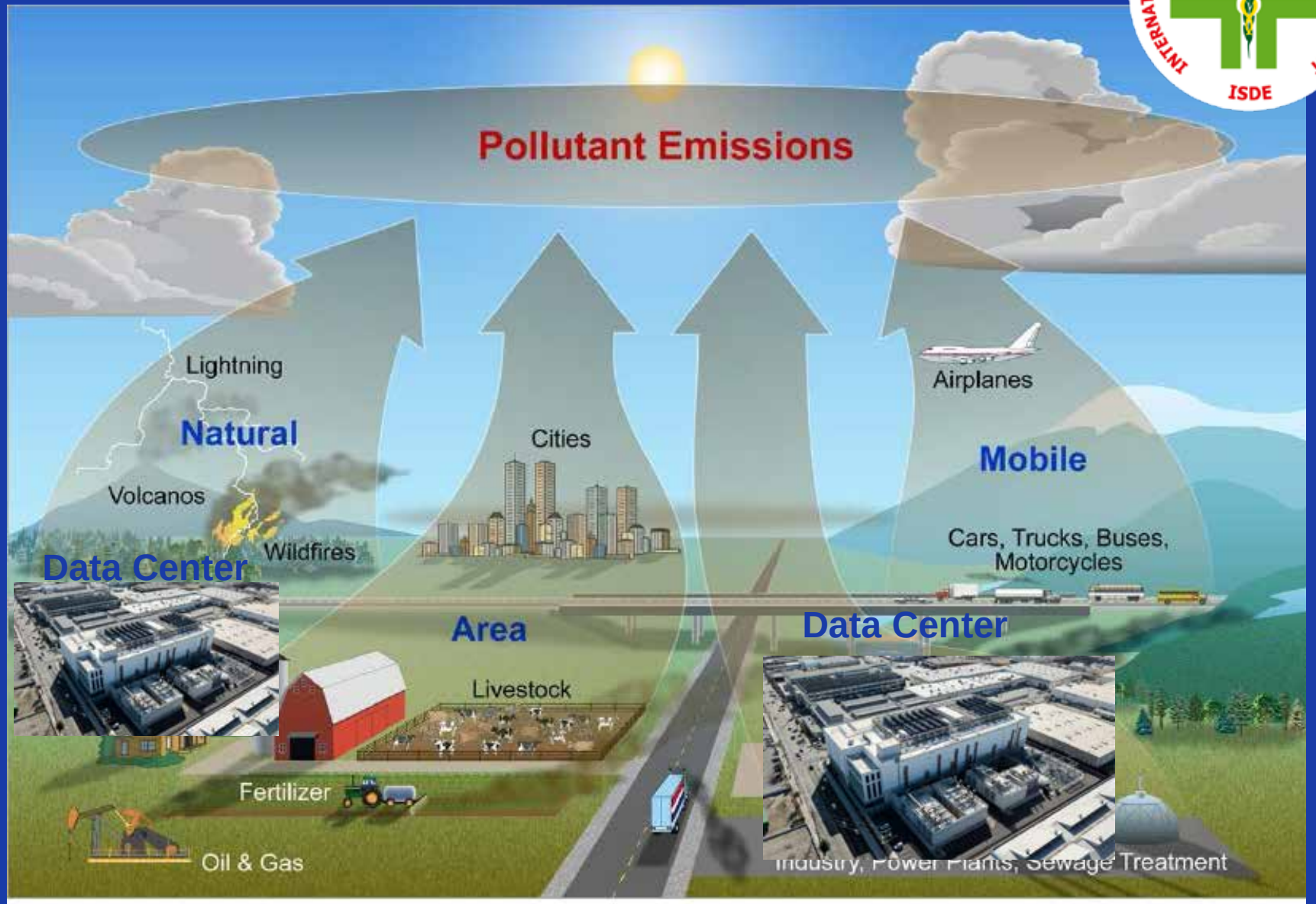
L’impatto ambientale sull’Intelligenza Artificiale (AI)

