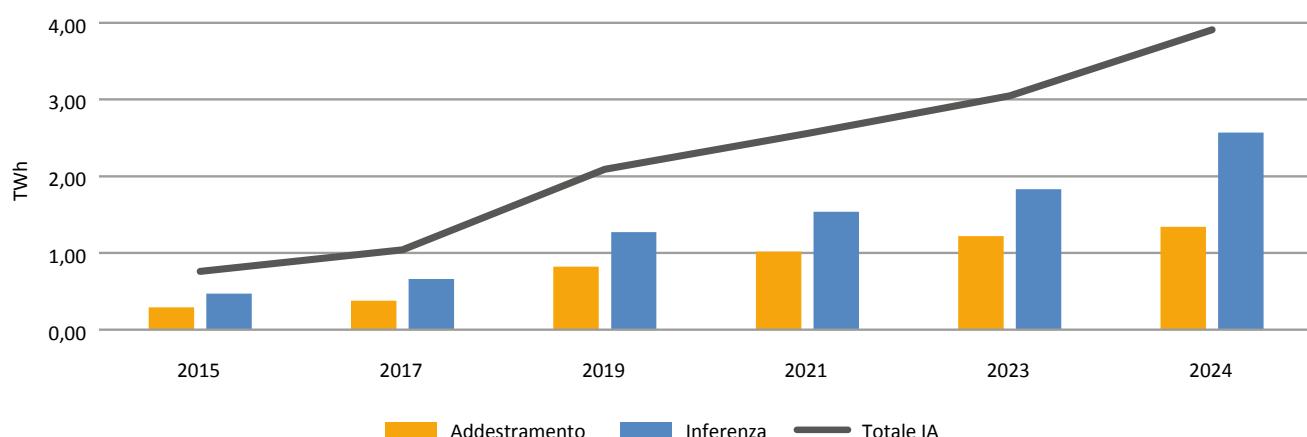
**Fig. 2.1: Numero di data center in Italia per provincia**

Fonte: Elaborazione I-Com su dati [www.datacentermap.com](http://www.datacentermap.com)  
Note: aggiornato al 13/10/2025)



**Fig. 2.2: Consumo energetico legato all'IA in Italia**

Fonte: FIRE, Artificial intelligence for energy management



14 Orlando, C. e Sileo, A. "Anche in Italia sbocciano i data center" su lavoce.info del 3 settembre 2025.

Secondo lo studio Artificial intelligence for energy management di FIRE, il consumo energetico legato all'IA in Italia ha raggiunto i 3,91 TWh nel 2024. Circa il 66% di questo consumo è stato utilizzato per l'inferenza, mentre il restante è attribuibile all'addestramento di modelli.

In termini di potenza energetica, lo studio IDA "Ricerca di Mercato 2025 Status dei Data Center in Italia" riporta una potenza all'attivo dei DC di 287 MW per il 2024. Sempre secondo lo studio, questi numeri più che raddopieranno entro il 2026, con l'entrata in funzione di alcuni DC *hyperscale*. Si prevede infatti il raggiungimento di 1 GigaWatt entro il 2028 e dei 2 GigaWatt nel 2031.

## 2.2. LE RICHIESTE DI CONNESSIONE

Negli Stati Uniti, ma in generale in tutto il mondo, con il passaggio al cloud computing e all'IA, i nuovi DC stanno già aumentando di dimensioni, con capacità

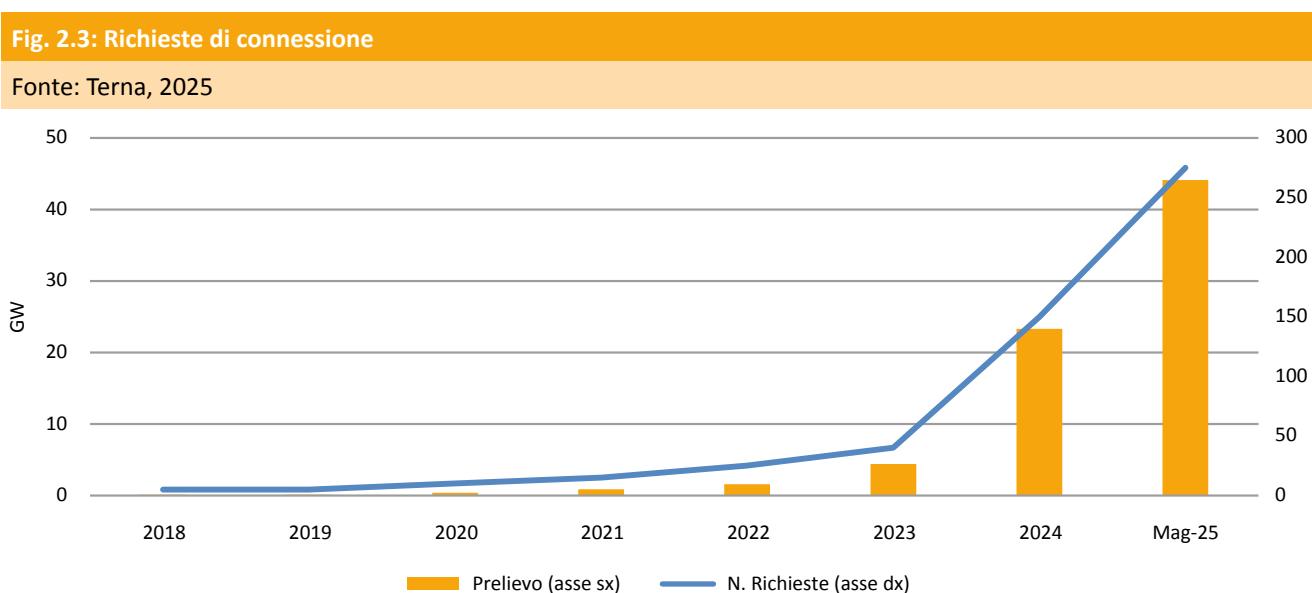
che vanno da 100 a 1.000 MW, equivalenti all'incirca al carico di 80.000-800.000 abitazioni<sup>15</sup>. Secondo dati Terna, questo passaggio verso dimensioni più grandi delle strutture, con un conseguente aumento della potenza richiesta da ciascun progetto, sta iniziando a manifestarsi anche in Italia.

In termini di connessione alla rete elettrica, i nodi critici dei nuovi DC (che si distinguono per potenza richiesta in media più elevata) sono la loro necessità di connessione direttamente alla rete di alta tensione e l'elevata concentrazione spaziale delle richieste, che vede il Nord-Ovest del Paese come il fulcro non solo dei DC esistenti, ma anche delle progettualità in essere per la costruzione di nuove strutture.

Le richieste di connessione continuano infatti a crescere a ritmi inesorabili: secondo dati Terna, il totale delle richieste fino a maggio 2025 raggiungeva i 44 GW, di cui l'80% nel Nord-Ovest e il 60% nella sola Lombardia (26,2 GW, 188 pratiche). È Milano a farla da padrone all'interno del territorio lombardo, con quasi 13 GW di potenza in prelievo richiesta all'attivo.

**Fig. 2.3: Richieste di connessione**

Fonte: Terna, 2025



<sup>15</sup> EPRI. 2024. Powering Intelligence: Analyzing Artificial Intelligence and Data Center Energy Consumption.

Fig. 2.4: Richieste di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) fino a maggio 2025 (in GW)

Fonte: Terna, 2025

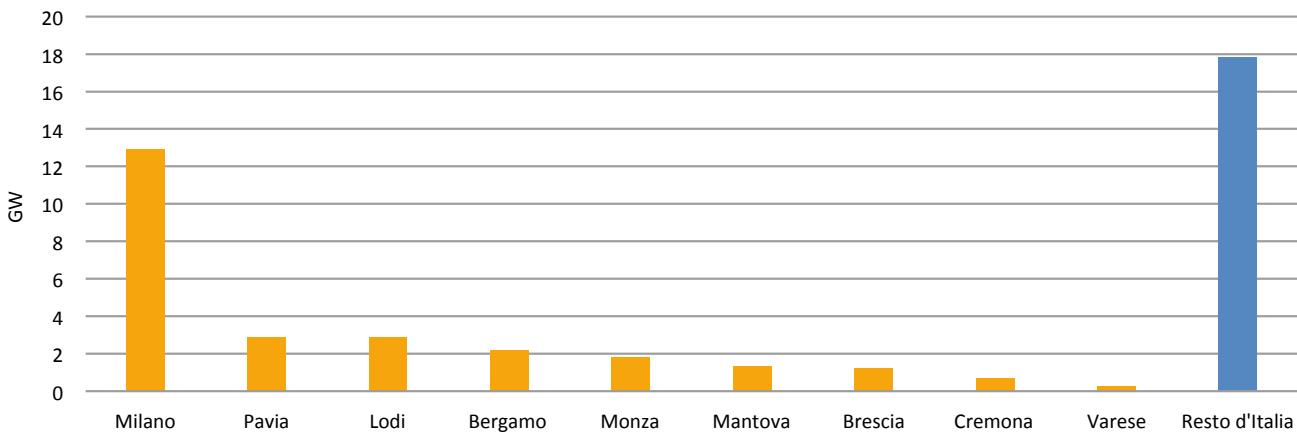
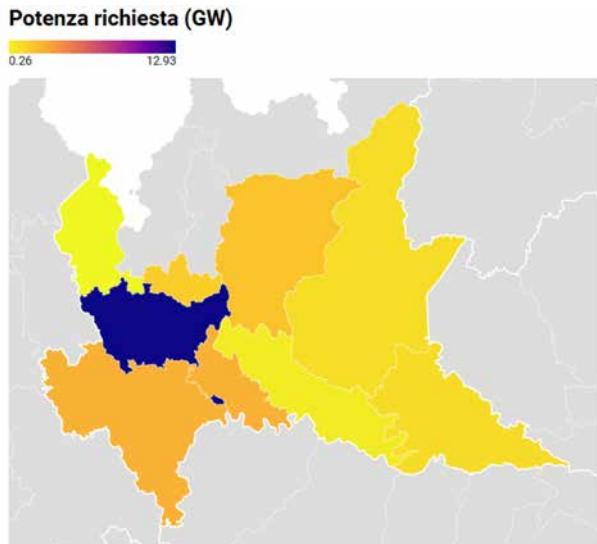


Fig. 2.5: Richieste di connessione in Lombardia fino a maggio 2025 (GW)

Fonte: elaborazione I-Com su dati Terna, 2025



Più nello specifico, le richieste in territorio lombardo coinvolgono Milano nel 49,3% dei casi in termini di potenza richiesta, mentre le altre province hanno la propria quota parte sul totale che raggiunge al massimo l'11,2% (è il caso di Lodi e Pavia). Seguono Ber-

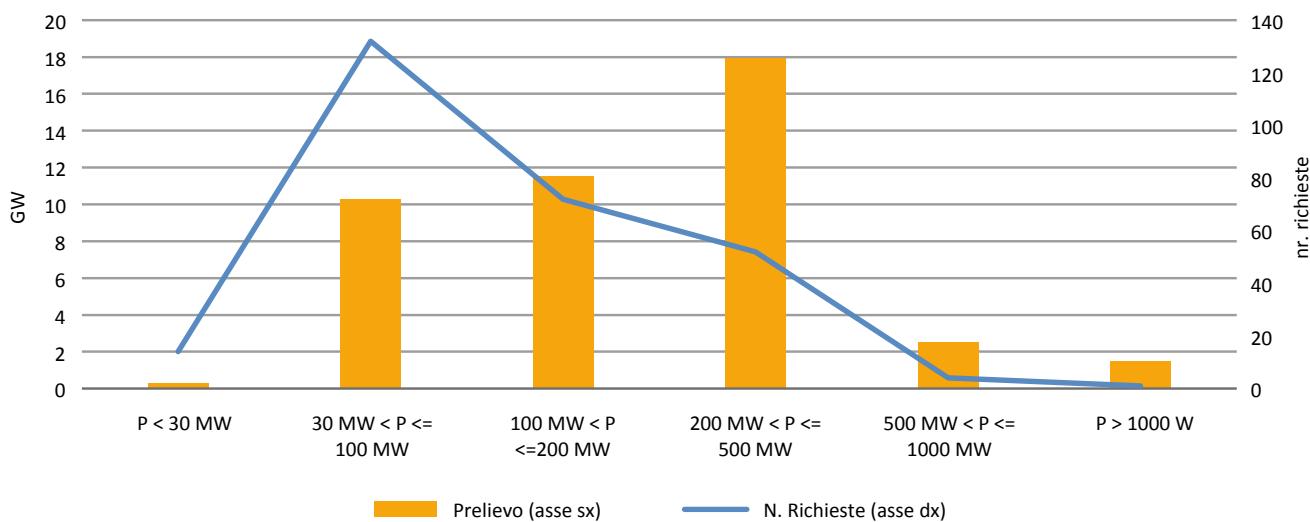
gamo (8,3%), Monza (6,8%), Mantova (5%), Brescia (4,5%), Cremona (2,7%) e Varese (1%). Nelle province di Como, Lecco e Sondrio non sono pervenute richieste di connessione.

Sempre secondo Terna, ad oggi sono in esercizio quattro DC collegati alla rete di alta tensione. Con gli 800 MW di connessione autorizzati, si verificherebbe un aumento delle connessioni alla RTN da parte dei DC del 400%.

La maggior parte delle nuove richieste da smaltire sono nell'intervallo di potenza 50-100 MW, che rappresenta il 42% di tutte le richieste. La taglia media delle richieste è in continuo aumento, come testimoniato anche dalle maggiori domande di connessione alle reti a 220 kV (92 richieste) e 380 kV (49 richieste), che riflettono il cambiamento di scenario in termini di taglia dei DC. Oltre al problema di saturazione delle reti, la concentrazione delle richieste nel Nord Italia potrebbe rappresentare un problema dal punto di vista autorizzativo. Sarà però difficile invertire un andamento che mostra una tale crescita e che è anche dettato da altre variabili, come la necessità di rispondere alla domanda di personale con competenze specialistiche per i DC.

**Fig. 2.6: Distribuzione per taglia delle richieste di prelievo fino a maggio 2025**

Fonte: Terna, 2025



### 2.3. IL CONTESTO NORMATIVO

Se la presenza del digitale è ormai pervasiva nelle attività economiche, nei servizi, nelle imprese e nei business nazionali e internazionali, i DC assumono l'importanza di un'infrastruttura critica e strategica con una propria filiera. In Italia appare dunque imperativo abilitarne lo sviluppo, se sostenibile, considerando il tessuto industriale, l'impatto economico e occupazionale e l'attrattività verso gli investimenti esteri: la messa in produzione di nuovi DC potrebbe infatti portare nel territorio nazionale fino a 15 miliardi di euro di investimenti.

