



# Le infrastrutture al servizio dei Data Center e dell'AI

---

## *I Data Center, stato attuale e descrizione generale*

---

**Ing. Pier Franco Batzella**

*Membro della Commissione Data Center & Cloud*

*Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma*



*Roma, 22 gennaio 2026*



## AGENDA

- DESCRIZIONE DI UN DATA CENTER
- CLASSIFICAZIONE DI UN DATA CENTER
- COSA STA SUCCEDENDO NEI DC
- HPC, UN ESEMPIO NUMERICO DEL TREND IN ATTO
- TREND ECONOMICO ED ENERGETICO NEI DC ITALIANI
- EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI CONDIZIONAMENTO
- PERCHE' IL RAFFREDDAMENTO A LIQUIDO
- SOLUZIONI PER IL RAFFREDDAMENTO A LIQUIDO
- RAFFREDDAMENTO AD ARIA vs RAFFREDDAMENTO A LIQUIDO



## DESCRIZIONE DI UN DATA CENTER

### **Cos'è un Data Center**

Infrastruttura fisica che insieme ad una serie di infrastrutture di supporto elettriche e meccaniche garantisce il corretto funzionamento degli apparati IT necessari per il calcolo, l'archiviazione e il trasferimento delle informazioni



## DESCRIZIONE DI UN DATA CENTER

**Infrastruttura edile**

**Infrastruttura IT**

**Infrastruttura di comunicazione**

**Infrastruttura elettrica**

**Infrastruttura di back up e continuità**

**Infrastruttura meccanica (HVAC)**

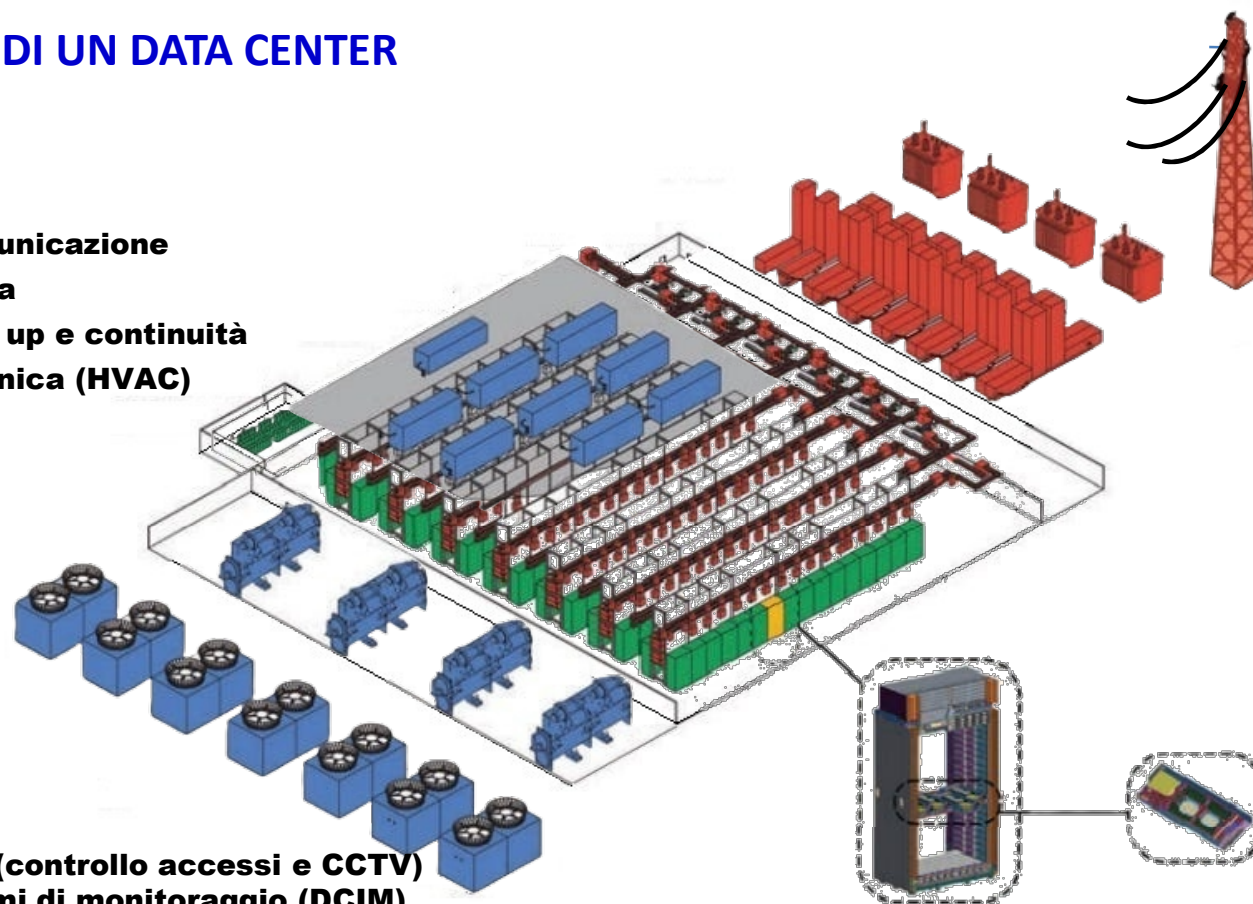
**Sistemi ausiliari**

**Sistema antincendio**

**Sistema di sicurezza (controllo accessi e CCTV)**

**Control Room e sistemi di monitoraggio (DCIM)**

**Area ricezione e preparazione apparati**





## CLASSIFICAZIONE DEI DATA CENTER

**Dimensione:** superficie in mq occupati, potenza in MW utilizzati

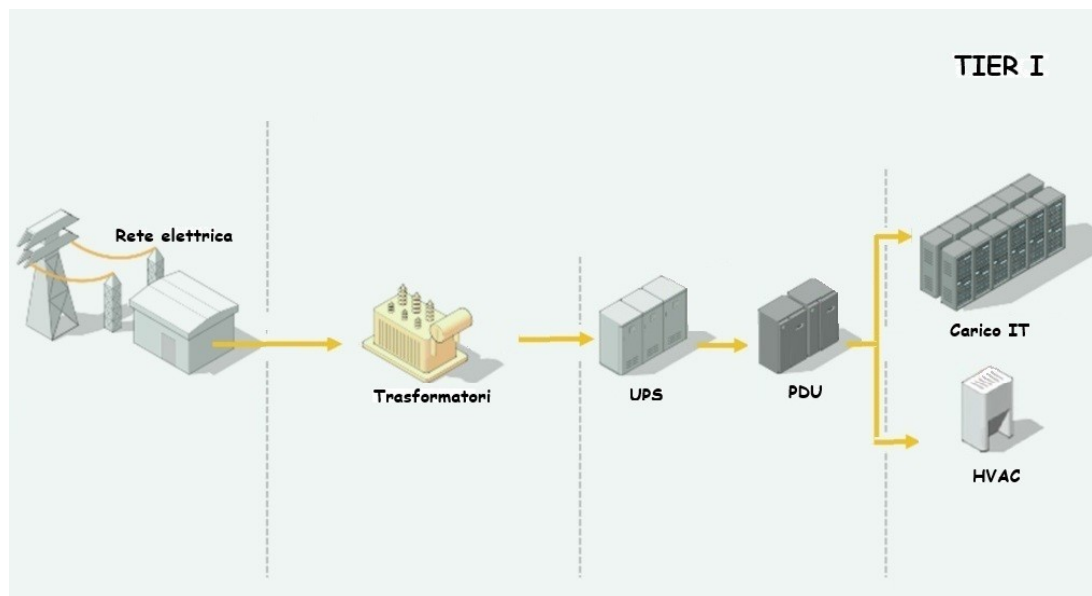
**Modalità d'uso:** On-premise, Co-location, Cloud DC

**Affidabilità:** Uptime Institute, ANSI-TIA 942, standard EN50600 e ISO 22237



## CLASSIFICAZIONE DEI DATA CENTER

uptime  
INSTITUTE



### TIER I

• soluzione per piccoli Data Center  
• singoli percorsi per power e HVAC  
• nessun sistema ridondato