Alessandro Borgini

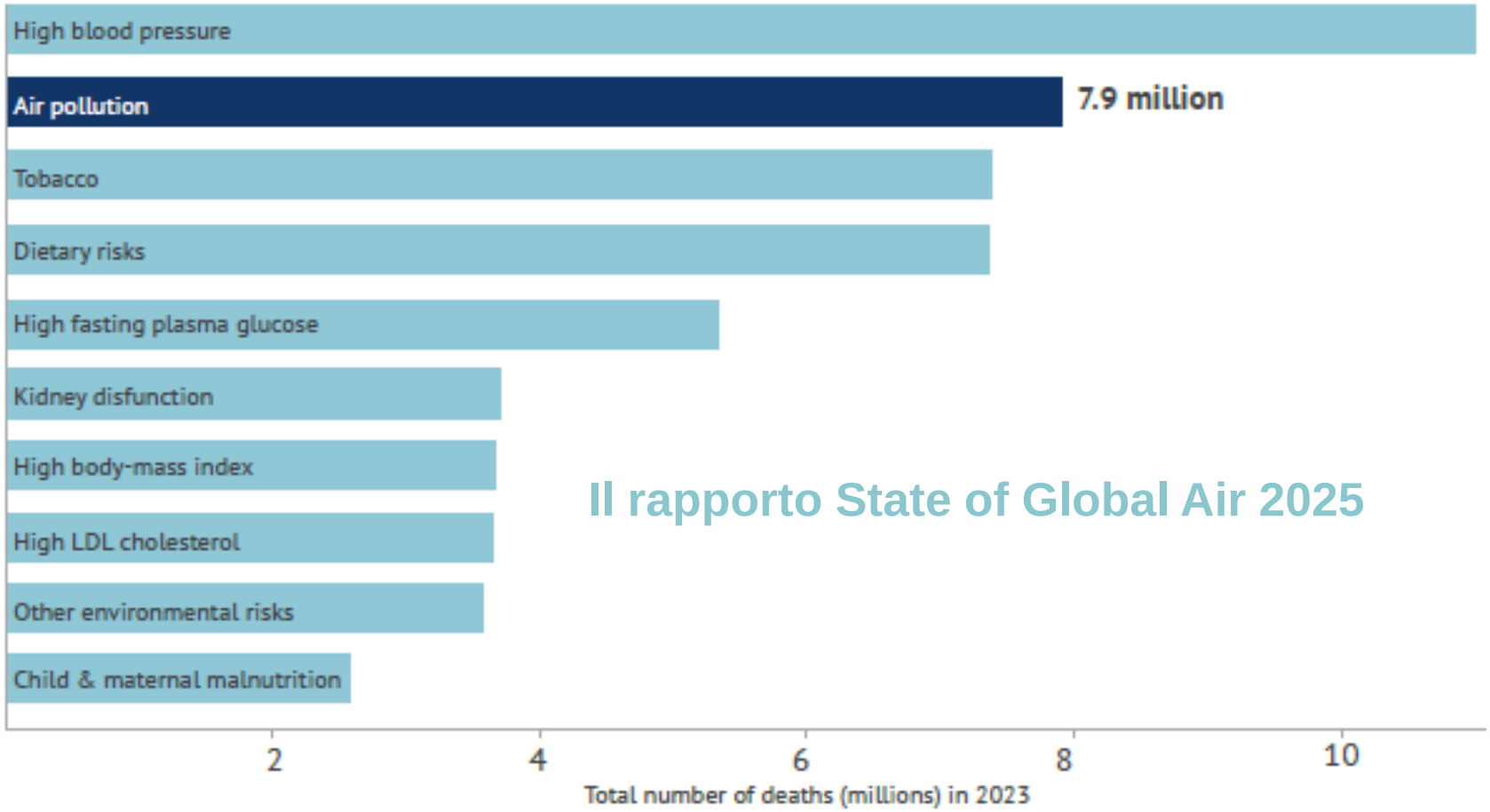
Biologo – Referente ISDE Varese

Inquinamento atmosferico



Source: National Park Service, US available at https://www.nps.gov/subjects/air/sources.htm

Fattori di rischio attribuibili alla Mortalità a livello mondiale



Il rapporto State of Global Air 2025

Figure 1: Global ranking of risk factors by total number of attributable deaths from all causes in 2023. Air pollution is the second largest risk factor for death worldwide, surpassed only by high blood pressure.

Esempio Data Center



An AI data center in Vernon, California. Photo: MattGush / iStock

Definizione di Data Center



INFRASTRUTTURA FISICA

Data Center

Una struttura fisica composta da un elevato numero di server interconnessi, sistemi di archiviazione, apparecchiature di rete, dispositivi di sicurezza e sistemi di alimentazione e raffreddamento.

SISTEMI DI SUPPORTO

Operatività e sicurezza

Struttura organizzata per fornire prestazioni di calcolo elevate, scalabilità e ridondanza in un ambiente di totale sicurezza

FONTE: testi ed elaborati tratti dalla tesi della Dott.ssa Carla Bonatti

Struttura di un Data Center



COMPONENTI FONDAMENTALI

Apparecchiature IT

Responsabili dell'elaborazione e gestione dei dati. Comprendono server, storage, dispositivi di rete e sistemi di virtualizzazione che costituiscono il cuore operativo della struttura.

Impianto di Raffreddamento

Necessario per mantenere condizioni termiche ottimali. Include sistemi CRAC, chiller, free cooling e soluzioni a liquido per dissipare il calore generato dalle apparecchiature.

Sistema di Alimentazione

Assicura la disponibilità costante di energia. Include UPS, generatori di emergenza, PDU e sistemi di distribuzione ridondanti per garantire continuità operativa.

FONTE: testi ed elaborati tratti dalla tesi della Dott.ssa Carla Bonatti

Struttura di un Data Center



Impianto di raffreddamento: 2 componenti fondamentali del sistema di raffreddamento piu' il free cooling

CRAC (Computer Room Air Conditioner)

È l'unità di climatizzazione interna posta dentro la sala server.

Prende l'aria calda prodotta dai computer, la raffredda e la rimette in circolo nel locale

Chiller (Refrigeratore d'acqua)

È la grande macchina frigorifera posizionata di solito all'esterno dell'edificio.

Produce acqua fredda che viene pompata verso l'interno per smaltire il calore catturato dai sistemi di climatizzazione

Struttura di un Data Center



COMPONENTI FONDAMENTALI

Sistema di Alimentazione

UPS (Gruppi di Continuità elettrica): Intervengono all'istante in millisecondi per tamponare micro-interruzioni e sbalzi, attingendo energia dalle batterie.

Generatori di Emergenza: Motori a combustibile (spesso diesel) che partono in automatico per garantire energia durante i blackout prolungati

PDU (Power Distribution Unit): Dispositivi intelligenti che distribuiscono l'energia in modo sicuro monitoratndo i singoli macchinari

Struttura di un Data Center



COMPONENTI FONDAMENTALI

Sistema di Alimentazione

I sistemi BESS (Battery Energy Storage System) contenuti in container **al litio** rappresentano una soluzione energetica fondamentale per i data center moderni, **consentendo di gestire carichi energetici massicci, stabilizzare i picchi di consumo e garantire la continuità operativa**.

I Data Center



I Data Center necessitano di una connessione alla rete elettrica per l'alimentazione dei relativi consumi e dell'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza atti a sopperire all'eventuale interruzione di energia elettrica, che sono tra gli aspetti di impatto ambientale di maggior rilevanza, e che si assommano a quelli relativi al consumo di suolo e alla perdita dei relativi servizi ecosistemici e di habitat, ai prelievi idrici, al rumore e agli altri rischi connessi alle attività di cantiere e all'esercizio degli impianti.

FONTE: Linee guida data center 2024

Tipologie di Data Center

PER MODELLO DI SERVIZIO

Enterprise

Strutture private per il massimo controllo e personalizzazione completa dell'asset IT aziendale.