Un numero di fattori favorisce l'Italia e contribuisce a creare un momento particolarmente opportuno per lo sviluppo di queste infrastrutture: la posa di nuovi cavi sottomarini nel Mediterraneo, la capacità logistica di ricevere e mantenere le infrastrutture, la potenzialità attrattiva di investimenti e capitali.

Al fine di realizzare gli scenari economici, di competitività e di attrazione di investimenti, risulta necessario un quadro normativo chiaro, trasparente e snello:

a livello nazionale, tuttavia, grava una lacuna importante riguardo alla classificazione e regolamentazione dei DC, la cui completa e regolare implementazione è quindi ostacolata. La mancanza di un quadro di riferimento burocratico rallenta i progetti e disincentiva gli investimenti, creando confusione e inaffidabilità nel contesto nazionale. Oltre a coordinare i piani urbanistici e ambientali, fondamentali nella prospettiva odierna di sostenibilità, la legislazione consentirebbe infatti una più chiara gestione delle richieste di autorizzazione per le strutture, che in mancanza di un riferimento esatto sono ancora classificate come industriali o logistiche.

Anche considerando le generiche linee guida sul tema pubblicate dalla Regione Lombardia e dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, ad oggi il contesto normativo è ancora in evoluzione. In Parlamento erano presenti cinque proposte di legge: la prima, a firma Pastorella (Azione), è stata presentata il 24 giugno 2024. Le successive proposte, provenienti da Lega, PD, Fratelli d'Italia e Movimento 5 Stelle, esprimono un interesse trasversale sulla questione,

chiedendo uniformemente di riconoscere il settore e standardizzare regole e tempistiche.

La prima proposta di legge, l'atto della Camera 1928 a firma di Pastorella ed altri, si intitola "Delega al Governo in materia di organizzazione, potenziamento e sviluppo tecnologico dei centri di elaborazione dati". Il testo è attualmente in corso di esame in Commissione. La proposta di legge n. 1928, volta a colmare il vuoto normativo concernente i DC — che vengono riconosciuti come infrastrutture critiche per il Paese — punta a fornire un primo quadro regolamentare e a definire le procedure di autorizzazione specifiche per la costruzione di nuove infrastrutture.

La proposta di legge consta di un articolo unico. In particolare, il comma 1 reca una disposizione di delega al Governo, da esercitare entro sei mesi, e delinea una prima definizione dei DC. Nello specifico, la delega è in materia di "organizzazione, potenziamento e sviluppo tecnologico dei centri di elaborazione dati", definiti come "l'insieme di risorse umane, fisiche, architettoniche, elettroniche e tecnologiche necessarie per il funzionamento dei sistemi informativi".

Il comma 2 reca i principi e criteri direttivi della delega. Essi spaziano da questioni energetiche – come il potenziamento della rete elettrica nazionale per garantire la concreta attuazione dello sviluppo infrastrutturale- a questioni concernenti la promozione dello sviluppo tecnologico e dell'economia digitale, incentivando gli investimenti pubblici e privati nell'innovazione tecnologica per il settore dei centri di elaborazione dati, ottimizzando l'utilizzo delle risorse e riducendo l'impatto ambientale. Sono altresì da definire i parametri e i livelli di sicurezza, resilienza, ripristino ed efficienza energetica dei centri di elaborazione dati, nel rispetto degli standard e delle disposizioni internazionali in materia. Altrettanto fondamentale è la formazione e lo sviluppo di competenze specifiche nel settore dei centri di elaborazione dati: in questo senso, viene proposta anche l'istituzione di programmi educativi specifici

in collaborazione con enti di alta formazione.

La proposta di legge Pastorella è stata poi seguita e ricalcata da altre proposte di legge, che hanno confermato di volta in volta l'impostazione di legge delega con il termine di 6 mesi. In questa scia si colloca la proposta di Centemero (Lega): "Delega al Governo per la disciplina, la realizzazione e lo sviluppo dei centri di elaborazione dati", Atto Camera 2083 presentato il 10 ottobre 2024. Cinque giorni dopo, all'esame in Commissione viene presentata un'altra legge delega (C. 2091), a firma Amich (Fratelli d'Italia); il 28 novembre 2024, la "Delega al Governo in materia di organizzazione, potenziamento e sviluppo tecnologico dei centri di elaborazione dati" (C. 2152) è proposta da Ascari (PD). Similmente, l'ultima proposta di legge del 13 gennaio 2025, presentata da Iaria (M5S), propone "Disposizioni concernenti la promozione della costruzione di centri di elaborazione dati e la disciplina urbanistica del loro insediamento" (C. 2194).

Le varie proposte, strutturate sulla prima legge a firma Pastorella, sono confluite in un Testo Unico attualmente all'esame della IX Commissione Trasporti della Camera.

Nel testo unificato vi sono ulteriori rimandi a questioni fondamentali: in particolare, i progetti di nuovi centri di elaborazione dati dovrebbero essere qualificati come "progetti di pubblica utilità indifferibili e urgenti, che siano considerati di «interesse pubblico prevalente» in quanto funzionali allo sviluppo socio-economico nazionale".

Vengono inoltre considerate disposizioni da parte del legislatore sul piano della sostenibilità energetica, tramite "l'impiego di sistemi di accumulo di energia e di sistemi di alimentazione di backup a basso impatto ambientale per rendere più sostenibili ed efficienti l'esercizio e il funzionamento dei centri di elaborazione dati".

In un momento storico in cui l'Italia può posizionarsi come hub emergente per l'ecosistema cloud euro-

peo, diventa urgente dotarsi di una regolamentazione chiara, semplificata e coerente, capace di abilitare lo sviluppo ordinato, sostenibile e sicuro dei centri di elaborazione dati, garantendo allo stesso tempo la sovranità tecnologica e la resilienza digitale del Paese.

A settembre 2025 è stata approvata la legge italiana sull'Intelligenza Artificiale<sup>16</sup>, il primo quadro normativo a livello di Stati membri UE in materia di IA. La legge in questione affronta svariati temi, tra cui innovazione, cybersicurezza, accessibilità e tutela della riservatezza. Questi temi trovano poi applicazione in svariati contesti e settori, in primis nel mercato del lavoro, ma anche nella sanità, nella pubblica amministrazione, nella giustizia, nella formazione e nello sport. L'obiettivo in questo contesto è quello di garantire un uso antropocentrico, trasparente e sicuro dell'IA in modo da garantire la tracciabilità, la responsabilità umana e la centralità della decisione finale di una persona fisica.

L'Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale (ACN) e l'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID) sono definite come le autorità competenti in materia di governance. Alla prima sono conferiti poteri ispettivi con i quali vigilare sull'adeguatezza e sulla sicurezza dei sistemi. La seconda agenzia gestisce invece le notifiche e promuove casi d'uso sicuri per i cittadini e le imprese.

La Strategia nazionale per l'IA, come meccanismo di programmazione strategica, verrà predisposta e aggiornata con cadenza biennale, mentre sul piano degli investimenti è stato attivato un piano da un miliardo di euro per favorire l'adozione e lo sviluppo dell'IA nelle startup e nella PMI.

Lo scopo di questa legge è quello di fornire un quadro normativo stabile pienamente in linea con l'*AI Act* in grado di favorire concretamente l'adozione dell'IA e spingere l'innovazione italiana.

Il MIMIT ha recentemente pubblicato il documento

per la *Strategia per l'attrazione in Italia degli investimenti industriali esteri in data center*<sup>17</sup> con l'obiettivo di favorire la distribuzione di queste strutture nel territorio orientandone lo sviluppo. Lo sviluppo dell'IA previsto nei prossimi anni, e il cui mercato in Italia nel 2023 ha raggiunto i 760 Mln€, necessita di strutture come i DC, per le quali si prevedono investimenti crescenti.

Il documento sorge dalla necessità di sfruttare queste infrastrutture per il progresso digitale delle imprese italiane e delle PA. L'obiettivo è poi quello di espandere la copertura geografica dei DC e di rafforzare la presenza italiana all'interno del contesto europeo. Gli investimenti nei DC, infatti, si stanno distribuendo in maniera più omogenea in Europa e la nostra penisola, grazie al suo posizionamento che le permette di essere punto d'approdo dei cavi sottomarini in fibra ottica, ha attirato l'interesse degli investitori.

Nel nostro Paese, diverse regioni garantiscono aperti per i cavi in questione, ma anche punti di interscambio (IXP). In diverse zone si trova poi una rete elettrica ad altissima tensione, la presenza di supercomputer, Space Factory e Case delle Tecnologie Emergenti, consentendo un'ampia distribuzione degli investimenti sul territorio. Inoltre, la Zona Economica Speciale (ZES) unica del Mezzogiorno dovrebbe garantire una maggiore semplificazione amministrativa e agevolazioni per gli investimenti sul territorio designato.

Questi fattori potrebbero aiutare a ridurre la concentrazione attuale, dove a fronte dei 30 GW di potenza richiesti dai DC attualmente esistenti in Italia, circa il 70% fa riferimento al Piemonte e alla Lombardia.

In questo senso, un altro aspetto considerato nella strategia è quello dello sviluppo degli Edge Data Center, strutture con un consumo medio al di sotto dei 2 MW che ben si interfaccerebbero con il contesto italiano caratterizzato da numerose PMI.

16 Fonte: <https://innovazione.gov.it/notizie/articoli/approvata-in-via-definitiva-la-legge-italiana-sull-intelligenza-artificiale/>

17 Fonte: [https://www.mimit.gov.it/images/stories/Dip\\_Comunicazioni/ATTRAZIONE\\_DEI\\_DATA\\_CENTER\\_15072025.pdf](https://www.mimit.gov.it/images/stories/Dip_Comunicazioni/ATTRAZIONE_DEI_DATA_CENTER_15072025.pdf)



I benefici individuati dalla Strategia per le aree interessate dai finanziamenti sono molteplici, tra questi, la riqualificazione di aree dismesse, la generazione di introiti aggiuntivi per i comuni, l'utilizzo di calore di scarto prodotto dai DC per i sistemi di teleriscaldamento e la creazione di nuovi posti di lavoro.

Sarà quindi importante il processo decisionale riguardante la scelta delle aree dove investire in queste strutture. I progetti dovranno essere infatti non soltanto efficienti dal punto di vista dell'investitore, ma dovranno anche generare valore aggiunto per tutti gli stakeholder coinvolti. Per questo, dovranno essere tenute in considerazione diverse caratteristiche delle varie aree di interesse. Tra queste, le infrastrutture e le tecnologie già presenti sul territorio, i driver della domanda, le tematiche ambientali, i costi legati ai prezzi dell'energia e allo sviluppo delle strutture, la disponibilità di forza lavoro specializzata.

La tematica ambientale in ambito DC è di primario interesse. La regolamentazione europea si è concentrata di recente sugli aspetti legati all'efficienza energetica e alla sostenibilità delle strutture in particolare con il Regolamento (UE) 2019/424 e con la Direttiva (UE) 2023/1791. Altri aspetti importanti legati alla sostenibilità dei data center riguardano poi il consumo *greenfield*, il consumo energetico, le emissioni ed il consumo di acqua. Su quest'ultimo tema, la Commissione Europea porrà particolare attenzione tramite la "Water Resilience Strategy". Il tema del consumo idrico è infatti molto importante in ambito data center e la strategia pone l'attenzione su alcune novità che potrebbero impattare su questo fattore. Per fornire qualche esempio, sarebbe stato sviluppato dagli operatori un sistema di raffreddamento che utilizza un ciclo chiuso tramite il riciclo dell'acqua che potrebbe ridurre significativamente la domanda di approvvigionamento, inoltre, anche il riutilizzo delle acque reflue potrebbe da un lato ridurre questo fabbisogno, dall'altro aumentare l'attrattività per l'inve-

stitore a fronte di minori costi per il raffreddamento della struttura.

Quali strutture energivore, a fronte di un aumento dei DC, sarà importante continuare a investire nel settore energetico. In riferimento a questo aspetto, tra gli strumenti introdotti dal MASE per sostenere il settore della produzione troviamo i Power Purchase Agreement, le aste FER II e FER X, il Testo Unico sulle fonti rinnovabili e il Decreto Direttoriale 27 novembre 2024. In conclusione, la Strategia presentata, oltre a individuare la via migliore per semplificare i processi amministrativi e normativi legati allo sviluppo dei DC, si concentra anche sull'individuazione delle aree più consone dove indirizzare gli investimenti e sulla tematica ambientale ed energetica.

Un passo concreto verso la semplificazione dei procedimenti autorizzativi per i DC arriverà con ogni probabilità nel c.d. Decreto Energia 2025. Il decreto dovrebbe introdurre un procedimento autorizzativo unificato per i DC, qualificati come infrastrutture ad elevato fabbisogno energetico. L'obiettivo è razionalizzare e accelerare l'iter burocratico, assicurando una gestione più coordinata dei centri dati e delle relative infrastrutture di connessione alla rete elettrica. L'autorizzazione unica sarà rilasciata dalla Regione (o dalla Provincia autonoma, se competente) per DC fino a 300 MW di potenza, mentre il MASE avrà competenza per progetti superiori a tale soglia. Questo provvedimento comprenderà tutti i titoli necessari — intese, pareri, nulla osta e assensi — inclusi l'autorizzazione integrata ambientale (AIA), la valutazione di impatto ambientale (VIA), le autorizzazioni paesaggistiche o culturali, i permessi per l'utilizzo delle risorse idriche e le autorizzazioni alle emissioni in atmosfera. Il procedimento dovrà concludersi entro 10 mesi, con possibilità di proroga solo in circostanze eccezionali e per un massimo di 3 mesi aggiuntivi. Inoltre, i tempi per la valutazione di impatto ambientale sono stati ridotti del 50% rispetto alla normativa ordinaria.



# CAPITOLO 3

UNA SFIDA PER LA DECARBONIZZAZIONE



### 3.1. EFFICIENZA ENERGETICA

L'efficienza energetica di un DC si misura tramite l'indicatore del *Power Usage Effectiveness* (PUE)<sup>18</sup>, che rappresenta il rapporto tra l'energia totale consumata da una struttura di DC e l'energia fornita specificamente alle sue apparecchiature IT<sup>19</sup>.