99.671% uptime  
28,8 ore downtime



Ing. Pier Franco Batzella

I data center, stato attuale e descrizione generale

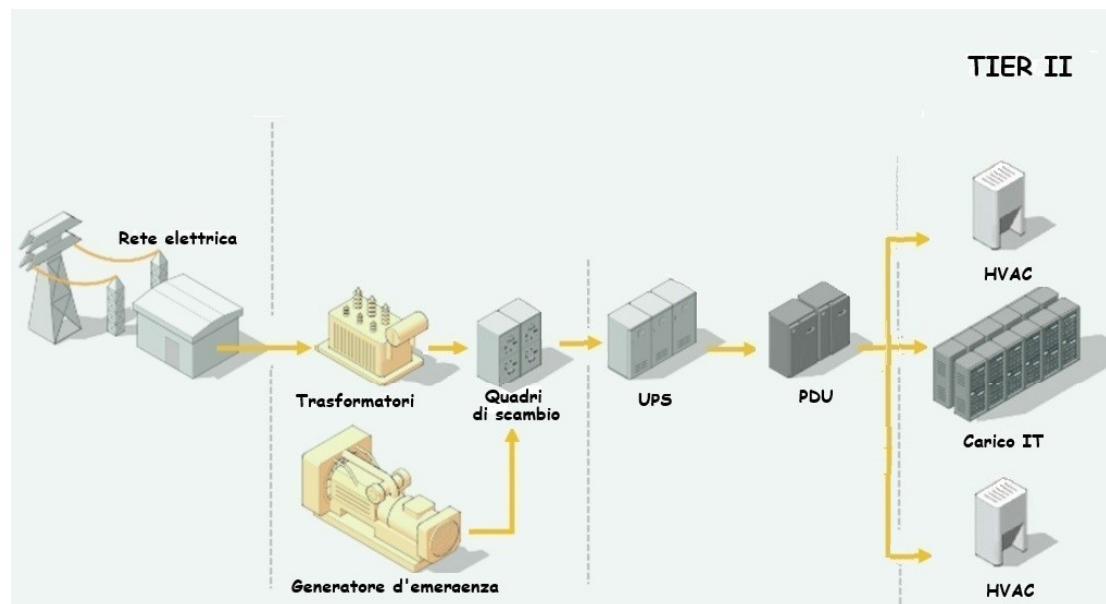
22 gennaio 2026

pag. 6



## CLASSIFICAZIONE DEI DATA CENTER

uptime  
INSTITUTE



Ing. Pier Franco Batzella

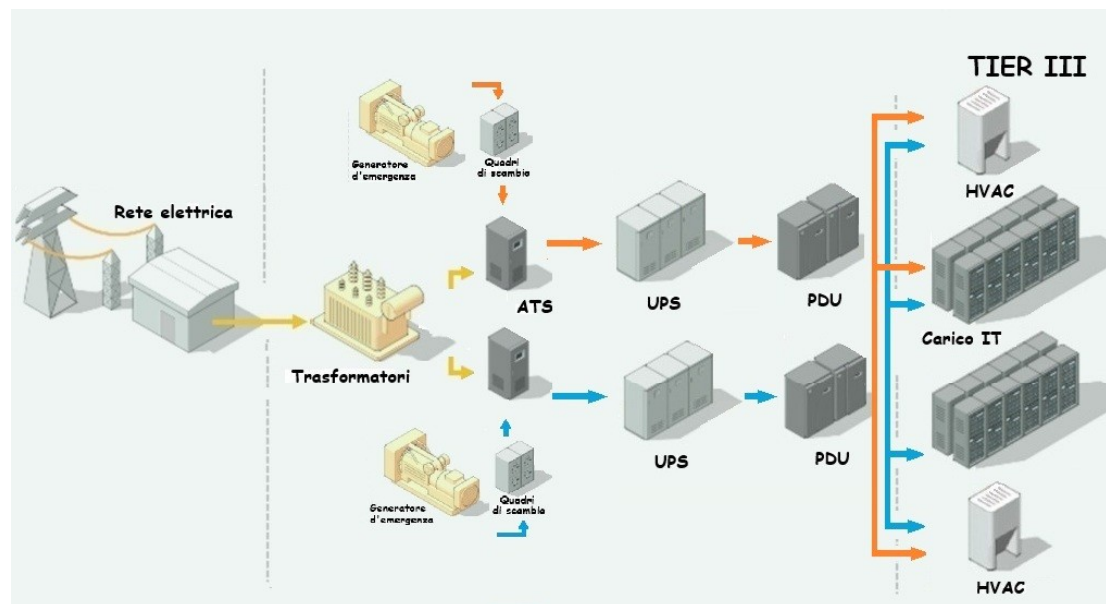
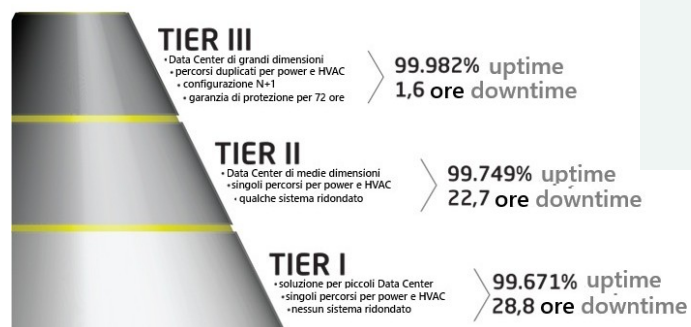
I data center, stato attuale e descrizione generale