Colocation

Strutture condivise dove le aziende affittano spazio ed energia, mantenendo la proprietà del proprio hardware.

Cloud

Computing come utility ("pay-as-you-go") gestito da provider globali come AWS e Google Cloud.

PER SCALA

Hyperscale

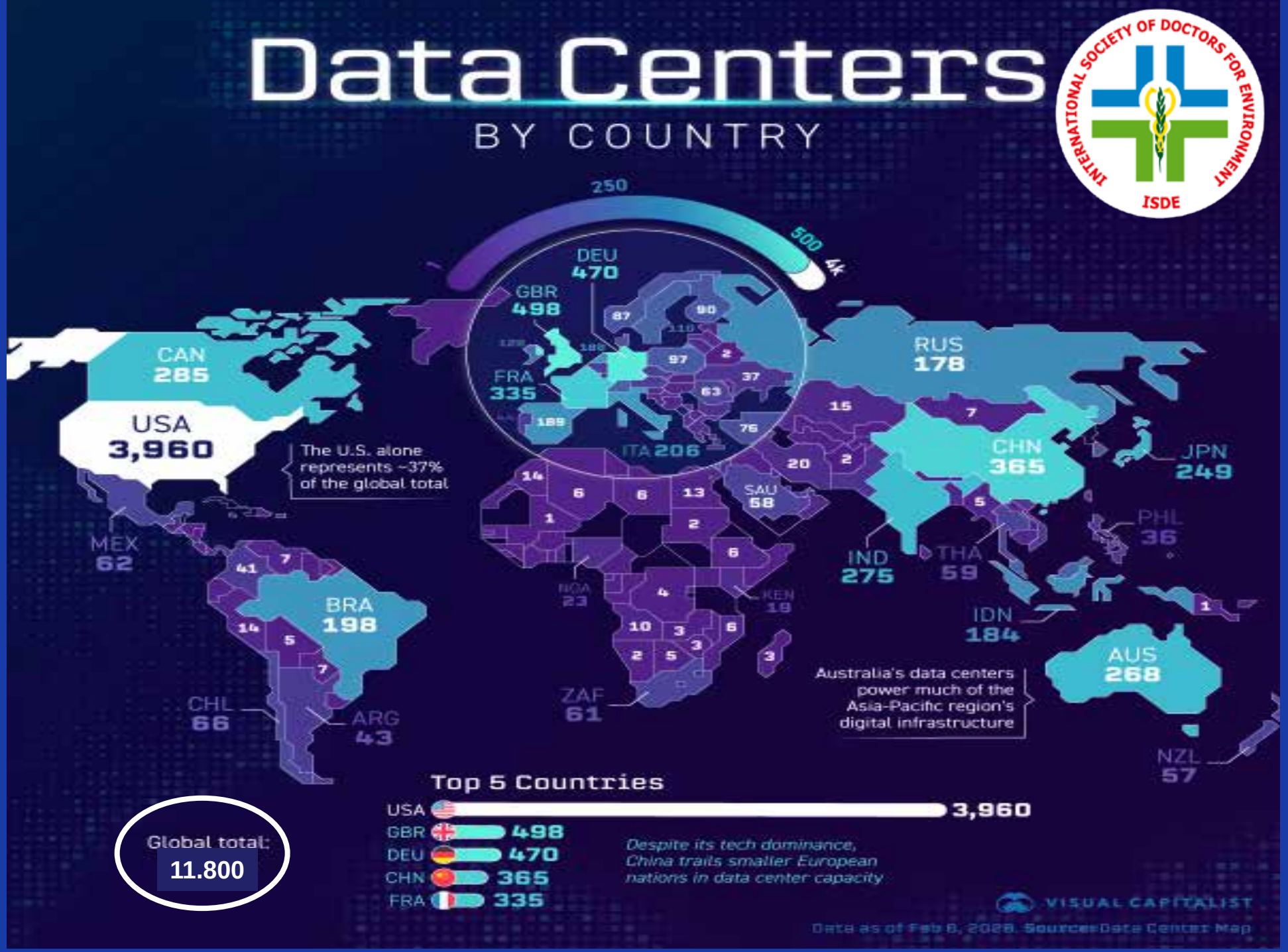
Gigantesche cittadelle digitali per centinaia di migliaia di server, progettate per efficienze estreme. Ospitano decine o centinaia di migliaia di server interconnessi e richiedono una potenza elettrica che supera spesso i 40 megawatt

Edge

Siti ridotti vicino agli utenti finali. Cruciali per latenza ultra-bassa, IoT e veicoli autonomi.

Modulari

Soluzioni containerizzate prefabbricate per deployment rapidi e flessibili in ogni location.


Data Centers
BY COUNTRY
INTERNATIONAL SOCIETY OF DOCTORS FOR ENVIRONMENT
ISDE
250
500
4K
DEU
470
GBR
498
FRA
335
ITA 206
CAN
285
USA
3,960
The U.S. alone represents ~37% of the global total
MEX
62
BRA
198
CHL
66
ARG
43
ZAF
61
SAU
58
RUS
178
CHN
365
IND
275
THA
59
JPN
249
PHL
36
IDN
184
AUS
268
Australia's data centers power much of the Asia-Pacific region's digital infrastructure
NZL
57
Top 5 Countries
USA 3,960
GBR 498
DEU 470
CHN 365
FRA 335
Despite its tech dominance, China trails smaller European nations in data center capacity
Global total:
11.800
VISUAL CAPITALIST
Data as of Feb 8, 2026. Source: Data Center Map

I Data Center nel Mondo

SCENARIO GLOBALE

11.800+

data center operativi in 179 paesi

- Nord America 5.767 · 48%
- Europa ~3.500 · 29%
- Asia-Pacifico 1.818 · 15%

Fonte: Data Center Map / Cloudscene, 2025-2026

EUROPA FLAP-D

3.500+

data center in 45 paesi

- Germania 529
- UK 523
- Francia 322
- Italia 209

CRESCITA E TREND

x3

La domanda è prevista quasi triplicare entro il 2030, trainata dall'AI generativa