Un valore PUE ottimale sarebbe 1,0, a indicare che tutta l'energia che entra nella struttura viene utilizzata esclusivamente dalle apparecchiature informatiche. In realtà, questo ideale è impossibile da raggiungere a causa dei sistemi generali necessari, come il raffreddamento, la distribuzione dell'energia, l'illuminazione e l'infrastruttura di sicurezza.

I DC tradizionali operano in genere con valori di PUE compresi tra 1,8 e 2,0, il che significa che per ogni Watt che alimenta i server è necessario quasi un altro Watt intero per le operazioni della struttura. Le strutture moderne, altamente ottimizzate, riportano valori molto più bassi: i fornitori di cloud su larga scala mostrano medie PUE a livello di flotta intorno a 1,10-1,12, mostrando miglioramenti significativi dell'effi-

cienza energetica. L'ICIS stima che il PUE medio dei DC europei sia attualmente pari a 1,5 e che scenderà vicino alla soglia dell'1,35 nel 2035.

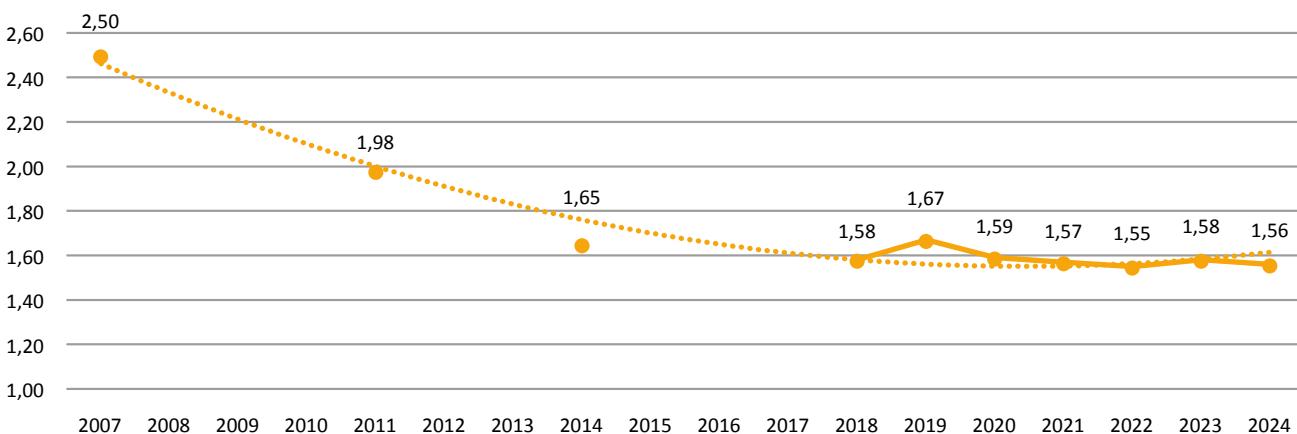
Leggermente diverse le stime dell'IEA per l'Europa (Fig. 3.2), secondo le quali la soglia dell'1,5 è stata superata nel 2024 e già nel 2030 il PUE medio sarà inferiore a 1,3.

A livello mondiale, gli Stati Uniti detengono il parco di DC con il PUE medio più basso, vista la presenza dei grandi cloud provider e dunque di una maggiore penetrazione dei DC *hyperscale*, di recente costruzione e generalmente più efficienti. I PUE più elevati si registrano per i DC in Medio Oriente e in Africa, mentre l'Area "Asia Pacifico", afferente alla Cina, appare allineata con Europa e Stati Uniti. I valori osservati per il Sud America e l'America Centrale sono sostanzialmente in linea con la media globale.

Secondo dati dello studio Artificial intelligence for energy management di FIRE, nel 2024 il PUE dei DC italiani rispecchia quello stimato dall'IEA per l'Europa, rendendo il nostro parco allineato a quello comunitario.

**Fig. 3.1: Power Usage Effectiveness (PUE) medio dei data center nel mondo**

Fonte: Uptime Institute, 2025

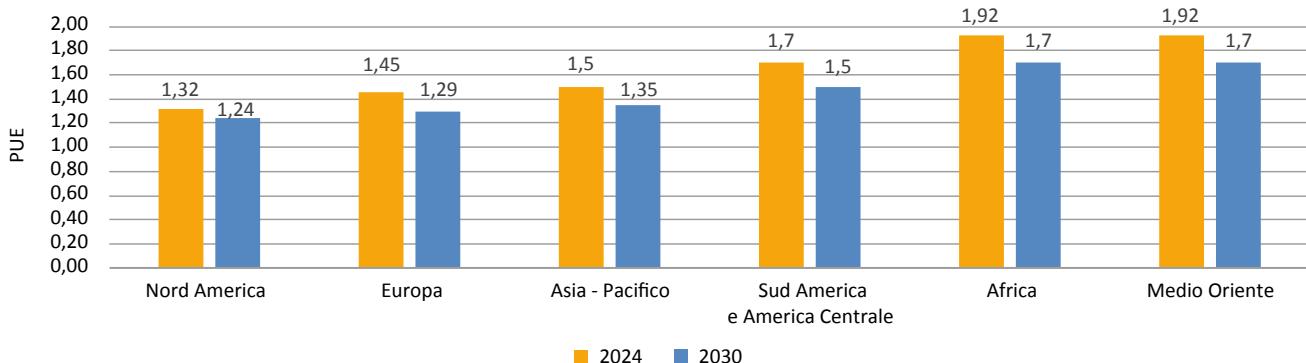


18 Sviluppato dal consorzio The Green Grid e successivamente standardizzato dalla norma ISO/IEC 30134-2:2016.

19 La formula per il calcolo del PUE è: PUE = Consumo energetico totale del data center ÷ Consumo energetico delle apparecchiature IT.

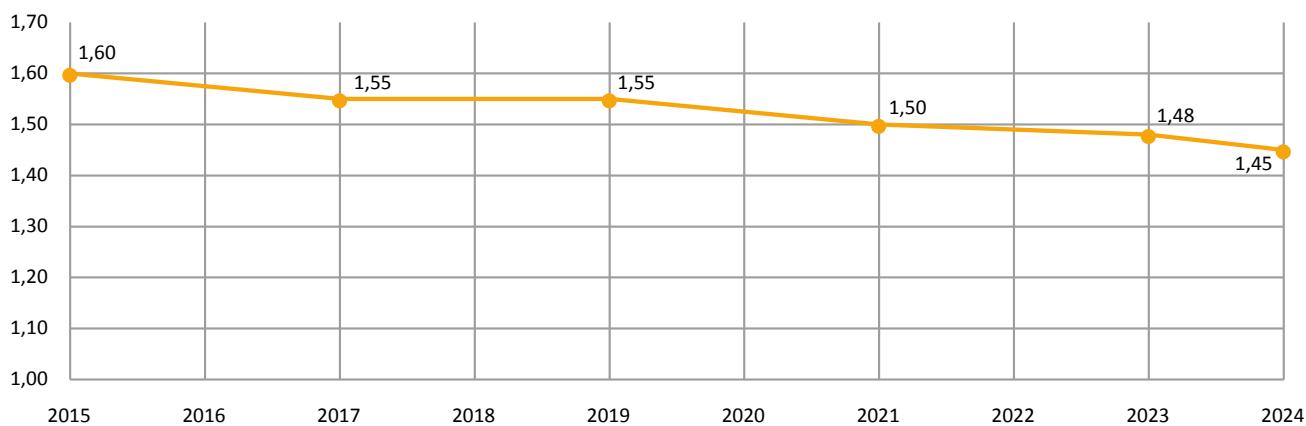
**Fig. 3.2: Power Usage Effectiveness (PUE) per data center per Regione del mondo**

Fonte: IEA



**Fig. 3.3: Power Usage Effectiveness (PUE) per flotta complessiva di data center in Italia**

Fonte: FIRE, Artificial intelligence for energy management



### 3.2. LA RISORSA IDRICA ED ALTRI PARAMETRI DI SOSTENIBILITÀ

Oltre ad essere *energy-intensive*, i DC sono anche dei grandi consumatori della risorsa idrica, principalmente per il raffreddamento dei server. Esemplare è il caso dello stato statunitense della Virginia, dove dal 2019 al 2023, il consumo di acqua ha raggiunto i 7 miliardi di litri annui, un incremento del 63% in soli

quattro anni. Uno studio della Cornell University<sup>20</sup> stima che la sola domanda proveniente dall'IA potrebbe richiedere 4,2-6,6 miliardi di metri cubi di acqua dolce all'anno entro il 2027, circa la metà dell'utilizzo annuale del Regno Unito.

I DC consumano acqua tramite due canali: indirettamente attraverso la generazione di elettricità (tradizionalmente energia termoelettrica) e direttamente attraverso il raffreddamento<sup>21</sup>. L'intensità idrica di un

20 <https://arxiv.org/abs/2304.03271>

21 Mytton, D. Data centre water consumption. npj Clean Water 4, 11 (2021).

DC è misurabile dall'indicatore *Water Usage Effectiveness* (WUE), speculare al PUE, in quanto è misurabile dividendo l'uso d'acqua totale del DC per l'energia fornita specificamente alle sue apparecchiature IT. Più comprensivo, ma complicato da calcolare correttamente, sarebbe l'indicatore WUE<sub>source</sub><sup>22</sup> in quanto terrebbe conto anche della risorsa idrica utilizzata per produrre l'energia che alimenta il sito.

Anche in questo campo è necessario distinguere gli impatti sui consumi a seconda della tipologia di DC: per gli hyperscale si osserva PUE più basso e dunque WUE indirettamente più basso. Visto il prospetto idrico italiano, il consumo di acqua dei DC nel Paese potrebbe destare qualche preoccupazione. Sebbene

non siano disponibili cifre precise per l'Italia, l'efficacia dell'uso dell'acqua (WUE) dei DC a livello globale varia da 0,36 a 0,48 litri per kWh. Poiché l'Italia sta già affrontando uno stress idrico in molte regioni, in particolare al Sud, la gestione sostenibile dell'acqua nei DC è un fattore critico. Tuttavia, in Italia, attualmente, la localizzazione della maggior parte dei DC esistenti non entra in conflitto con una grave carenza di acqua nel territorio (Fig. 3.4).

Circa due terzi dei DC sono infatti localizzati al Nord Italia, che si colloca nello scenario non critico, secondo gli Osservatori distrettuali permanenti per gli utilizzi idrici di ISPRA. A ciò corrisponde un territorio "in cui i valori degli indicatori di crisi idrica (portate/livelli/volumi/accumuli) sono tali da prevedere la capacità di soddisfare le esigenze idriche del sistema naturale e antropico, nei periodi di tempo e nelle aree considerate" (ISPRA).

Oltre all'energia e all'acqua, l'impatto territoriale si manifesta nel consumo di suolo e nella generazione di inquinamento acustico ed e-waste. Questi aspetti richiedono un approccio olistico alla sostenibilità che vada oltre la sola efficienza energetica.

I DC richiedono notevoli quantità di terreno per la loro costruzione e per le infrastrutture energetiche associate, spesso entrando in competizione con settori come l'agricoltura, l'edilizia abitativa o altre attività commerciali. In alcune regioni, la loro espansione può alimentare la gentrificazione, aumentare i costi del terreno e mettere sotto stress le infrastrutture locali. Oltre all'occupazione del suolo, un impatto spesso sottovalutato è l'inquinamento acustico. Il ronzio costante di server, switch di rete, router, sistemi di condizionamento e ventole di raffreddamento industriali può generare livelli sonori significativi e persistenti, superando gli 80 dBA, paragonabili a un soffiatore di foglie. Questi aspetti non sono da sottovalutare in termini di sostenibilità ecologica e

Fig. 3.4: Stato di severità idrica ISPRA

Fonte: ISPRA



22 WUE<sub>source</sub>= (Consumo idrico totale del data center+ Consumo idrico per la produzione di elettricità che alimenta il data center) ÷ Consumo energetico delle apparecchiature IT.

sociale. I DC sono infatti una delle strutture più concentrate a livello spaziale e sono inoltre localizzate a una minore distanza dalle aree urbane rispetto ad altre tipologie di strutture/impianti impattanti a livello ambientale.

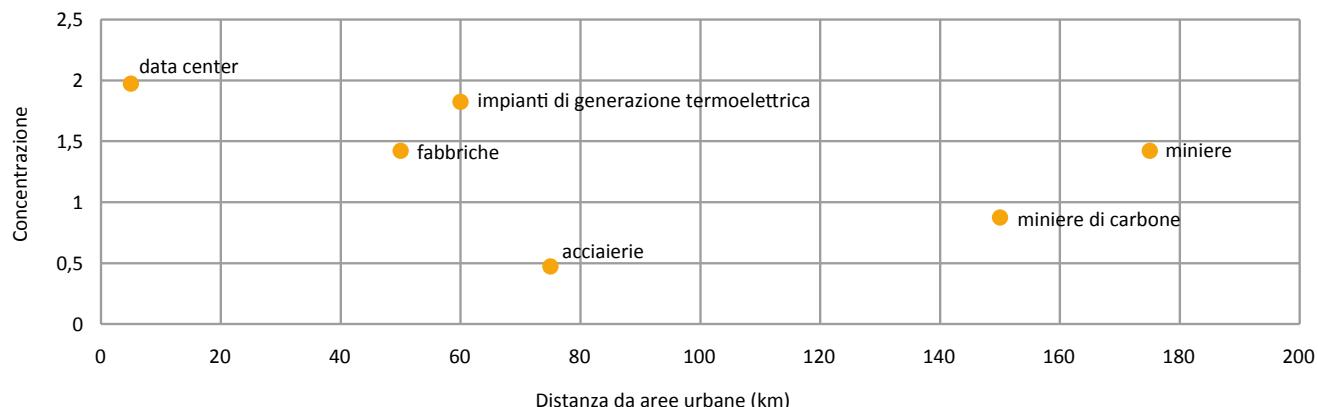
Un'altra problematica ambientale locale è la produzione di rifiuti elettronici (e-waste). I DC contengono migliaia di componenti con cicli di vita vari. I cicli di

aggiornamento brevi, soprattutto nelle strutture ad alte prestazioni, portano a volumi significativi di e-waste. Un sondaggio del 2020 ha rilevato che il 42% dei responsabili IT sostituiva i server ogni 2-3 anni. Data la scala globale dei DC, i volumi di e-waste paiono quanto mai rilevanti.