22 gennaio 2026

pag. 7



## CLASSIFICAZIONE DEI DATA CENTER



Ing. Pier Franco Batzella

I data center, stato attuale e descrizione generale

22 gennaio 2026

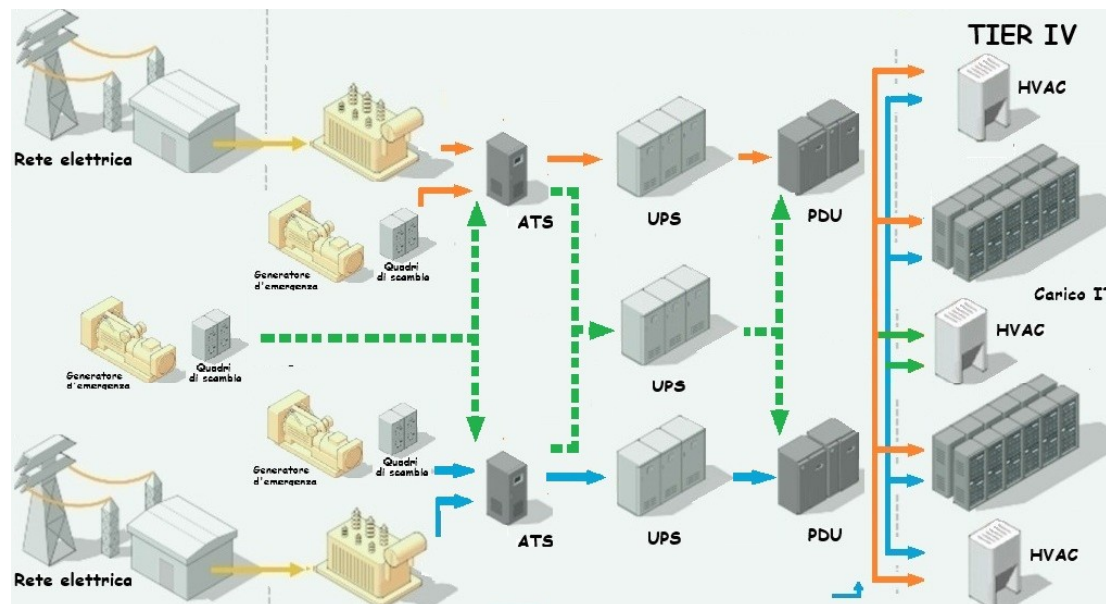
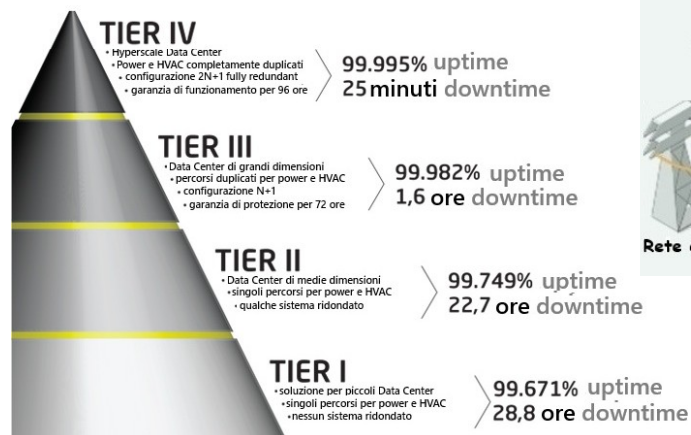
pag. 8