$7T

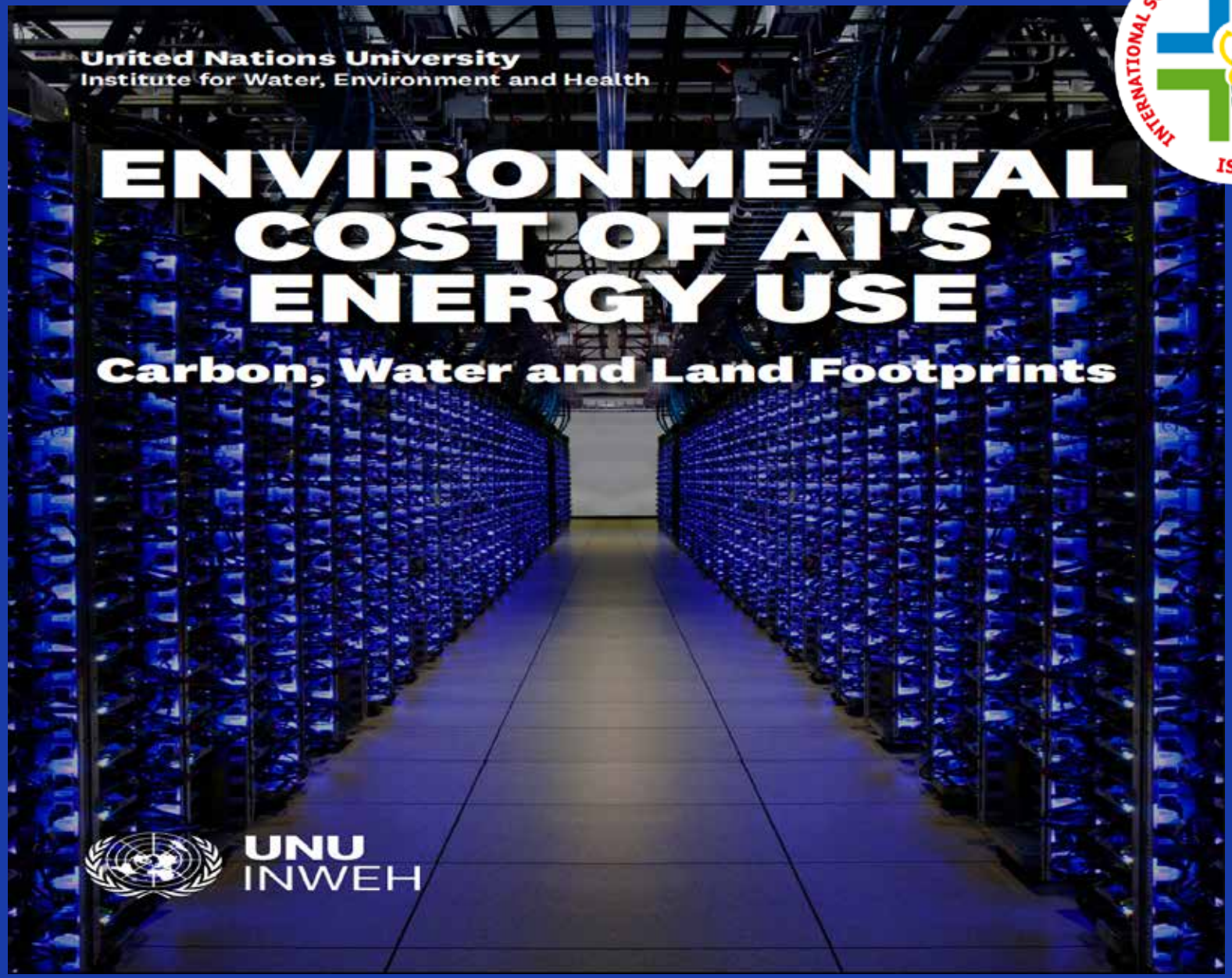
(7 mila miliardi di dollari)

Investimenti previsti a livello globale entro il 2030 per nuove infrastrutture

1.300

Data center hyperscale operativi, triplicati in 5 anni (Synergy Research, 2025)

L’impatto ambientale dell’ IA



FONTE: https://unu.edu/inweh/collection/environmental-cost-of-AIs-Enrgy-Use-Carbon-water-and-land-footprints

L’impatto ambientale dell’ IA

Avete mai pensato all’**impatto ambientale** dell’**intelligenza artificiale**?

Ogni volta che **apriamo una chat con l’intelligenza artificiale**, da qualche parte nel mondo **un server si scalda**, **un impianto di raffreddamento consuma acqua**, **una rete elettrica assorbe un po’ più energia**.

È un costo che non vediamo e sottovalutiamo ma che esiste e secondo le Nazioni Unite è destinato a crescere nei prossimi anni.

A dirlo è un report dell’Università delle Nazioni Unite, l’UNU-INWEH (Institute for Water, Environment and Health) del 2026 intitolato **“Il costo ambientale del consumo energetico dell’IA: impronta di carbonio, acqua e suolo”**.

Il documento prova per la prima volta a mettere insieme tutti i pezzi della filiera dell’intelligenza artificiale (**dalla costruzione dei data center,** al loro utilizzo quotidiano, fino allo smaltimento dell’hardware) e a misurarne l’impatto reale sul pianeta.

FONTE: https://unu.edu/inweh/collection/environmental-cost-of-AIs-Enrgy-Use-Carbon-water-and-land-footprints

L'impatto ambientale di queste infrastrutture si articola in **quattro aree principali**:

1) Consumo energetico: I data center **operano 24 ore su 24** e richiedono enormi quantità di energia per l'alimentazione e per i sistemi di raffreddamento. Nello scenario di maggiore sviluppo, il loro fabbisogno in Italia potrebbe richiedere fino a 5 GW, spingendo la necessità di ricorrere a contratti di fornitura da fonti rinnovabili.