Sebbene il problema del consumo energetico ed idrico dei DC sia globale, le soluzioni devono essere

**Fig. 3.5: Concentrazione spaziale di alcuni tipi di strutture selezionate, Stati Uniti**

Fonte: IEA

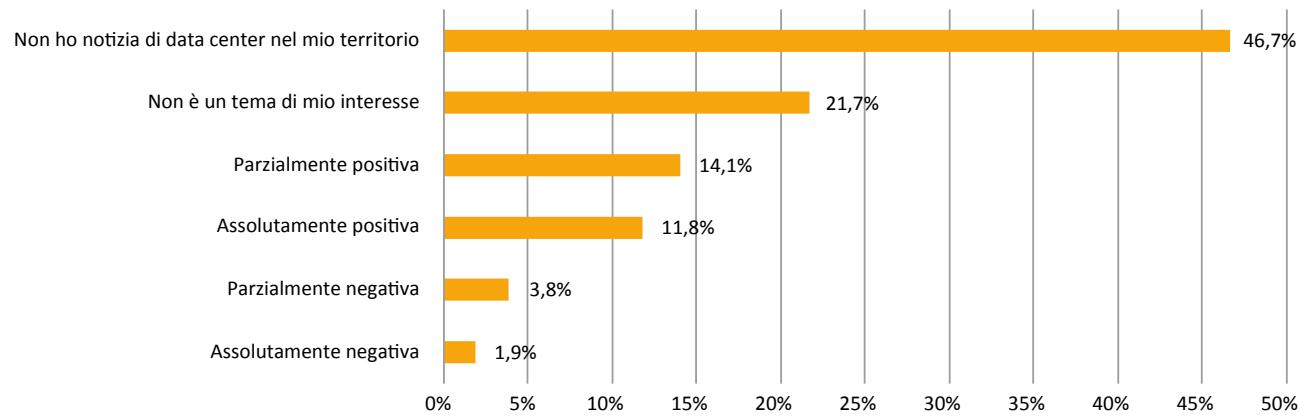


**Fig. 3.6: Qual è la tua percezione rispetto alla presenza di data center nel tuo territorio?**

Fonte: Indagine I-Com, Osservatorio I-Com su reti e servizi di nuova generazione 2025

Note: Dati aggiornati al 03/10/2025

Numero rispondenti: 313 su 420



localizzate e specifiche per le condizioni regionali. La sfida non è solo generare più energia, ma assicurarsi che sia energia pulita e che la rete sia in grado di gestirla senza compromettere la stabilità. Se i nuovi DC attingono a energie rinnovabili già pianificate per altri settori dell'economia, il risultato sarà un rallentamento degli sforzi di decarbonizzazione di queste altre industrie, aumentando le emissioni complessive. Ciò richiede una pianificazione territoriale integrata che consideri la disponibilità di energia rinnovabile e la capacità della rete, insieme a un dialogo costruttivo con le comunità locali per garantire l'accettazione pubblica e la sostenibilità a lungo termine.

L'Osservatorio I-Com su reti e servizi di nuova generazione, nell'edizione 2025, ha condotto dal luglio 2025 un'indagine su competenze digitali e percezione delle infrastrutture di telecomunicazione, inclusi i DC, con il supporto di associazioni dei consumatori. Al 3 ottobre 2025, su 420 maggiorenne intervistati tramite questionario online, 313 utenti hanno risposto alla domanda "Qual è la tua percezione rispetto alla presenza di

data center nel tuo territorio?". Quasi la metà (46,7%) non è a conoscenza della presenza di DC nel proprio territorio e oltre un quinto (21,7%) non considera il tema di interesse. Tra chi esprime un'opinione, prevale nettamente la percezione positiva (25,9%) rispetto a quella negativa (5,7%), evidenziando che il tema rimane poco noto o marginale per molti cittadini italiani nonostante un certo consenso favorevole.

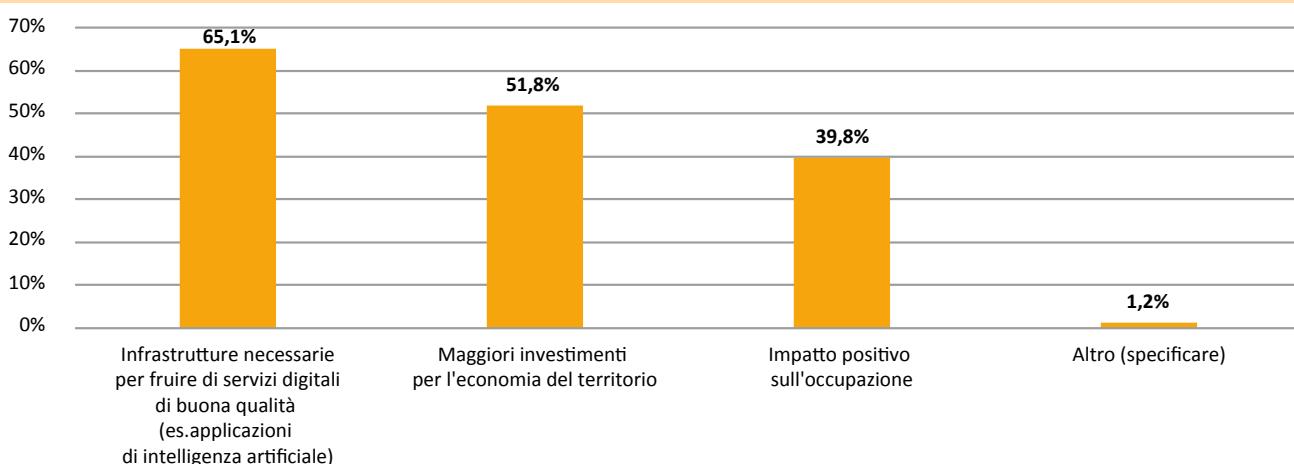
Sebbene una parte significativa degli intervistati consideri il tema dei DC poco conosciuto o marginale, chi ha espresso un'opinione mostra un atteggiamento prevalentemente favorevole. Questa valutazione positiva è motivata principalmente dal riconoscimento dei DC come infrastrutture essenziali per garantire servizi digitali di qualità, come le applicazioni di intelligenza artificiale (65,1% delle risposte). Inoltre, oltre la metà degli intervistati (51,8%) ne evidenzia i vantaggi economici in termini di nuovi investimenti sul territorio, mentre circa il 40% sottolinea il contributo positivo all'occupazione. Emerge quindi che, quando vi è consapevolezza sul tema, i DC vengono percepiti come un fattore strategico di sviluppo e in-

**Fig. 3.7: Quali sono le motivazioni di una valutazione positiva?**

Fonte: Indagine I-Com, Osservatorio I-Com su reti e servizi di nuova generazione 2025

Note: Dati aggiornati al 03/10/2025

Numero rispondenti: 83 su 420



novazione, capace di favorire non solo la digitalizzazione ma anche la crescita economica e l'occupazione a livello locale.

Una minoranza del campione esprime invece giudizi negativi, motivati soprattutto da preoccupazioni relative all'ubicazione in zone considerate inadeguate (47,1%) e ai consumi di acqua ed energia con potenziali ripercussioni sulle comunità locali (41,2%). Ulteriori criticità riguardano l'impatto sul paesaggio e sull'ambiente (41,2%) e ricadute occupazionali ritenute insufficienti (29,4%). Complessivamente, il quadro emerso indica che la percezione dei DC dipende ancora in larga misura dal livello di conoscenza del tema: dove c'è maggiore informazione prevalgono valutazioni positive legate a sviluppo e innovazione, mentre le riserve si concentrano sugli impatti ambientali e territoriali. Ciò dimostra come una comunicazione trasparente e un coinvolgimento efficace delle comunità locali possano rivelarsi elementi chiave per consolidare il consenso verso queste infrastrutture strategiche.

### 3.3. IL MIGLIORAMENTO DELLE PERFORMANCE

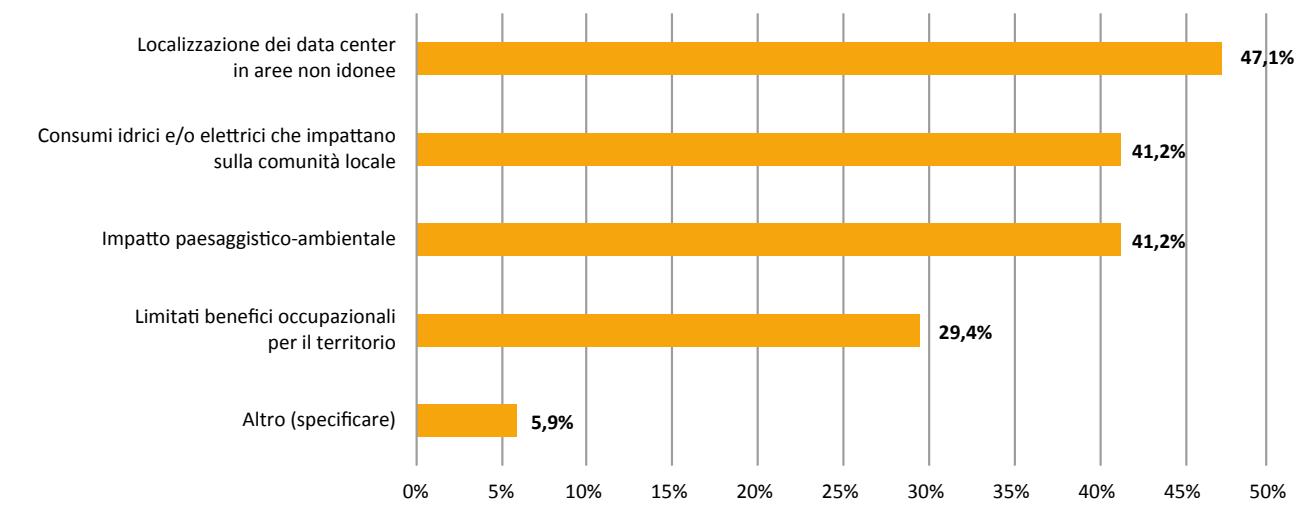
Molti sono i fattori che entrano in gioco nel definire un perimetro di sostenibilità ambientale per i DC. Fra questi, vi è in primis il ruolo del regolatore europeo, che ha cercato di definire un quadro comune per la corretta rendicontazione delle performance ambientali di queste strutture. L'Unione ha introdotto nuovi obblighi di rendicontazione della sostenibilità dei DC con la rifusione della Direttiva sull'Efficienza Energetica e con il Regolamento delegato (UE) 2024/1364 della Commissione europea. Con l'entrata in vigore a regime del Regolamento, le variabili di efficienza energetica, idrica e molte altre, come il consumo totale di energia rinnovabile, dovranno essere riportate da parte degli operatori di centri dati con un fabbisogno di potenza installata di almeno 500 kW. Secondo il Regolamento, questa rendicontazione è necessaria per l'istituzione di uno schema comune dell'Unione per la valutazione della sostenibilità dei DC nell'Union-

**Fig. 3.8: Quali sono le motivazioni di una valutazione negativa?**

Fonte: Indagine I-Com, Osservatorio I-Com su reti e servizi di nuova generazione 2025

Note: Dati aggiornati al 03/10/2025

Numero rispondenti: 17 su 420



ne, nonché di una metodologia comune di misurazione e calcolo. Infine, un database europeo raccoglierà e pubblicherà i dati relativi alle prestazioni energetiche e all'impronta idrica dei DC con un consumo energetico significativo.

A livello dei *provider*, degna di nota è l'iniziativa del *Climate Neutral Data Center Pact* (CNDCP)<sup>23</sup>. In linea con gli obiettivi climatici del Green Deal europeo, più nello specifico, si tratta di un impegno tra operatori del settore e le associazioni di categoria dei servizi di infrastruttura cloud e dei DC in Europa. Il patto pone dei livelli minimi da raggiungere all'interno di diversi ambiti di interesse:

1. Efficienza Energetica: entro il 1° gennaio 2025, i nuovi DC devono raggiungere un PUE pari almeno al 1,3, o all'1,4, in base al clima della regione in cui sono localizzati. I DC già operativi devono raggiungere lo stesso target al 1° gennaio 2030. Questi traguardi sono pensati per le strutture che superano i 50 KW della domanda energetica IT massima.
2. Energia Pulita: la fornitura di energia elettrica per i DC deve provenire da fonti pulite in misura sempre maggiore. Per questo al 31 dicembre 2025, la domanda di energia elettrica deve essere soddisfatta da fonti pulite al 75%. Questa percentuale deve poi salire al 100% entro il 31 dicembre del 2030.
3. Acqua e sistema di raffreddamento: l'indice WUE offre un'ottima metrica per valutare la performance legata al sistema di raffreddamento. Il patto fissa quindi al 1° gennaio 2025 un valore massimo per quest'indice al 0,4 L/KWh per i nuovi DC. Per i DC già esistenti l'orizzonte temporale è allungato al 31 dicembre 2040. Il target non è però del tutto fisso e potrà variare in base alla situazione climatica o al verificarsi di particolari situazioni di stress.

4. Economia Circolare: gli operatori devono impegnarsi ad aumentare la percentuale di server, strumentazione elettrica e altre componenti da destinare al riuso, riutilizzo e riciclo.
5. Sistema Energetico Circolare: il riutilizzo del calore di scarto nei DC permette di utilizzare il calore che altrimenti andrebbe disperso nell'ambiente per scopi energetici. In particolare, il calore catturato all'interno dei DC potrebbe essere trasferito ed utilizzato da altri operatori, riducendo gli sprechi e la dipendenza energetica. Tuttavia, gli operatori del patto stanno ancora analizzando la praticabilità di questa soluzione.

Per migliorare le performance ambientali dei DC, e più in generale dell'IA, si può lavorare sull'efficientare diversi aspetti: algoritmi di addestramento, hardware, sistemi di raffreddamento, e si possono implementare soluzioni di energia rinnovabile e di monitoraggio e analisi. Alla base di queste migliorie vi è l'innovazione tecnologica di componenti e di processi dei DC, dove l'ambito digitale si fonde con quello energetico. La peculiarità del rapporto energia-IA è che i DC, per essere più sostenibili, devono rispondere a bisogni che spesso vanno in contraddizione. Un esempio è la necessità di una fornitura di energia continua e costante per tutto l'arco della giornata, caratteristiche che non si sposano bene con l'intermittenza delle fonti rinnovabili. Un'altra importante leva di risparmio energetico è l'ottimizzazione dei sistemi di raffreddamento, che sarebbero avvantaggiati in climi freddi, che tuttavia non sono ottimali per una potenziale generazione di energia *on-site* tramite il fotovoltaico. Nel complesso, le aree su cui fare leva per ridurre le emissioni possono essere riassunte in quanto segue:

1. Algoritmi di addestramento: fino ad ora, le fasi iniziali dello sviluppo degli algoritmi di IA sono state fortemente incentrate sul miglioramento dell'accuratezza e sull'aumento delle capacità di

<sup>23</sup> Fonte: Climate Neutral Data Center. Engagements of CNDCP, <https://www.climateneutraldatacentre.net/wp-content/uploads/2025/06/CNDCP-Initiative-2025.pdf>

prestazione. Tuttavia, con l'aumento delle prestazioni degli algoritmi e riconoscendo la cresciuta esponenziale delle richieste computazionali, il paradigma sta iniziando a spostarsi per valutare anche l'efficienza dello sviluppo del modello. Studi recenti documentano applicazioni in cui un leggero compromesso sull'accuratezza del modello ha prodotto sostanziali riduzioni del consumo di elettricità<sup>24</sup>. Le tecniche più comunemente utilizzate sono il *pruning*, la *quantization* e la *knowledge distillation*.