## CLASSIFICAZIONE DEI DATA CENTER

uptime  
INSTITUTE



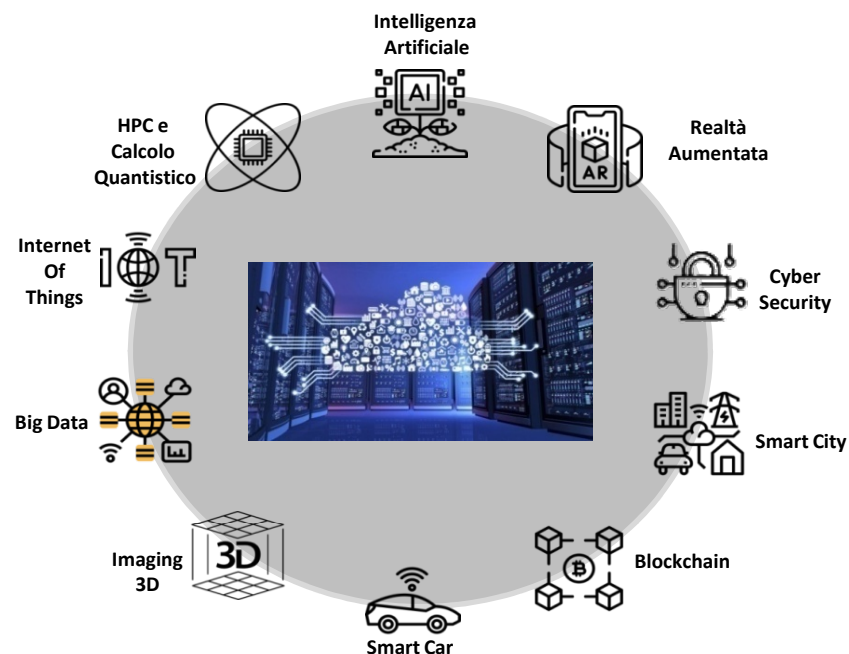
Ing. Pier Franco Batzella

I data center, stato attuale e descrizione generale

22 gennaio 2026

pag. 9

## COSA STA SUCCEDENDO NEI DC?



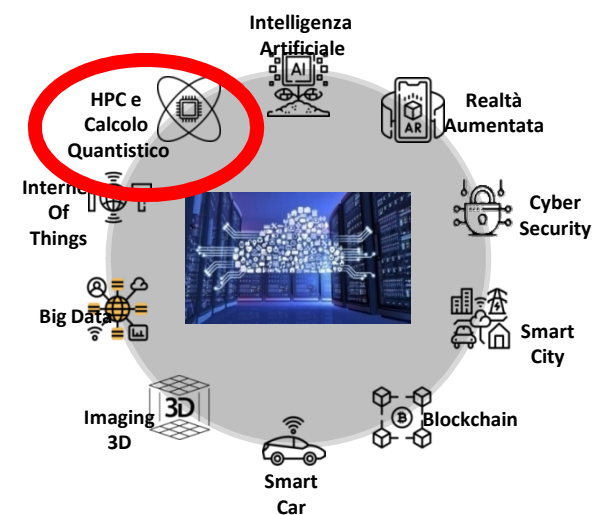
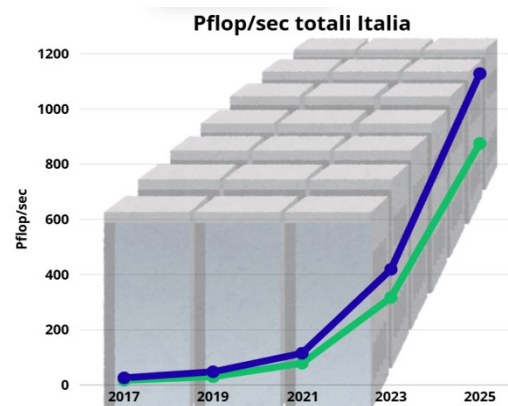
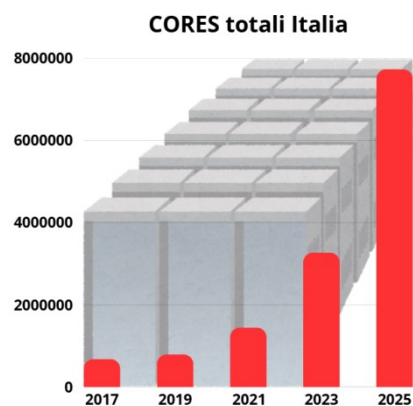
**La trasformazione digitale in atto richiede ai Data Center una forte modernizzazione** che è fondamentale per rispondere alle richieste tecnologiche che emergono da ogni ambito applicativo