2) Stress idrico: Molti impianti utilizzano torri di evaporazione per il raffreddamento (consumo stimato di milioni di litri d'acqua all'anno), impoverendo le falde locali, specie in zone a forte stress idrico.

3) Consumo di suolo: Le nuove mega-strutture vengono spesso edificate su terreni agricoli **("greenfield"),** contribuendo all'impermeabilizzazione del suolo invece di riqualificare aree industriali dismesse **("brownfield").**

4) Inquinamento acustico ed emissioni in aria: I grandi sistemi di ventilazione (HVAC) e i generatori di emergenza a combustibile fossile generano inquinamento acustico e

L’impatto ambientale dell’IA

I numeri dell’impatto ambientale secondo il report UNU-INWEH

ELETTRICITA’:

Entro il 2030, stima il report, l’infrastruttura globale dell’IA **consumerà elettricità** per circa **945 terawattora l’anno**, **il 3% dell’elettricità mondiale**

Per avere un metro di paragone: è il triplo di quanto consumano insieme in **Pakistan, Bangladesh e Nigeria**, tre paesi che messi assieme contano 650 milioni di abitanti.

ACQUA:

il **fabbisogno d’acqua dell’IA** arriverà a coprire i **bisogni di circa 1,3 miliardi di persone**, più o meno l’intera popolazione dell’ **Africa subsahariana**.

SUOLO:

le infrastrutture dei **Data Center** necessarie occuperanno **oltre 14.500 Km^2, il doppio** dell’area metropolitana **di Giacarta**, città che ospita **32 milioni di persone.**

ARIA:

Il quarto pezzo del puzzle è il **carbonio**: le emissioni legate all’IA sono destinate a raggiungere quasi **400 milioni di tonnellate di CO_2 l’anno**, una quantità che per essere assorbita richiederebbe la piantumazione di miliardi di alberi.

L’impatto ambientale dell’IA

Non è (solo) un problema futuro

Il report non si basa solo su proiezioni, ma è un problema che viviamo ogni giorno:

in **Irlanda**, uno dei paesi europei con la maggiore concentrazione di data center, questi impianti hanno assorbito nel **2023 il 21% dell’elettricità nazionale**, superando i consumi di tutta la popolazione urbana del paese.

In **Uruguay**, la costruzione di un data center ad **alto consumo idrico** si è sovrapposta alla grave siccità del 2023, che ha **prosciugato le riserve di acqua dolce di Montevideo** al punto da rendere l’acqua del rubinetto non più potabile per la popolazione.

Kaveh Madani, direttore dell’**UNU-INWEH** e coordinatore del gruppo di ricerca, è stato chiaro nel presentare i risultati:

IMPORTANTE:

il report non nasce per demonizzare u**na tecnologia che sta migliorando la vita di moltissime persone**, ma per chiedere che il suo sviluppo sia governato con responsabilità, invece di lasciarlo crescere senza una guida.

L’impatto ambientale dell’IA

Cosa propone il report

La conclusione degli autori ricercatori è che il settore ha bisogno di una guida globale, politica e non solo tecnologica.

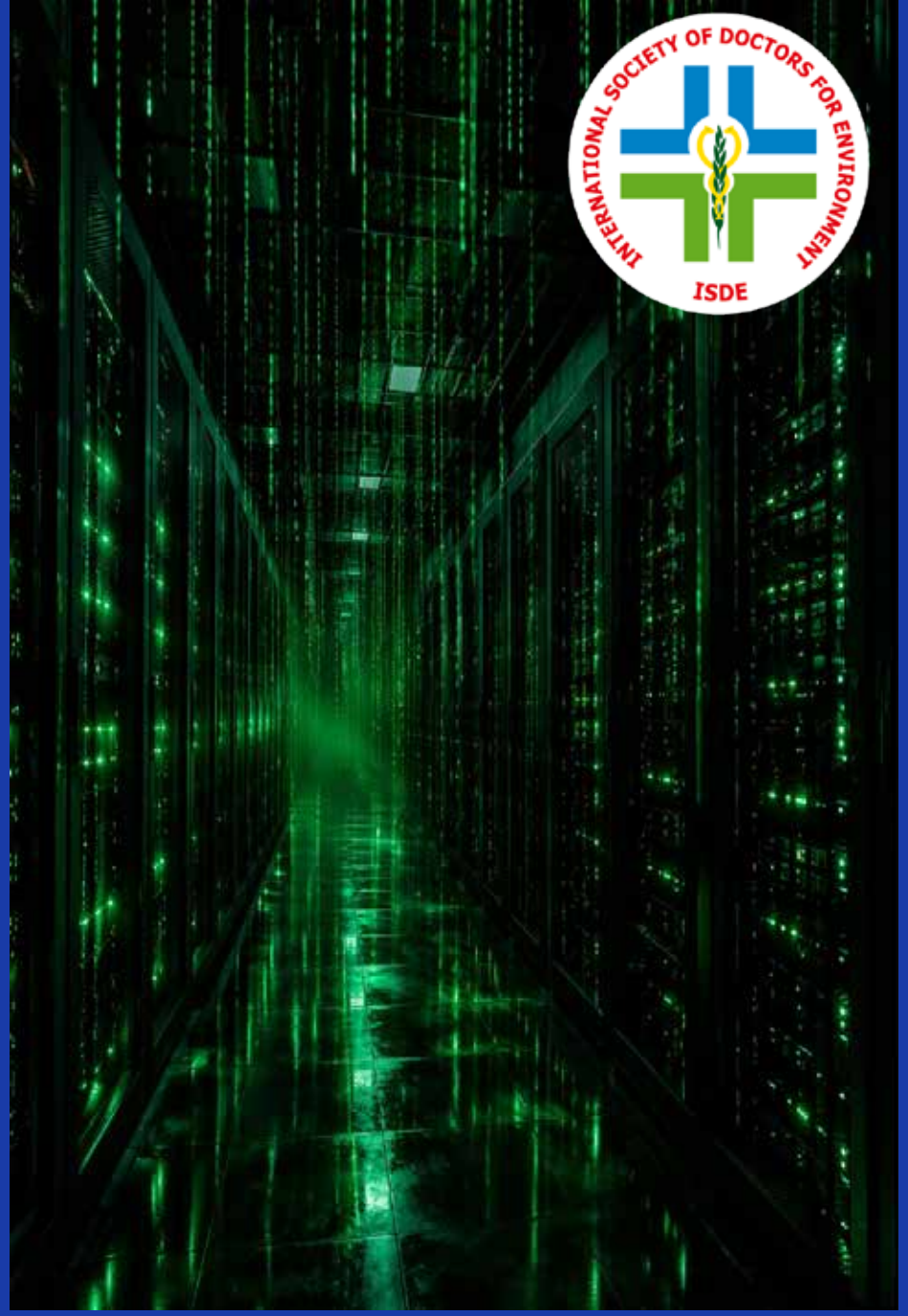
Il report propone di costruire quello che chiamano un **“ecosistema di IA responsabile”**, **fondato su 4 pilastri**:

1. **trasparenza** (sapere davvero quanto consuma un sistema di IA);
2. **efficienza** (progettare tecnologie che sprechino meno risorse fin dall’inizio);
3. **equità** e **giustizia ambientale** (non scaricare il costo ambientale su chi ha meno potere contrattuale)
4. **cooperazione internazionale:** visto che nessun singolo paese può regolare da solo una filiera globale come quella dei data center.

ANALISI TERRITORIALE E AMBIENTALE

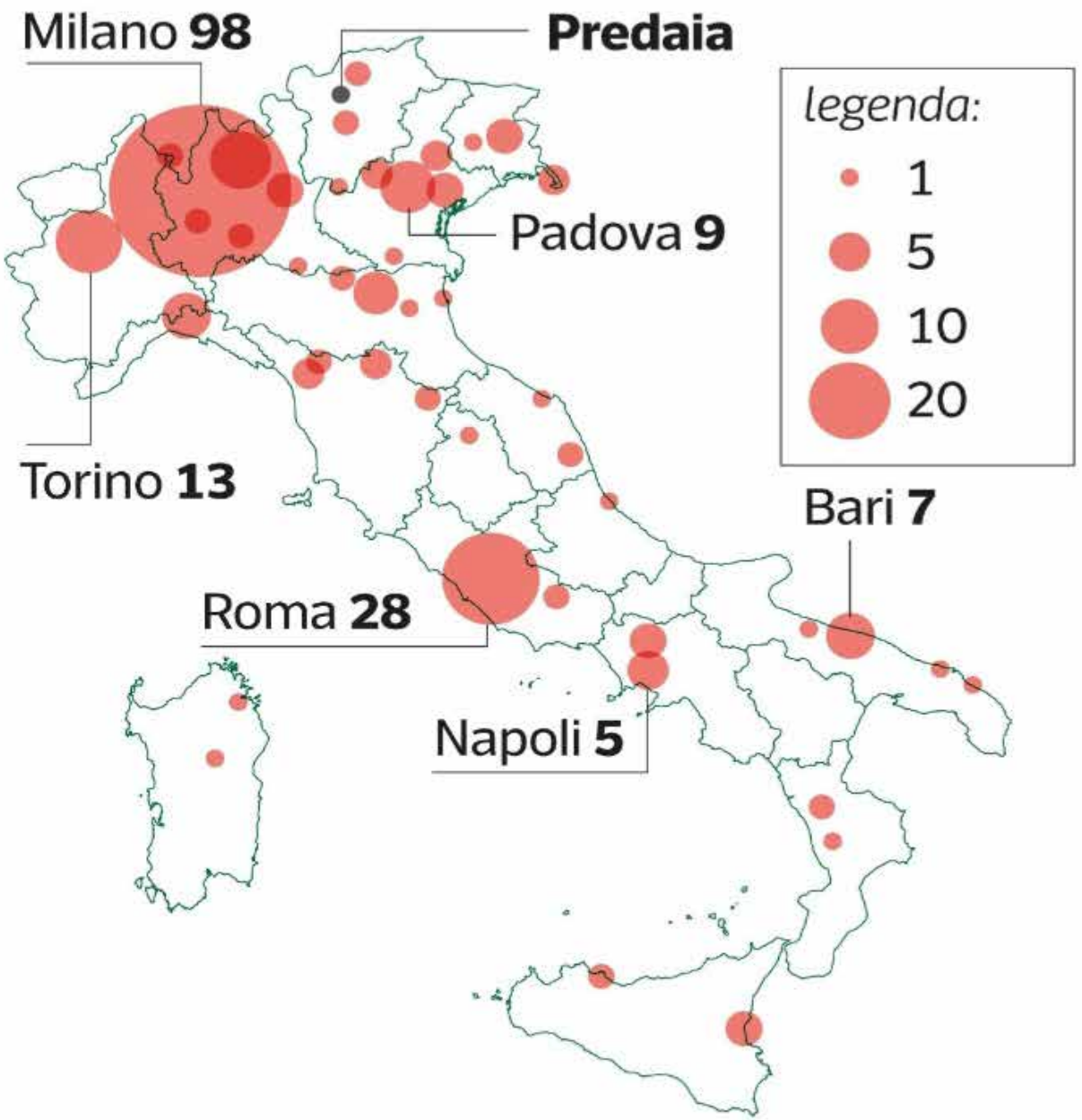
I Data Center in Italia

Il contesto territoriale e i risvolti ambientali



FONTE: testi ed elaborati tratti dalla tesi della Dott.ssa Carla Bonatti

LE AREE DEI DATA CENTER



Data Center tra i più grandi d’Italia

Il **data center di Noviglio**, in provincia di Milano è in fase di realizzazione come uno dei campus tecnologici e cloud hyperscale più grandi d'Italia.