2. Hardware: l'hardware di calcolo sta diventando sempre più efficiente, si sta spingendo oltre le unità di elaborazione centrale di uso generale (CPU) per abbracciare una serie di hardware specializzati. Queste varianti dell'hardware possono essere personalizzate per compiti specifici, ottimizzando il consumo energetico e migliorando l'efficienza complessiva. Fra queste vi sono: i *tensor processing units* (TPUs), i *field-programmable gate arrays* (FPGAs) e il metodo del *power capping* delle GPUs.
3. Sistemi di raffreddamento: Il calore è un sottoprodotto del calcolo e i metodi di raffreddamento tradizionali ad aria sono ad alto consumo energetico. Raffreddamento a liquido: L'utilizzo di liquidi per assorbire e dissipare il calore può utilizzare meno elettricità rispetto ai tradizionali sistemi di raffreddamento ad aria. Heydari, A., et al. (2022) ha esaminato il passaggio dal raffreddamento ad aria al 100%

a una combinazione di 25% di raffreddamento ad aria e 75% di raffreddamento a liquido e ha evidenziato i guadagni in termini di efficienza, che hanno portato a una notevole riduzione del PUE, derivanti dal passaggio a sistemi di raffreddamento ibridi nei DC. Lo studio ha osservato una riduzione del 27% del consumo di energia dell'impianto e una diminuzione del 15,5% dell'utilizzo complessivo di energia nel sito del DC<sup>25</sup>. Un'altra alternativa è l'utilizzo di *economizer* (economizzatori), dispositivi in grado di valutare la temperatura e l'umidità esterna e di utilizzare l'aria esterna per raffreddare l'infrastruttura del DC quando necessario, riducendo al minimo l'utilizzo di metodi di raffreddamento meccanico e consentendo un notevole risparmio di energia elettrica. Ham, S.W. et al (2015) hanno riscontrato che gli economizzatori lato aria hanno prodotto risparmi sul carico delle batterie di raffreddamento del 76-99% rispetto ai sistemi di raffreddamento convenzionali nei DC; e il risparmio totale di energia di raffreddamento degli economizzatori variava dal 47,5% al 67,2%<sup>26</sup>. Un'altra modalità efficace è il riutilizzo del calore: il calore generato dalle apparecchiature di calcolo può essere utilizzato per varie applicazioni, come il riscaldamento degli edifici adiacenti, in particolare nei climi freddi, riducendo così l'utilizzo complessivo di energia. Questo calore, che altrimenti sarebbe andato sprecato e avrebbe

24 National Renewable Energy Laboratory. (2017). The Uniform Methods Project: Methods for Determining Energy Efficiency Savings for Specific Measures. National Renewable Energy Laboratory; Mittal, S. (2019). A Survey of Techniques for Improving Energy Efficiency in Embedded Machine Learning System; Shehabi, A., Smith, S. J., Masanet, E., & Koomey, J. (2018). Data center growth in the United States: decoupling the demand for services from electricity use. Environmental Research Letters, 13(124030); Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 3645–3650.

25 Heydari, A., et al. (2022). Power Usage Effectiveness Analysis of a High-Density Air-Liquid Hybrid Cooled Data Center. Proceedings of the ASME 2022 International Technical Conference and Exhibition on Packaging and Integration of Electronic and Photonic Microsystems, 25(27).

26 Ham, S.W., Kim, M.H., Choi, B.N., & Jeong, J.W. (2015). Energy saving potential of various air-side economizers in a modular data center. Applied Energy, 135(15), 258-275.

- richiesto l'utilizzo di apparecchiature di raffreddamento, viene reindirizzato attraverso il sistema energetico del distretto, una rete di teleriscaldamento, dimostrando un approccio efficiente al riutilizzo dell'energia.
4. Energia rinnovabile: con la proliferazione dei servizi digitali e l'intensificarsi della domanda di potenza di calcolo, le forniture di energia pulita sono importanti per evitare un aumento delle emissioni di gas serra. Gli impegni aziendali per l'acquisto di energia elettrica pulita su base annuale o oraria sono emergenti e possono svolgere un ruolo significativo nella riduzione delle emissioni dei DC. A livello mondiale, i più grandi *cloud provider*, che operano anche DC *hyper-scale*, puntano alle zero emissioni nette entro il 2030 o il 2040. Gli impegni presi si basano su diverse strategie di approvvigionamento, che variano a seconda dell'azienda e della regione, con i mercati liberalizzati dell'elettricità che generalmente offrono più scelte di approvvigionamento rispetto ai mercati regolamentati. Molte aziende, oltre ad approvvigionarsi del mix di elettricità della rete, acquistano certificati di energia rinnovabile per raggiungere i loro obiettivi o impostano strategie di approvvigionamento che includono l'acquisto di elettricità tramite Power Purchase Agreement (PPA). Negli ultimi anni, gli operatori di DC hanno contribuito allo sviluppo del mercato dei corporate PPAs che contrattualizzano energia rinnovabile. Secondo l'IEA, ad oggi, quasi 120 GW di capacità operativa delle rinnovabili sono stati acquistati attraverso PPA aziendali a livello globale, e le aziende tecnologiche che gestiscono DC rappresentano oltre il 30% di questa capacità. L'IEA stima che della capacità operativa di PPA per le rinnovabili stipulata dagli operatori di DC, il 75% si trova negli Stati Uniti, con quasi 20 GW di solare fotovoltaico e circa 12 GW di eolico onshore, seguiti dall'Europa con il 20%. Oltre il 50% della capacità in fase di sviluppo si trova anch'essa negli Stati Uniti, quasi interamente afferente al fotovoltaico, mentre l'Europa rappresenta circa il 35%. Nell'Unione Europea e nel Regno Unito, i parchi eolici offshore rappresentano la maggior parte della capacità in fase di sviluppo contrattualizzata dagli operatori di DC nel continente. Molti operatori stanno esplorando anche la possibilità di concludere contratti che garantiscono un accoppiamento orario tra effettiva produzione rinnovabile nell'area limitrofa ai DC e consumo del DC stesso, tramite i cosiddetti *24/7 CFE (Carbon free energy) hourly-matching*<sup>27</sup>. L'adozione di questo tipo di contratti non è un'impresa né semplice né facilmente accessibile dal punto di vista economico, anche visto il difficile bilanciamento tra le diverse fonti da ottenere per raggiungere alte percentuali di accoppiamento tra fonti rinnovabili e domanda. Secondo l'IEA, un contratto basato su un portfolio ibrido di eolico, solare fotovoltaico e batterie possono soddisfare l'80% della domanda del carico di base a un costo medio competitivo con i prezzi al dettaglio del settore negli Stati Uniti, in Europa e in Cina.
  5. Monitoraggio e analisi: i progressi nel monitoraggio e nell'analisi dei consumi energetici svolgono un ruolo cruciale nel realizzare risparmi operativi nei DC. Questi processi consentono di tracciare con precisione l'utilizzo dell'energia, di identificare le inefficienze e di implementare tecnologie avanzate, riducendo così i costi e migliorando l'efficienza complessiva. Si tratta dei processi di *advanced scheduling, dynamic resource allocation, virtualization, containerization* e *virtualization*.

27 <https://www.eurelectric.org/in-detail/247-2/>



# CAPITOLO 4

BENEFICI DELL'IA PER IL SISTEMA ENERGETICO  
ED OLTRE



## 4.1. IL SEGMENTO UPSTREAM

Un'applicazione centrale dell'Intelligenza Artificiale (IA) risiede nell'ottimizzazione dei processi di estrazione delle risorse: dall'individuazione dei giacimenti a una mappatura geologica più precisa passando per un maggior controllo delle reti, gli usi dell'IA sono molteplici. L'IA può infatti intervenire nelle diverse fasi delle filiere — oli&gas, minerali critici e reti elettriche — puntellandone i segmenti più complessi e offrendo supporto potenziale per migliorare complessivamente i sistemi energetici.

La digitalizzazione ha offerto ai settori dell'oil&gas forti potenzialità per ottimizzare i processi di esplorazione dei giacimenti e la successiva estrazione delle risorse; in questo senso, l'IA potenzia ancora le basi poste dai processi digitali, partecipando all'identificazione dei volumi dei giacimenti e alla pianificazione delle fasi successive, prevedendo criticità di sicurezza e riducendo costi e impatto ambientale.

In particolare, le applicazioni dell'IA nella fase di esplorazione e gestione delle risorse sono di rilievo e apportano grandi miglioramenti: una pianificazione digitale più accurata — tramite, ad esempio, simulazioni in *digital twin* delle riserve — permette una valutazione preventiva precisa della posizione dei giacimenti permettendo una migliore individuazione dei punti dove scavare i pozzi e diminuendo l'incertezza della perforazione, così da ridurre costi e tempo.

D'altro canto, una più precisa identificazione geologica dei giacimenti permette di mitigare il rischio di perdite durante la perforazione, con vantaggi economici e ambientali non trascurabili.

Una parte importante dell'esplorazione e dello sviluppo di un nuovo giacimento di petrolio e gas consiste nello studio del sottosuolo attraverso l'acquisizione, l'elaborazione e la decifrazione dei risultati delle indagini sismiche. Dopo aver deciso di avviare un progetto, le compagnie devono determinare dove perforare esattamente per creare i pozzi di estrazione,

e questo comporta la raccolta di ulteriori dati dai registri dei pozzi. La sintesi e l'interpretazione di questi set di dati sono sempre più assistite da strumenti virtuali, come il *machine learning*, per aiutare a verificare dove si trovano giacimenti di petrolio e gas sufficientemente grandi. L'uso di algoritmi di *deep learning* ha consentito un caricamento e un'elaborazione più rapidi di grandi volumi di dati provenienti da più fonti, tra cui registrazioni di pozzi, dati sismici e informazioni sulla produzione, che vengono inseriti nei modelli di simulazione. La ricerca e l'elaborazione di un tale quantitativo di dati, soprattutto riguardo i modelli di simulazione delle riserve, oggi consumano dai 2 ai 10 TB di dati e richiedono velocità di *processing* dai 100 ai 1.000 teraflops.

D'altra parte, la previsione della produzione è un momento cruciale nell'industria oil&gas. In questo senso, si riscontrano già applicazioni di IA e tecniche di *machine learning* applicate alla previsione della produzione, che apportano miglioramenti nella pianificazione delle operazioni e un maggior grado di accuratezza dei modelli, riducendo gli errori di predizione del 25% rispetto a metodi di analisi tradizionali.

L'uso dell'IA può perfezionare significativamente altre operazioni di monitoraggio e controllo da svolgere da remoto. La gestione supportata dall'IA degli enormi quantitativi di dati trasmessi durante le operazioni di estrazione in una piattaforma — come temperatura, pressione — ottimizza grandemente l'analisi e la gestione degli stessi, nonché la velocità decisionale, in modo efficiente e sicuro. Molte applicazioni di IA richiedono input da sensori e la capacità di elaborare i dati in remoto e rapidamente, supportate da reti che consentono il flusso di dati tra aree geografiche e sistemi diversi: dai dati produttivi e operativi alle analisi delle operazioni di raffinazione, al monitoraggio delle emissioni e a eventuali rapidi interventi nella rete.

Sebbene l'impatto positivo dell'IA sui costi possa essere applicato solo a impianti nuovi abbastanza da

poter accogliere le infrastrutture tecnologiche necessarie, si è calcolato che un'adozione diffusa dell'IA potrebbe ridurre i costi fino al 10% nelle diverse fasi. Un'ulteriore applicazione dell'IA che potrebbe avere un enorme impatto positivo sul settore oil&gas è quella dell'identificazione e riduzione delle perdite e delle emissioni fuggitive di metano.

La produzione e l'utilizzo di petrolio, gas e carbone causano attualmente circa 140 milioni di tonnellate (Mt) di emissioni di metano all'anno, pari a 4,2 gigatonnellate di anidride carbonica equivalente (Gt CO<sub>2</sub>-eq). Di queste, circa il 20% sono causate da perdite durante le operazioni. Queste perdite possono solitamente essere corrette, ma la sfida principale consiste nell'individuarle in modo rapido, efficiente e a basso costo. I programmi di rilevamento e riparazione delle perdite mirano a raggiungere questo obiettivo: per l'industria petrolifera e del gas, gli approcci di *deep learning* resi possibili dall'IA consentono l'elaborazione dei dati per classificare le emissioni più rapidamente e prevedere le emissioni future al fine di prevenire del tutto le perdite, oltre a garantire un controllo continuo dei siti. Se il rilevamento e la riparazione regolari delle perdite fossero implementati in siti che attualmente possono essere esaminati solo trimestralmente o con frequenza ancora minore, ciò potrebbe evitare quasi 2 Mt di emissioni di metano a livello globale (equivalenti a circa 60 Mt di CO<sub>2</sub>-eq). Se nelle fasi di esplorazione, perforazione ed estrazione dei minerali critici l'IA può ricoprire un ruolo parallelo a quello svolto nel settore oil&gas, usi specifici del *machine learning* si prestano in modo particolarmente adeguato al miglioramento della produttività, sicurezza e efficienza delle operazioni nelle fasi successive. I benefici dell'uso dell'IA nel settore dei minerali critici comprendono maggiore accuratezza nella raffinazione, in cui tramite l'uso di sensori i minerali utilizzabili vengono riconosciuti e separati dagli scarti, ottimizzando e velocizzando i processi di selezione e valutazione. Il settore elettrico si trova oggi a un punto di trasfor-

mazione cruciale: il passaggio da un sistema elettrico centralizzato e verticale ad uno diffuso e bidirezionale è in atto e la corsa delle rinnovabili per il raggiungimento dei target di decarbonizzazione è al centro di questo processo.