- 1** ➤ Sempre maggiore connettività
- 2** ➤ Riduzione della latenza
- 3** ➤ Maggiori capacità elaborative
- 4** ➤ Infrastrutture sempre più numerose ed energivore



## HPC, UN ESEMPIO NUMERICO DEL TREND IN ATTO

- Il trend delle installazioni di supercomputer in Italia è in crescita esponenziale dal 2017
- Core installati nel 2017 erano circa 700K e sono diventati 7700K nel 2025
- La capacità elaborativa è cresciuta da circa 17 Pflop/sec ad oltre 1100 Pflop/sec nel 2025

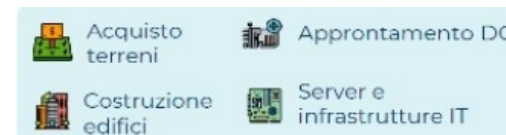


HPC6 di ENI – circa 600 Pflop/sec, oltre 14000 GPU

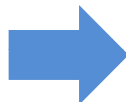


## LE INFRASTRUTTURE ABILITANTI IN ITALIA: TREND NEL PERIODO 2023-2025 - (1)

- previsione del valore investito nei data center per il triennio 2023-2025 oltre 10 mld €
- stato investimenti economici per i data center al termine del 2025 circa 7 mld € (68% del valore previsto)



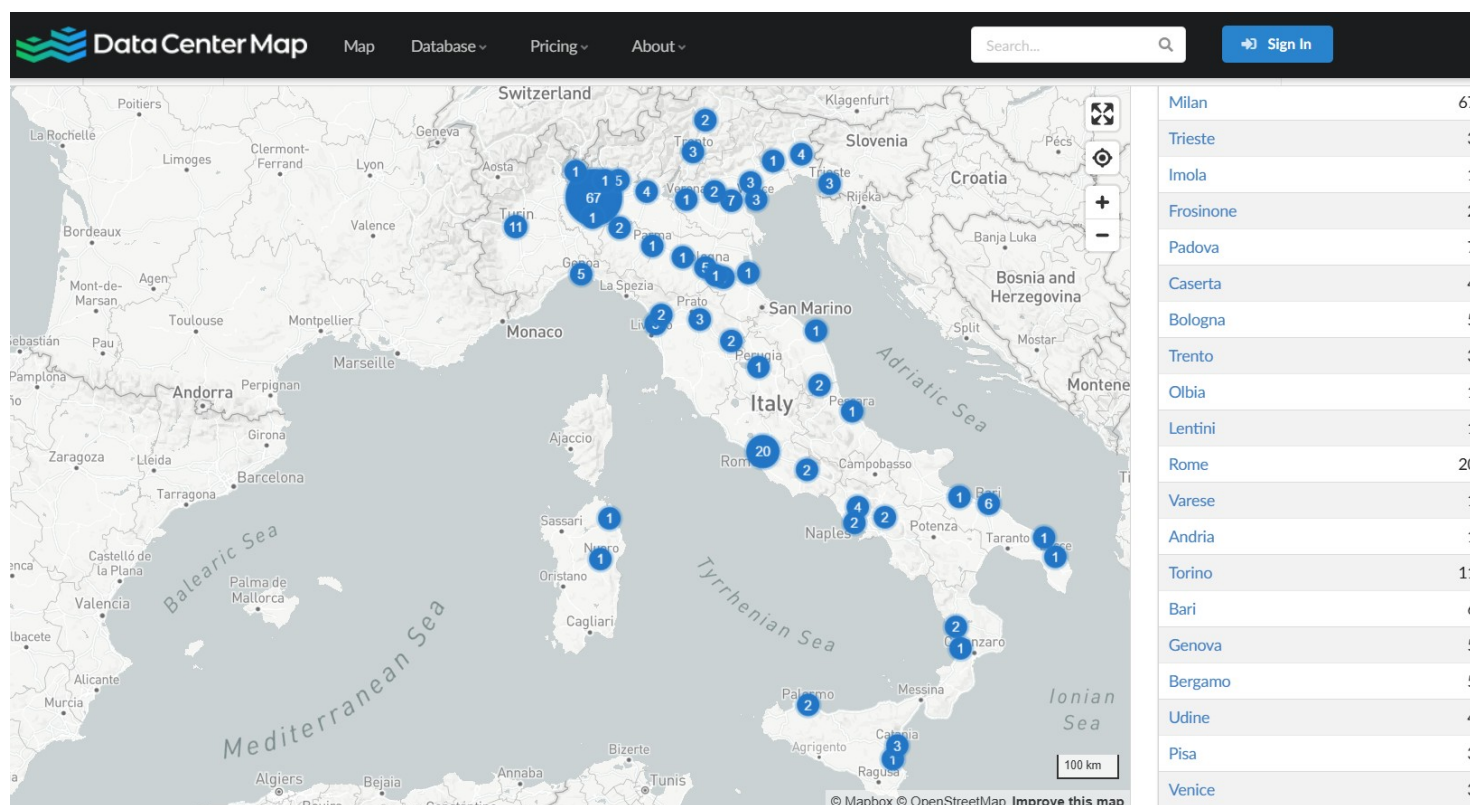
- crescita della potenza energetica nominale per i DC italiani del 39% (periodo 2023/2025)
- potenza totale installata in Italia di 609 MW IT.