Dati Principali

Estensione:

Circa **230.000 m²** di terreno totale, con una superficie coperta di circa **95.000 m²**.

Potenza:

Progettato per supportare decine di megawatt di carico IT (oltre 48 MW)

Impatto: L'opera è collegata alla rete elettrica nazionale tramite una sottostazione dedicata, ma ha sollevato dibattiti locali per il consumo di suolo agricolo.

7 Data Center tra i più grandi d'Italia

CUSAGO AL CENTRO DEL NUOVO POLO DEI DATA CENTER: INVESTIMENTO DA 4 MILIARDI E SETTE STRUTTURE TRA IL 2026 E IL 2033

FRANCESCO RUSSO — 10 AGOSTO 2026 CONDIVIDI SU:



Sette Data Center Cloud e IA

Secondo il Ministero, le nuove infrastrutture saranno destinate sia ai servizi di **colocation e connettività** per diversi operatori, sia a data center hyperscale capaci di sostenere i carichi di lavoro legati ai grandi operatori globali e all'intelligenza artificiale.
Il fabbisogno energetico del programma, sempre secondo quanto comunicato dal Mimit, dovrebbe essere coperto da fonti rinnovabili sulla base di uno specifico accordo già sottoscritto.

FONTE: https://ecodellacitta.it/cusago-data-center-equinix-4-miliardi-settimo-milanese/

L’impatto ambientale dell’ IA

Il consumo di acqua

L'acqua è essenziale per il funzionamento efficiente dei data center è fondamentale per molti sistemi di raffreddamento.

Secondo il **World Economic Forum (WEF)**, **un data center da 1 MW può utilizzare fino a 25,5 milioni di litri d'acqua all'anno solo per il raffreddamento**, equivalenti al consumo idrico giornaliero di circa **300.000 persone**.

Tutto ciò mette a dura prova le regioni circostanti, in particolare quelle che già soffrono di carenza idrica o in luoghi in cui sono presenti più data center a distanza ravvicinata. **Ad esempio, la Virginia (negli Stati Uniti) che ospita la più grande concentrazione di data center al mondo, ha visto il consumo di acqua aumentare da 1,13 miliardi di galloni ad 1,85 tra il 2019 ed il 2023.**

Nel contesto del **cambiamento climatico**, caratterizzato da **temperature medie sempre più elevate ed estati sempre più calde**, **unite alla scarsità d'acqua**, reperire risorse idriche, rappresenta una sfida da affrontare.

FONTE (https://techcrunch.com/2024/08/19/demand-for-ai-is-driving-data-center-water-consumption-sky-high/

Emissioni di CO_2 in aria dovute da 60 data center

Studio: dai 60 data center in costruzione negli Usa emissioni pari a quelle di 27 centrali a carbone



Analisi FT sui più grandi centri in fase di realizzazione per mano di Amazon, Microsoft, Google e Meta: produrranno circa il 7 per cento delle emissioni dell'anno scorso, corrispondenti anche a quelle rilasciate da 24 milioni di autovetture

FONTE: La Repubblica e https://climate.uchicago.edu/news/big-techs-data-centre-boom-poised-to-drive-up-carbon-emissions/

npj | climate action

https://doi.org/10.1038/s44168-026-00411-0

AI-driven productivity gains enable more CO_2 emissions than they avoid in a global energy–economy model

Check for updates

Will Alpine[1] ✉, Nathan Geldner[2], Holly Alpine[1] & Maksym G. Chepeliev[3]

In un modello globale di economia energetica, i guadagni di produttività derivanti dall'intelligenza artificiale consentono di generare più emissioni di CO di quante se ne evitino