Queste reti stanno evolvendo rapidamente dai tradizionali sistemi centralizzati a reti complesse e digitalizzate, che devono integrare in modo sicuro fonti di energia rinnovabile variabili e risorse distribuite.

Poiché interruzioni o cali di tensione in questi sistemi si propagano con conseguenze di vasta portata, l'ottimizzazione della rete è sempre più importante per migliorare l'efficienza e le prestazioni in tutti i parametri operativi. La crescente complessità delle reti richiede investimenti significativi in modernizzazione, espansione e digitalizzazione per impedire che divenino ostacoli alla transizione energetica.

In questo contesto, l'IA può svolgere un ruolo fondamentale nella gestione delle complessità legate all'integrazione delle fonti di energia rinnovabile nella rete. I sistemi di controllo, potenziati dall'IA, potrebbero consentire agli impianti e alle strutture di funzionare alle loro prestazioni nominali per periodi più lunghi, migliorando l'efficienza e riducendo al minimo i tempi di inattività.

Con l'aumento sostanziale delle modalità di flessibilità del sistema energetico, sotto forma di accumuli di energia o di *demand response*, è necessario aggiornare gli approcci operativi. Un'importante applicazione dell'IA a livello di sistema è quella di migliorare la previsione della domanda e dell'offerta di elettricità da fonti rinnovabili variabili al fine di ottimizzare l'uso delle risorse del settore energetico.

La flessibilità e reattività delle reti sono essenziali nella gestione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili: la sinergia tra IA e digitalizzazione ha il potenziale per portare a significativi vantaggi nel funzionamento delle centrali elettriche e dello stoccaggio, garantendo che l'energia rinnovabile venga efficacemente immagazzinata e rilasciata nella rete quando necessa-

rio. Le potenziali applicazioni dell'IA in questo settore includono una ricerca più rapida, l'ottimizzazione dei processi, la previsione della distribuzione e gli interventi di assistenza.

L'IA può essere applicata anche per accelerare i processi di autorizzazione e concessione delle licenze, che spesso necessitano di un lavoro attento ma lungo da parte dei richiedenti e delle autorità di regolamentazione. I lunghi tempi di autorizzazione sono stati segnalati come una preoccupazione per i Paesi che cercano di raggiungere i propri obiettivi nel campo delle energie rinnovabili. Gli strumenti di IA possono trarre vantaggio dai precedenti processi di autorizzazione e dai dati ambientali, consentendo processi più rapidi e risultati migliori.

D'altro canto, le principali barriere all'implementazione dell'IA sono poste paradossalmente dai processi istituzionali e legislativi, per cui la mancanza di una regolamentazione dettagliata e al passo con gli sviluppi tecnologici risulta essere il principale ostacolo all'effettivo utilizzo dell'IA. Buchi normativi negli ordinamenti nazionali e sovranazionali intralciano ciò che dovrebbe essere invece una supervisione attenta e flessibile delle potenzialità dello strumento.

## 4.2. USI FINALI DI ENERGIA: INDUSTRIA, TRASPORTI E CIVILE

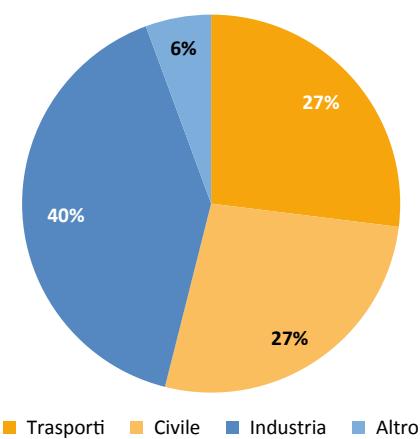
Nel 2023, i consumi finali di energia legati al trasporto e al settore degli edifici nel mondo hanno raggiunto all'incirca i 120 EJ ciascuno. Il settore industriale è invece arrivato quasi alla soglia dei 180 EJ. Questo significa che su un totale di 445 EJ di consumi finali nel mondo, questi tre settori ne rappresentano all'incirca il 94%<sup>28</sup>. Inoltre, secondo i dati più recenti, i tre settori unitamente rappresentano circa il 43% delle emissio-

ni (GHG) a livello globale<sup>29</sup>. L'IA può fornire svariati strumenti per ottimizzare l'utilizzo energetico in questi ambiti e quindi per ridurne le emissioni derivanti. Nel settore dell'industria l'IA potrebbe ridurre i costi di produzione agendo su più fronti. In particolare, aumentando la produttività, riducendo il tempo di ferma dell'impianto, abbattendo i costi operativi e accelerando i tempi di sviluppo di un dato prodotto (IEA<sup>30</sup>). L'Agenzia internazionale dell'energia (IEA) ha suddiviso le applicazioni dell'IA nell'industria in sette categorie, a loro volta raggruppate in tre macroaree:

1. Design e sviluppo: in questa categoria rientra il design generativo la cui funzione è quella di generare e testare diversi design o prototipi;
2. Ottimizzazione operativa:
  - Ottimizzazione del processo
  - Controllo qualità
  - Manutenzione predittiva
  - Digital twin
  - Gestione della catena di approvvigionamento;

**Fig. 4.1: Distribuzione dei consumi finali (2023), per settore**

Fonte: IEA, 2024



28 World Energy Outlook 2024, IEA.

29 [https://d-carbonize.eu/greenhouse-gases/comparison-ghg-emissions-sector/#elementor-toc\\_heading-anchor-7](https://d-carbonize.eu/greenhouse-gases/comparison-ghg-emissions-sector/#elementor-toc_heading-anchor-7)

30 Energy and IA, 2024, IEA.

3. Automatizzazione e autonomia: al cui interno troviamo il miglioramento della gestione dell'automazione dei robot e della variazione in articoli e processi, ma anche la collaborazione efficiente con gli umani.

Queste applicazioni impattano sulla domanda di energia dell'industria, sia in modo diretto, cioè quando questo aspetto è l'obiettivo finale dell'applicazione, sia in modo indiretto. In particolare, le applicazioni che fanno più riferimento al tema della domanda energetica sono quelle del design generativo e dell'ottimizzazione del processo. Quest'ultima funzione ha il maggior impatto sulla domanda di energia e l'IEA stima che al 2035 l'adozione generalizzata delle applicazioni esistenti potrebbe permettere di risparmiare circa 8 EJ della domanda energetica industriale. Nelle industrie ad alto utilizzo di energia, in particolare, l'introduzione dell'IA nell'ottimizzazione dei processi richiederebbe un basso investimento iniziale e un tempo di ritorno ridotto. Il risparmio derivante dall'utilizzo dell'applicazione può dipendere sia dalla tipologia di industria, sia dalla regione in cui questa è localizzata. Infatti, regioni dove il costo dell'energia è maggiore possono beneficiare di maggiori risparmi. Per quanto riguarda le industrie che non utilizzano l'energia in modo intensivo, i benefici dell'utilizzo dell'IA nell'ottimizzazione dei processi operativi sarebbero molto maggiori, poiché l'energia non rappresenta una fetta significativa dei costi ed è quindi spesso poco ottimizzata.

Un aspetto importante, legato all'effetto indiretto delle applicazioni IA nella riduzione dei costi nell'industria, è quello legato alle tecnologie pulite. Infatti, l'ottimizzazione dei processi produttivi nel settore energetico può abbattere i costi di produzione per le tecnologie energetiche, quindi per quelle pulite. In questi settori una delle componenti di costo più importanti fa riferimento alla categoria degli input e dei componenti, ma anche a quella dell'energia. Le applicazioni dell'IA possono aprire la strada a ottimiz-

azioni di processo su entrambi i fronti, comportando una riduzione significativa dei costi di produzione delle tecnologie pulite, quali i pannelli solari, le batterie per i veicoli elettrici e simili.

Nel settore dei trasporti le applicazioni dell'IA fanno riferimento all'ottimizzazione operativa e all'automaticizzazione e autonomia. Nel primo caso le applicazioni principali sono le efficienze operative, che migliorano l'operatività, la gestione dei veicoli e la capacità di utilizzazione. Nel secondo caso, si fa riferimento all'introduzione di veicoli autonomi per ridurre (o eliminare) la necessità dell'operatore umano. In pratica, l'utilizzo dell'IA nel settore dei trasporti può essere particolarmente efficace in una moltitudine di casi. Utilizzata nell'ottimizzazione delle rotte grazie all'utilizzo di dati storici e in tempo reale che possono fornire informazioni rilevanti riguardo al traffico o alle condizioni climatiche. In questo modo, il consumo di carburante e le emissioni potrebbero essere notevolmente ridotti. L'ottimizzazione permette anche di sfruttare al meglio le infrastrutture a disposizione. Con la manutenzione predittiva è possibile invece monitorare lo stato delle flotte in modo da prevedere eventuali malfunzionamenti e altre problematiche in anticipo, riducendo i costi di riparazione. In particolare, nei veicoli elettrici, una maggiore accuratezza nel predire la durata delle batterie può aiutare a mantenerle in buono stato.

Le applicazioni dell'IA possono essere utili anche per il trasporto merci su gomma, ottimizzando la capacità di utilizzo grazie alle sue stime riguardanti, ad esempio, la domanda futura e altre variabili importanti.

L'IA può anche migliorare la modalità di guida sul veicolo grazie ai dati disponibili riguardanti i comportamenti di guida del conducente e le condizioni esterne. Grazie a questi dati possono essere generati dei consigli utili alla riduzione del consumo di carburante. In alcuni casi, inoltre, l'adozione della guida autonoma tramite IA può essere ancora più vantaggiosa. Nel trasporto pubblico, la capacità dell'IA di predire

la domanda futura, di creare una programmazione in modo ottimale e di allocare le risorse in modo efficiente, comporta anche in questo caso una riduzione dei costi e del consumo di carburante o della domanda di elettricità.

Tra i tre settori menzionati, quello degli edifici è il settore dove le applicazioni dell'IA hanno finora trovato meno spazio a livello attuativo, nonostante esistano soluzioni pensate per questo specifico contesto.

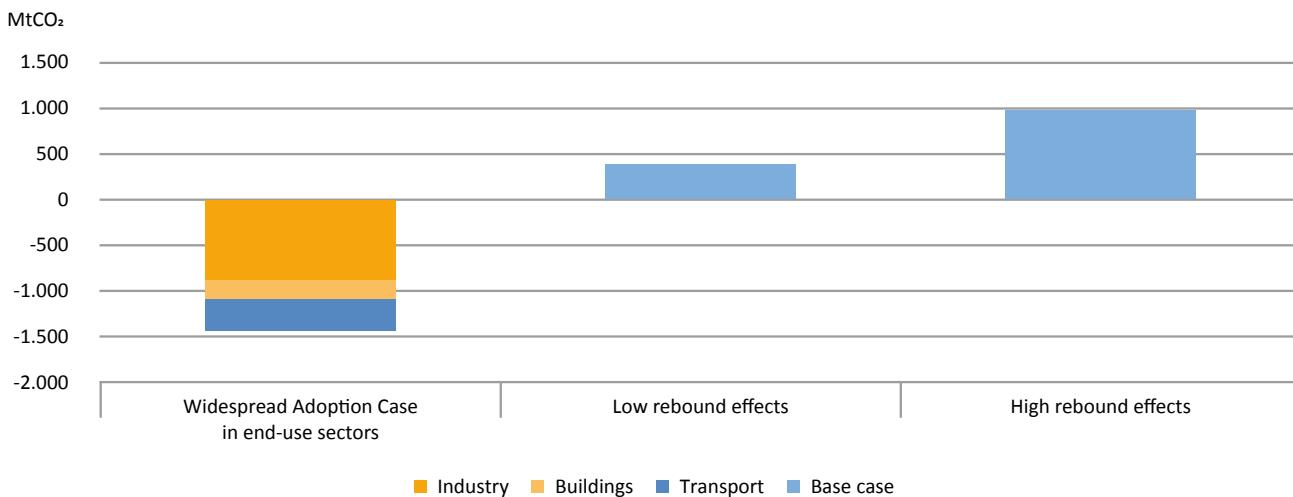
Questa situazione potrebbe cambiare in futuro. L'IEA, ad esempio, individua alcune tendenze che potrebbero promuovere l'utilizzo dell'IA negli edifici. Tra queste, la maggior attenzione posta sull'efficien-tamento energetico degli edifici e l'aumento delle operazioni di ristrutturazione. Inoltre, in molti conte-sti si stanno sempre più adottando tariffe elettriche flessibili. Per usufruirne, i consumatori potrebbero concretamente scegliere di adottare sistemi intel-ligenti per le loro abitazioni. Infine, parte del cam-biamento potrebbe essere dovuta alla diffusione del riscaldamento elettrificato.

Anche in questo contesto l'IEA presenta alcune delle soluzioni IA più importanti per il parco edilizio:

- Design e Sviluppo: si fa riferimento all'ottimiz-zazione del design, alla scelta dei materiali da utilizzare e alle tecniche di costruzione per ot-tenerne una maggiore efficienza.
  - Ottimizzazione operativa: la gestione efficiente dei sistemi tecnici degli edifici comprende ad esempio l'uso di sensori per l'analisi dati o la manutenzione predittiva degli strumenti di ri-scaldamento e climatizzazione. Questa catego-ria riguarda anche il potenziale aggiuntivo per la flessibilità della domanda. Grazie all'utilizzo di informazioni riguardanti i bisogni energetici e lo stato della rete è infatti possibile ottimizza-re il consumo di energia, anche in tempo reale.
- Tutti questi esempi dimostrano come l'adozione dell'IA in vari contesti può ridurre le emissioni relative allo specifico settore. Tuttavia, i risultati che si otterranno dipenderanno in modo cruciale dal grado di adozione di queste applicazioni. L'IEA fornisce una previsione di quello che potrebbe essere l'impatto dell'utilizzo dell'IA nel consumo finale nel caso in cui le attuali ap-plicazioni fossero implementate a livello settoriale in modo estensivo (*Widespread Adoption Case*).

**Fig. 4.2: Analisi IEA dell'impatto dell'IA sulle emissioni nel 2035**

Fonte: IEA, 2024



L'analisi mostra come questa adozione potrebbe portare ad una riduzione pari a 1,4 Gt CO<sub>2</sub> delle emissioni al 2035. Questa riduzione comporterebbe un effetto di spiazzamento positivo sulle emissioni provenienti dai data center, stimate dalla stessa agenzia. Tuttavia, come specificato, si tratta di un'analisi ancora molto incerta, in particolare, in riferimento a quello che sarà effettivamente il livello di adozione delle tecnologie esaminate.