- Milano si candida ad **Hub Data Center** Europeo (+23% investimenti infrastrutturali europei)
- Rallentamento degli investimenti nelle città **FLAPD**
- Spostamento verso mercati emergenti (**Italia, Spagna, Polonia e Paesi del Nord**)
- Per l'Italia **posizione strategica nel Mediterraneo** ma difficoltà energetiche
- Infrastrutture sempre più numerose ed energivore



## LE INFRASTRUTTURE ABILITANTI IN ITALIA: LA SITUAZIONE ODIERNA



Fonte: datacentermap.com



Ing. Pier Franco Batzella

I data center, stato attuale e descrizione generale

22 gennaio 2026

pag. 13



## IMPATTI AMBIENTALI E ESIGENZE DI RAFFREDDAMENTO



- dispersione di calore per **effetto Joule**
- circa **50% dell'energia utilizzata** in un data center va nel raffreddamento
- già oggi l'impatto ambientale dei DC è maggiore del **trasporto aereo civile**
- nel 2040 il **14% delle emissioni di carbonio** sul pianeta saranno di responsabilità dei data center.

**Al crescere delle potenze energetiche dovranno anche crescere le capacità degli impianti di condizionamento per rimuovere il calore prodotto dalle apparecchiature informatiche e garantire le condizioni di funzionamento ideali che sono richieste dai produttori**

- mercato globale dei sistemi di raffreddamento per DC valutato circa **21 mld \$** nel 2024
- mercato stimato in **crescita del 15%** annuale nel prossimo decennio
- raggiungerà nel 2034 circa **90 mld \$** (+428%)