https://doi.org/10.1038/s44168-026-00411-0

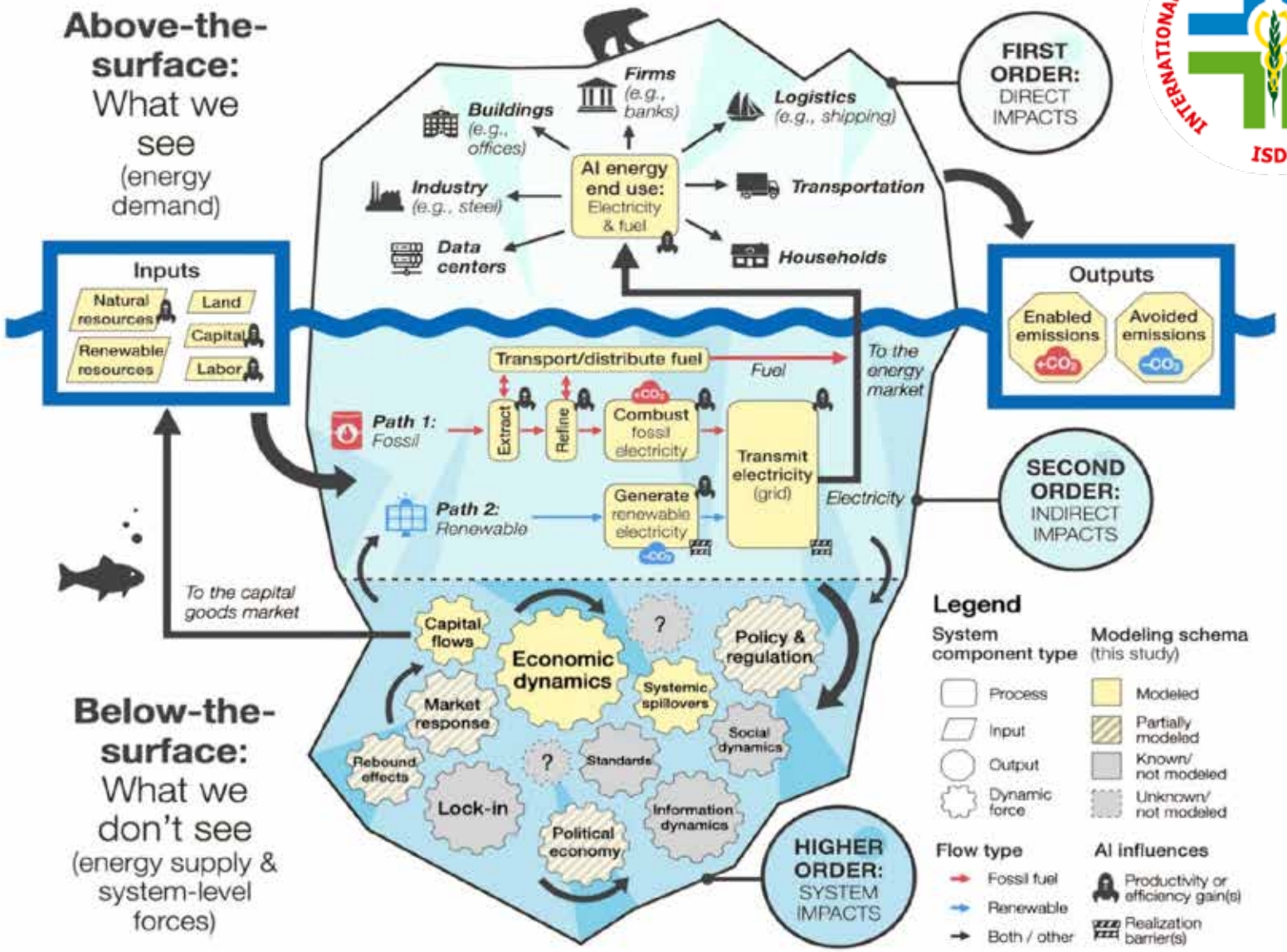


Fig. 1 | Conceptual systems diagram of AI–energy market dynamics across first-, second-, and higher-order effects. Modified Causal Loop Diagram[77] representing energy market dynamics across first-order (operational), second-order (avoided/enabled), and higher-order (amplification) effects. Technology is modeled as productivity shocks applied to competing energy pathways: Path 1 (fossil productivity gains) and Path 2 (renewables optimization). The diagram includes both modeled and unmodeled mechanisms to illustrate whole-system dynamics. Notable deployment barriers are indicated for system comprehension but not explicitly modeled. Element sizes are representative, not quantitative. Designer credit: Rachel Woods-Robinson

Data center di nuova generazione: l’esempio d Ginevra

Un data center di nuova generazione è situato a **Ginevra,** è una struttura sotterranea innovativa che riutilizza il 100% dell'energia consumata **per riscaldare fino a 6.000 abitazioni cittadine durante la stagione autunnale ed invernale.** La struttura si distingue per la sua capacità di recuperare completamente il calore generato dai server informatici. Le pompe di calore installate restituiranno una quantità di energia termica pari a quella dell’energia elettrica usata per far funzionare le macchine.

Questo sistema **permetterà di evitare la combustione di 2’785 tonnellate di CO2 equivalente di gas naturale all’anno o di 5’500 di pellet**.



FONTE: https://elettricomagazine.it/progetti-impianti-realizzazioni/data-center-infomaniak-ginevra-efficiente/

Europa 2026, 4 ondate di calore: almeno 35.000 morti in eccesso

Dati parziali indicano almeno 35.000 morti in eccesso durante quattro ondate di calore in Europa.

- I dati *provvisori* su circa metà del continente indicano almeno **35.000 morti in eccesso** durante **quattro ondate di calore** consecutive nell'Europa dell'estate 2026.
- La **Germania** stima circa **14.000 decessi legati al caldo** fra aprile e agosto; **Spagna** e Francia registrano rispettivamente 4.947 morti attribuite al caldo e 7.300 decessi in eccesso.
- L'**Italia** non ha ancora un totale nazionale: una modellazione stima **5.000-8.000 morti stagionali**, mentre molti Paesi devono consolidare agosto e il bilancio europeo può risultare *sensibilmente superiore*.

Alberi in città contro le isole di calore: i benefici

Quando il caldo estremo colpisce una città, cemento, asfalto e superfici impermeabili assorbono energia solare e la rilasciano lentamente, mantenendo temperature elevate anche durante la notte. È il fenomeno delle **isole di calore urbane**.

Gli alberi contribuiscono a contrastare il caldo grazie a due meccanismi fondamentali: **l'ombra prodotta dalle chiome e l'evapotraspirazione**, cioè il rilascio di acqua attraverso le foglie che contribuisce a raffreddare l'ambiente.

Il verde urbano offre molti benefici:

- riduce il caldo percepito
- migliora la qualità dell'aria
- favorisce la biodiversità
- rende le città più resilienti agli effetti della crisi climatica

FONTE: https://www.greenpeace.org/italy/storia/31576/alberi-in-citta/

Servono città più verdi per affrontare il clima che cambia

La crisi climatica richiede un nuovo modo di progettare le città. Piantare e prendersi cura degli alberi **non sostituisce la necessità di ridurre rapidamente e drasticamente le emissioni di gas serra**, ma rappresenta una delle risposte più immediate per adattarci all'aumento delle temperature.

Proteggere il verde urbano significa proteggere la salute delle persone, la biodiversità e la qualità della vita. **Gli alberi nelle nostre città sono una risposta concreta alla crisi climatica**: riducono il caldo, rendono gli spazi più vivibili e rafforzano la resilienza dei territori.

FONTE: https://www.greenpeace.org/italy/storia/31576/alberi-in-citta/

Verde urbano:
implementazione e gestione del verde



FONTE:https://www.pefc.it/cosa-facciamo/il-verde-urbano/verde-urbano

Una risposta alle isole di calore



https://blog.treedom.net/it/depaving


INTERNATIONAL SOCIETY OF DOCTORS FOR ENVIRONMENT
ISDE