La riduzione delle emissioni sarà trainata dal settore dell'industria principalmente grazie all'ampia digitalizzazione attesa nell'industria ad alta intensità energetica e alla riduzione della domanda energetica. Seguirà il settore dei trasporti, dove la riduzione attesa nelle emissioni deriverà per due terzi dal trasporto su strada mentre la rimanente parte fa riferimento alle altre tipologie di trasporto. Infine, nei tre settori, per il civile si attende l'impatto più contenuto.

L'adozione di queste tecnologie potrebbe però anche avere un effetto di segno opposto sulle emissioni (*rebound effect*). Infatti, il fine dell'utilizzo dell'IA è quello di ottimizzare, efficientare e rendere più

convenienti determinate attività. Questo risultato potrebbe però comportare un aumento dei consumi legati a queste attività, riducendo di conseguenza il risparmio energetico, quindi le emissioni<sup>31</sup>. Per evitare una situazione di questo tipo, è importante che vi sia una regolamentazione efficace a supporto dello sviluppo dell'IA nei vari settori.

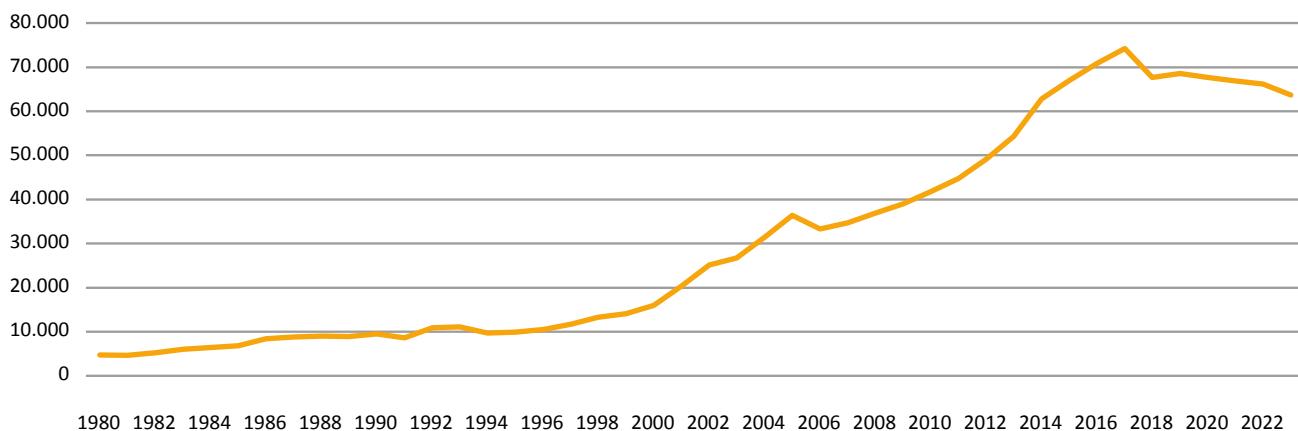
### 4.3. INNOVAZIONE AI-BASED

Oltre alle potenzialità di risparmio espresse lungo tutta la filiera del sistema energetico, l'IA si contraddistingue come motore di innovazione più generale e il suo utilizzo su larga scala fa registrare benefici anche in altri ambiti collegati a quello energetico, come quello idrico e dell'economia circolare. Infatti, il numero di brevetti legati a tecnologie di IA è cresciuto esponenzialmente dagli anni '80 ad oggi, sebbene dal 2017 vi sia una tendenza al ribasso nell'attività brevettuale (Fig. 4.3).

L'importanza dell'IA nell'apportare valore all'ecosi-

**Fig. 4.3: Numero di brevetti mondiali legati a tecnologie di IA**

Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO IP Statistics Data Center, aggiornati a maggio 2025



<sup>31</sup> Luccioni, A., Strubell, E. and Crawford, K. (2025), From Efficiency Gains to Rebound Effects: The Problem of Jevons' Paradox in IA's Polarized Environmental Debate, <https://arxiv.org/abs/2501.16548v1>.

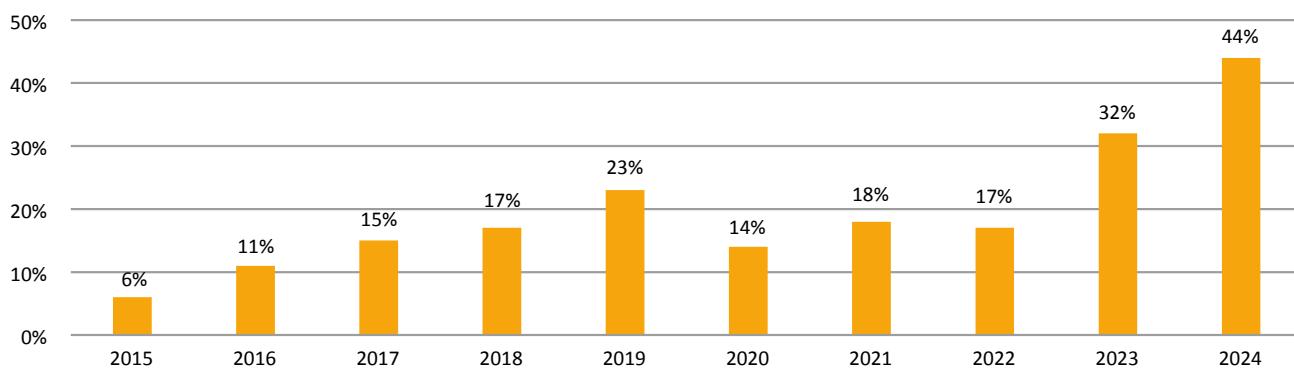
stema dell'innovazione si traduce anche nella quota di start-up legate a questa tecnologia. Secondo dati di CB Insights riportati da Statista, fra le startup qualificate come unicorni<sup>32</sup> registrate a livello globale, la quota di esse che sviluppa prodotti o servizi afferenti all'IA ha raggiunto il 44% nel 2024, partendo da un valore del 6% nel 2015.

Rispetto ad altri settori dell'innovazione, i brevetti legati

all'IA nel settore delle energie pulite sono meno diffusi. Dal 2013 al 2022, l'incidenza di brevetti legati all'IA sul totale dei brevetti appartenenti a quest'ultimo settore è stata dell'1%, una percentuale che non ha subito marcate variazioni nel periodo considerato e che è molto simile anche nel settore dei combustibili fossili. Molto più consistente, invece, l'apporto innovativo dell'IA al settore medico e alla diagnostica per immagini.

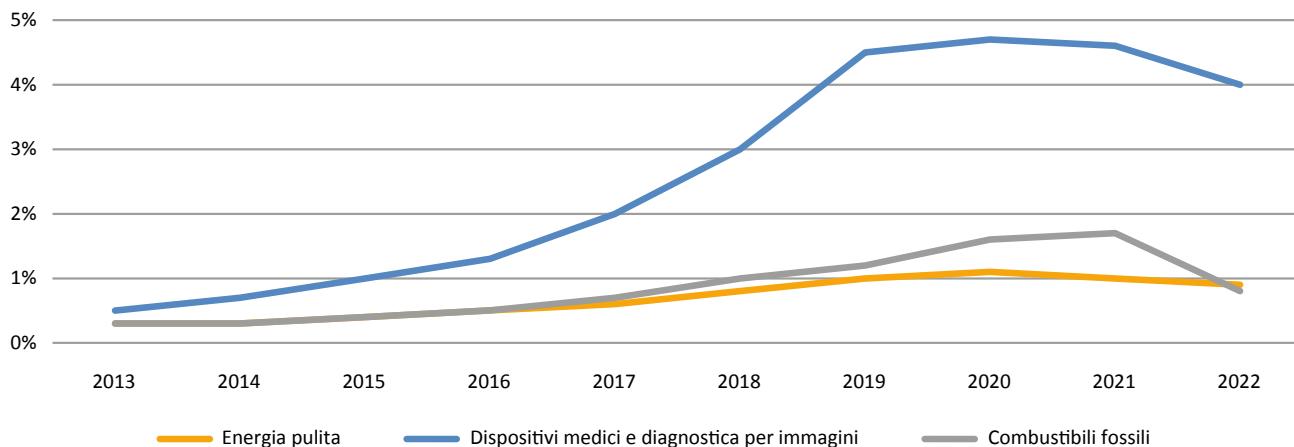
**Fig. 4.4: Quota di unicorni nati a livello globale che si basano sull'IA**

Fonte: Statista su dati CB Insights, 2025



**Fig. 4.5: Quota di brevetti legati all'IA per settore**

Fonte: IEA, 2025



32 Per unicorni si intendono startup non quotate in borsa valutate ad almeno un miliardo di dollari.

Rimanendo nell'ambito delle applicazioni innovative dell'IA ad altri settori oltre a quello prettamente energetico, si annovera un importante contributo al settore idrico: le infrastrutture idriche intelligenti stanno rivoluzionando la gestione delle risorse con applicazioni di IA che offrono risultati immediati e misurabili. Si prevede infatti che il mercato globale dell'IA relativo all'acqua si espanderà da 4,7 miliardi di dollari nel 2024 a 50,9 miliardi di dollari entro il 2034, con un tasso di crescita annuo composto del 27%, spinto dalle urgenti sfide legate alla scarsità d'acqua.

L'accuratezza del rilevamento delle perdite ha raggiunto il 97% utilizzando modelli avanzati di apprendimento automatico, con alcuni sistemi che raggiungono il 99,79% di accuratezza in ambienti controllati. Questi miglioramenti si traducono in un enorme risparmio idrico: la tecnologia FIDO IA di Londra prevede di risparmiare milioni di metri cubi all'anno, mentre Veolia ha ottenuto una riduzione del 15% delle perdite d'acqua nelle reti municipali di Praga. La città di Valencia ha dimostrato un potenziale più ampio riducendo il consumo di prodotti chimici del 18% e l'uso di energia del 16% grazie a modelli di previsione della qualità dell'acqua basati sull'IA.

Le capacità di monitoraggio in tempo reale stanno trasformando i processi di trattamento, sono 700 milioni le connessioni di contatori d'acqua intelligenti previste entro il 2030. I sistemi avanzati di IA analizzano continuamente il pH, la torbidità, i livelli di cloro e altri parametri, ottimizzando automaticamente il trattamento.

Questi aspetti sono particolarmente interessanti per tutti gli operatori, specialmente per i settori in cui vi sono inefficienze da correggere. In Italia l'esempio più prominente riguarda proprio la gestione della risorsa idrica: il Servizio Idrico Integrato (SII) italiano è caratterizzato da una bassa digitalizzazione ma è soprattutto affetto da elevate perdite, purtroppo sistemiche, di risorsa idrica nella rete di acquedotto. Nel 2023, la percentuale di acqua persa rispetto al tota-

le immesso è stata il 41,8%, dato invariato dal 2021. L'IA può avere un ruolo di spicco nella riduzione delle perdite. Una volta digitalizzato il sistema mappando l'infrastruttura tramite georeferenziazione e, successivamente, distrettualizzazione, l'applicazione di algoritmi di IA permetterebbe sia di migliorare il servizio per gli utenti finali che di ridurre gli sprechi effettivi di acqua, riducendo l'impatto ambientale del SII. Ancor prima dell'adozione di IA, i benefici derivanti dalla sola digitalizzazione delle reti idriche si rileverebbero su tutta la filiera, con vantaggi specifici differenti a seconda della fase del ciclo dell'acqua considerata. Ad esempio, nella prima fase di captazione delle acque si otterrebbero risparmi grazie a maggiori informazioni riguardo alla qualità e quantità di risorsa idrica grezza, mentre in fase di potabilizzazione i vantaggi sono anche di tipo ambientale, come la riduzione nell'uso di agenti chimici e delle analisi di laboratorio e tramite guadagni in efficienza energetica. Sulla rete di acquedotto di distribuzione, digitalizzazione è sinonimo di minimizzazione delle perdite di rete, riduzione dei costi di gestione attraverso un'ottimizzazione dei processi, automazione della rete e centralizzazione dei controlli in una sala operativa unificata.

Dopo la raccolta di dati, come già avviene in altri settori, attraverso l'impiego di algoritmi predittivi e prescrittivi di IA, sarebbe possibile indirizzare gli investimenti in modo tempestivo, pianificando con attenzione le attività di manutenzione a lungo termine e soprattutto anticipando potenziali guasti prima che si verifichino. Questo ridurrebbe drasticamente le sospendizioni di servizio, la loro durata e la frequenza dei danni gravi alla rete.

In aggiunta, l'IA può diventare un fattore integrante al SII anche introducendone modelli nei sistemi di gestione delle relazioni con i clienti, operando complementarmente agli operatori nell'assistenza helpdesk e nel supporto tecnico, così da dirottare il lavoro umano su operazioni a più alto valore aggiunto. Con il

Natural Language Processing (NLP), l'IA consentirebbe di analizzare e-mail, identificarne la categoria e instradare le richieste al reparto appropriato. Anche l'estrazione di informazioni utili per la risoluzione delle richieste, come i dati degli utenti per la compilazione automatica di moduli, sarebbe possibile. Inoltre, l'IA può fornire supporto attraverso chatbot virtuali, che, con la loro disponibilità 24 ore su 24, migliorerebbero l'efficienza complessiva del servizio di assistenza. Con l'input dell'IA, gli operatori possono migliorare le previsioni di flusso di cassa considerando vari dati come le informazioni sui clienti, i prezzi delle materie prime e lo storico dei consumi. Infine, l'IA può aiutare nel controllo delle bollette dell'acqua, verificando la coerenza dei consumi e degli importi prima e dopo la stampa. Questo permette agli operatori di anticipare i cambiamenti nel comportamento dei clienti e di garantire l'accuratezza delle bollette emesse.

Tuttavia, solo una rete profondamente digitalizzata in termini di *hardware* e *software* può essere abilitata all'uso dell'IA. È infatti raro che la digitalizzazione delle utility, anche quelle tradizionalmente più avanzate, raggiunga livelli sufficienti a consentire l'adozione di tutte le applicazioni dell'IA su larga scala. Purtroppo, questa frontiera appare ancora più lontana per il comparto idrico. In continuità con i dati delle precedenti Relazioni annuali, la Relazione Annuale 2024 di ARERA, relativa ai dati del 2023, riporta che nell'intera penisola il 79% della lunghezza delle reti di acquedotto è stata georeferenziata<sup>33</sup>, in rialzo di 2 p.p. rispetto ai dati della Relazione Annuale 2020 e leggermente inferiore al tasso di georeferenziazione delle reti fognarie (81,6%). Tuttavia, le porzioni di rete sottoposte a distrettualizzazione e telecontrollo (i passaggi successivi alla georeferenziazione nel processo di digitalizzazione) sono ancora residuali.

Da dati di Utilitatis (2023), il Centro Italia possiede il 53% del totale della propria rete idrica distrettualiz-

zata, mentre il 41% è anche telecontrollata, il dato più alto tra le macroaree italiane. Nel Nord del Paese queste percentuali sono rispettivamente del 32% e 22%, mentre al Sud e nelle Isole nessun tratto di rete risulta distrettualizzato e pertanto non vi è alcun telecontrollo.

Accelerare sulla digitalizzazione non sarà facile, specialmente in ragione delle più che note fragilità strutturali che caratterizzano la governance e il sistema di incentivi del Servizio Idrico Integrato. Tuttavia, prima di immaginare soluzioni tecnologiche che si basano sull'IA, la cui utilità è indiscussa, la priorità degli investimenti dovrebbe essere il tamponamento dell'emergenza idrica che alcuni territori stanno ormai quotidianamente affrontando. Prima la digitalizzazione e poi l'IA potranno aiutare ma è prioritario non acuire i divari infrastrutturali tra le Regioni e considerare anche le possibili esternalità negative dell'IA. Un altro ambito di applicazione dell'IA è, sicuramente, quello della gestione dei rifiuti. L'implementazione dell'IA può consentire infatti di ottenere una riduzione dei rifiuti in tutte le fasi di riciclo, con un miglioramento dell'efficienza del riciclaggio. Il mercato dell'economia circolare digitale ha raggiunto i 2,34 miliardi di dollari nel 2024 e si prevede che crescerà fino a 13,84 miliardi di dollari entro il 2032, spinto dalle pressioni normative e dalla scarsità di risorse.

Le tecnologie avanzate di smistamento mostrano l'impatto pratico dell'IA. I bracci robotici di Veolia presso l'impianto di Southwark utilizzano la visione computerizzata per selezionare i materiali "con la stessa precisione dell'occhio umano", raccogliendo 35-50 articoli al minuto e migliorando significativamente i tassi di recupero dell'alluminio. La collaborazione con Recycleye dimostra come l'IA possa estrarre carta, cartone, plastica mista e cartoni per bevande dalle linee di lavorazione con una contaminazione minima.

33 In questa statistica sulle reti di acquedotto si intendono la somma delle reti di adduzione e distribuzione idrica.

L'ottimizzazione della catena di approvvigionamento offre ritorni sostanziali, dato che i primi utilizzatori riferiscono una riduzione del 15% dei costi logistici, un miglioramento del 35% dei livelli di inventario e un miglioramento del 65% dei livelli di servizio. Il modello di supply chain guidato dall'IA di Amazon esemplifica questi vantaggi, ottenendo riduzioni costanti dei tempi di consegna e ottimizzando l'utilizzo delle risorse. La Ellen MacArthur Foundation stima che l'IA potrebbe generare 127 miliardi di dollari all'anno entro il 2030 solo nel settore alimentare, con altri 90 miliardi di dollari nell'elettronica di consumo.

La gestione del ciclo di vita del prodotto tramite l'IA consente al 70% dei produttori di adottare sistemi PLM (Product Lifecycle Management) basati su cloud e il 75% prevede di aumentare la spesa per l'IA in questo settore. La manutenzione predittiva riduce i costi del 30% e i tempi di fermo macchina del 70%, mentre gli algoritmi di progettazione generativa creano molteplici varianti di design ottimizzate per la circolarità. La fase di progettazione determina l'80% dell'impronta ecologica di un prodotto, rendendo il ruolo dell'IA nella progettazione sostenibile particolarmente cruciale.

# CONSIDERAZIONI FINALI

La digitalizzazione sempre più pervasiva è ormai caratteristica distintiva di questa nostra epoca. L'utilizzo e la generazione di dati stanno registrando tassi di crescita notevolissimi, trainati da fattori come l'espansione dell'accesso a Internet, l'aumento del traffico mobile, i dispositivi IoT (Internet of Things), lo streaming di contenuti multimediali e le piattaforme social.

La quantità di dati generati e consumati nel mondo ha raggiunto livelli impressionanti, con unità di misura degne di Paperon de' Paperoni o meglio Archimede Pitagorico (zettabyte, exabyte, quintilioni).

Tale esplosione è dovuta in gran parte all'aumento del numero degli utilizzatori di internet, che nel 2025 ha superato i 5,64 miliardi, rappresentando circa il 68% della popolazione globale e segnando un incremento del 3,67% rispetto all'anno precedente<sup>34</sup>.

Nel nostro Paese l'utilizzo dei dati segue una tendenza simile, con un'accelerazione nell'accesso e nel consumo digitale. Nel 2024, la percentuale di individui che utilizzano Internet ha superato l'89% della popolazione, mentre i dati sul consumo mobile crescono costantemente da un mese all'altro.

A questa dinamica consolidata si aggiunge l'avvento dell'intelligenza artificiale (IA) che sta attraversando una fase di crescita senza precedenti, trasformando radicalmente settori economici, servizi pubblici e dinamiche sociali a livello globale.

Questa rivoluzione tecnologica, tuttavia, pone sfide significative in termini di sostenibilità energetica e ambientale. I data center (DC) necessari per addestrare e operare modelli di IA avanzati richiedono quantità crescenti di energia elettrica, sollevando interrogativi cruciali sulla compatibilità tra innovazio-

ne digitale e obiettivi di decarbonizzazione. Anche a livello mondiale, le prospettive di sviluppo dell'IA si posano su un più ampio quadro che vede sovrapporsi questioni legate alle infrastrutture energetiche, digitali, a competenze tecniche e iter autorizzativi, oltre che al fisiologico sviluppo tecnologico che sta caratterizzando il settore negli ultimi anni.

L'Italia si trova oggi a un bivio strategico. Da un lato, il Paese deve accelerare la propria transizione verso l'IA per non perdere competitività rispetto ad altre economie avanzate. Dall'altro, è chiamata a rispettare impegni ambiziosi in materia di transizione energetica e riduzione delle emissioni di gas serra. Questa apparente dicotomia può tuttavia trasformarsi in un'opportunità unica: quella di sviluppare modelli e applicazioni di IA possibilmente alimentata da fonti rinnovabili, posizionando l'Italia come pioniere di un'AI veramente sostenibile, come quella mostrata nell'ultimo capitolo, con benefici evidenti sui consumi energetici e idrici.

Per "Dare Energ-IA all'Italia" occorre ripensare l'IA non solo come consumatrice di energia, ma come componente intelligente di un sistema energetico più flessibile, efficiente e resiliente.

L'Italia ospita circa 210 DC, fortemente concentrati nell'area milanese (35% del totale nazionale), con consumi energetici stimati a 3,91 TWh nel 2024 e potenza installata di 287 MW. Le proiezioni indicano una crescita esponenziale: 1 GW entro il 2028 e 2 GW nel 2031. A livello globale, i DC rappresentano l'1,5% dei consumi elettrici mondiali, con prospettive di raddoppio entro il 2030. Il mercato italiano dei DC vale 7 miliardi di euro (2024) con previsioni di crescita al 47% entro il 2030, mentre il mercato dell'IA potrebbe raggiungere 28 miliardi di euro nel 2031, con un tasso di crescita annuale del 35,2%. Le richieste di connessione alla RTN hanno raggiunto 44 GW (maggio 2025), di cui il 60% solo in Lombardia, evidenziando

34 <https://sqmagazine.co.uk/technology-usage-statistics/>

criticità di concentrazione spaziale e saturazione delle reti. Il quadro normativo italiano è in evoluzione. La legge sull'IA (settembre 2025) e la Strategia MIMIT per l'attrazione di investimenti rappresentano passi significativi, mentre il Decreto Energia 2025 dovrebbe introdurre l'autorizzazione unica per i DC, con procedimenti accelerati di massimo 10 mesi. A livello europeo, il Regolamento UE 2019/424 e la Direttiva Efficienza Energetica UE 2023/1791 impongono standard di ecocompatibilità e rendicontazione. Sul fronte della sostenibilità, il Power Usage Effectiveness (PUE) medio italiano si attesta a 1,5, in linea con la media europea, con prospettive di miglioramento sotto 1,3 entro il 2030. Le strategie di riduzione dell'impatto includono: ottimizzazione algoritmica, hardware specializzato (TPU, FPGA), raffreddamento ibrido liquido-aria (riduzioni PUE del 27%), approvvigionamento da rinnovabili (gli operatori rappresentano oltre il 30% dei 120 GW di corporate PPA globali). I benefici dell'IA per il sistema energetico sono significativi. Nelle reti elettriche, l'IA ottimizza la previsione di domanda/offerta e l'integrazione delle fonti rinnovabili. Nell'oil&gas, riduce errori di previsione del 25% e potrebbe evitare 2 Mt di emissioni di metano annue. Nei settori industria, trasporti e civile (94% dei consumi finali mondiali), l'IEA stima che l'adozione diffusa dell'IA potrebbe ridurre 1,4 Gt CO<sub>2</sub> entro il 2035, compensando le emissioni dei data center stessi. Applicazioni collaterali dell'IA mostrano impatti rilevanti: nel settore idrico (mercato previsto a 50,9 miliardi \$ entro 2034), l'accuracy nel rilevamento perdite può raggiungere il 99,79%, particolarmente rilevante per l'Italia dove le perdite idriche sono al 41,8%. Nell'economia circolare, l'IA abilita lo smistamento dei rifiuti con precisione umana e benefici potenziali di 217 miliardi \$ annui entro 2030. La percezione pubblica è generalmente positiva (25,9% favorevole vs 5,7% contrario), motivata dal riconoscimento dei data center come infrastrutture essenziali (65,1%), generatori di investimenti (51,8%) e occupazione (40%). Le preoc-

cupazioni si concentrano su ubicazione inadeguata (47,1%) e consumo di risorse (41,2%).

Guardando al futuro, lo scenario più probabile è quello di una convivenza articolata tra diverse generazioni e tipologie di tecnologie digitali. I DC continueranno a crescere, spinti dalla domanda di servizi cloud, dall'espansione dell'Internet of Things e dalla diffusione dell'IA, ma dovranno diventare progressivamente più efficienti dal punto di vista energetico. L'innovazione nell'efficienza dei chip, nelle architetture di calcolo, nei sistemi di raffreddamento e nell'integrazione con fonti rinnovabili sarà cruciale per rendere sostenibile questa espansione. Parallelamente, l'*edge computing* e soluzioni di calcolo distribuito potrebbero ridurre la necessità di centralizzare tutte le elaborazioni in grandi DC, portando parte dell'intelligenza computazionale più vicino ai punti di raccolta e utilizzo dei dati. La convergenza tra efficienza energetica dell'infrastruttura ed efficacia delle applicazioni di IA determinerà quali scenari di sviluppo saranno effettivamente sostenibili nel medio-lungo termine.

Nel nostro Paese, l'abilitazione delle transizioni gemelle permetterebbe di valorizzare il patrimonio di competenze scientifiche e industriali italiane, di attrarre investimenti in infrastrutture digitali sostenibili e creare un ecosistema dove ricerca, industria e istituzioni collaborano per un obiettivo comune: un'Italia più competitiva, innovativa e verde. L'attenzione del regolatore europeo e italiano verso questi temi si è progressivamente innalzata, come testimoniato, tra le altre cose, dall'intenzione di ospitare una delle cinque *gigafactory* europee e dal già citato Decreto Energia 2025, di cui si auspica la celere approvazione. Per essere veramente sostenibili, gli investimenti in nuovi data center dovrebbero prediligere i siti *brownfield*, così da limitare il consumo di nuovo suolo e allo stesso tempo riqualificare poli industriali dimessi. Tuttavia, per questo tipo di siti, i procedimenti autorizzativi risultano al momento più complessi, rendendo più remunerativa la scelta dei

*greenfield* e penalizzando dunque l'opzione più sostenibile. Inoltre, si auspica che l'approntamento di nuove strutture di DC possa essere accompagnato, in misura sempre maggiore, da sistemi di recupero di calore a vantaggio delle comunità locali. Questi aspetti sono cruciali per un'accettazione maggiore delle strutture, massimizzando anche i benefici per i cittadini. Infatti, va altresì detto che anche nel nostro Paese gli investimenti in DC si inseriscono in una messe di investimenti in infrastrutture elettriche di ogni tipo. La domanda aggiuntiva dei DC, come già ravvisato da alcuni esperti, più che una minaccia sarebbe un'(utile) opportunità in ragione di una domanda di energia stabile, prevedibile e nativa elettrica e di un carico rinnovabile che può rafforzare la produttività degli investimenti in energie rino-

vabili, reti e accumuli<sup>35</sup>. Non trascurabile è anche il ruolo delle nuove tecnologie nucleari, che, nel lungo periodo, potrebbero contribuire ad alimentare i DC, sia come parte integrante del mix energetico in prelievo dalla rete elettrica nel suo complesso, sia con progetti *ad-hoc*, creando una nuova tipologia di hub infrastrutturale che riflette la commistione fra tecnologie digitali ed energetiche all'avanguardia. In conclusione, a nostro avviso, la questione della (eccessiva) concentrazione sta già manifestando criticità nei territori ospitanti (con le prime contestazioni) e sulla rete elettrica che crediamo meriti specifica attenzione, anche in termini di *policy*, per evitare che come spesso è capitato nella storia italiana potenziali opportunità non siano colte in assenza di una regia di governance competente e pro-attiva.

---

35 Bortoni G. P. P. e Gallo F. "Data center, attirarli conviene al sistema elettrico italiano" su Il Sole24Ore del 5 agosto 2025.

Si evidenzia inoltre che la presente pubblicazione contiene informazioni di carattere generale. Prima di prendere decisioni o adottare iniziative che possano incidere sui risultati aziendali, si consiglia di rivolgersi a un consulente per un parere professionale qualificato. L'Istituto per la Competitività è da ritenersi non responsabile per eventuali perdite subite da chiunque utilizzi o faccia affidamento su questa pubblicazione.

**Crediti fotografici:**

Copertina – jujong11/depositphotos.com

**Impaginazione:**

kreas.it

**Roma**

Piazza dei Santi Apostoli 66 - 00187  
[www.i-com.it](http://www.i-com.it)

[info@i-com.it](mailto:info@i-com.it)

**Bruxelles**

Avenue des Arts 50 - 1000  
[www.i-comEU.eu](http://www.i-comEU.eu)