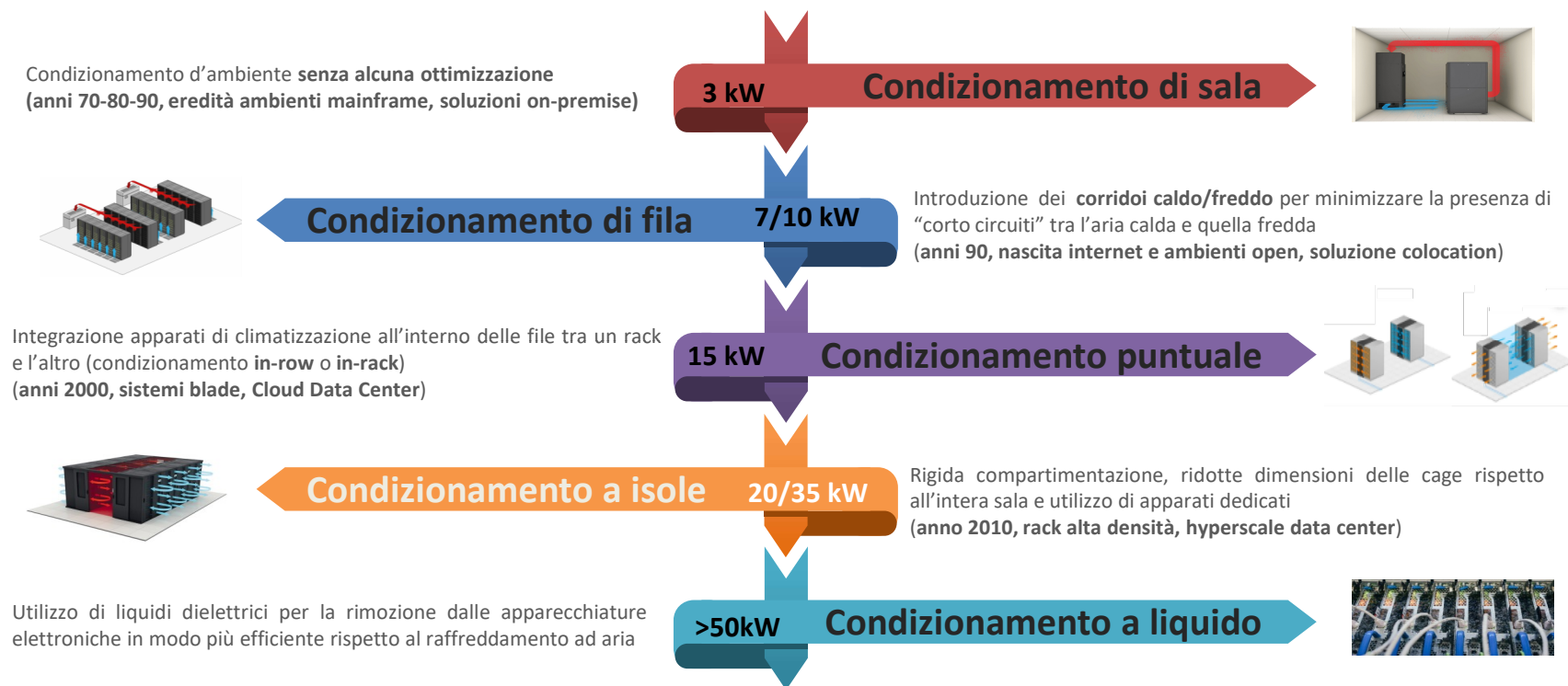


Fonte: Polaris Market Research





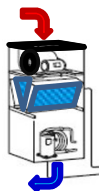
## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER





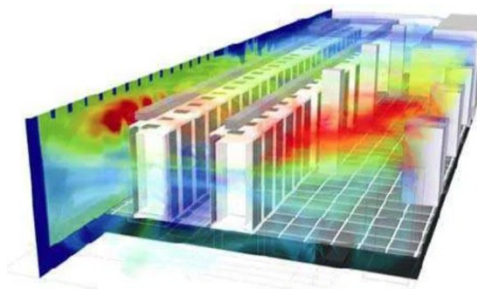
## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER – Condizionamento di sala

In questa configurazione, una serie di unità di refrigerazione o trattamento aria (CRAC o CRAH), vengono disposti in ambiente, generalmente poste lungo il perimetro della sala, attraverso le quali viene spinta l'aria fredda in ambiente, verso il basso (apparati UNDER) oppure verso l'alto (apparati OVER).



•**CRAC**, Computer Room Air Conditioner  
(contengono al loro interno il compressore)

•**CRAH**, Computer Room Air Handler  
(contengono solo apparati di ventilazione)



Se esiste il sottopavimento l'aria viene immessa attraverso griglie sul pavimento e recuperata dalle unità dall'alto.

**La configurazione mira a garantire un valore di temperatura e umidità costante in tutta la sala**

Principali problematiche:

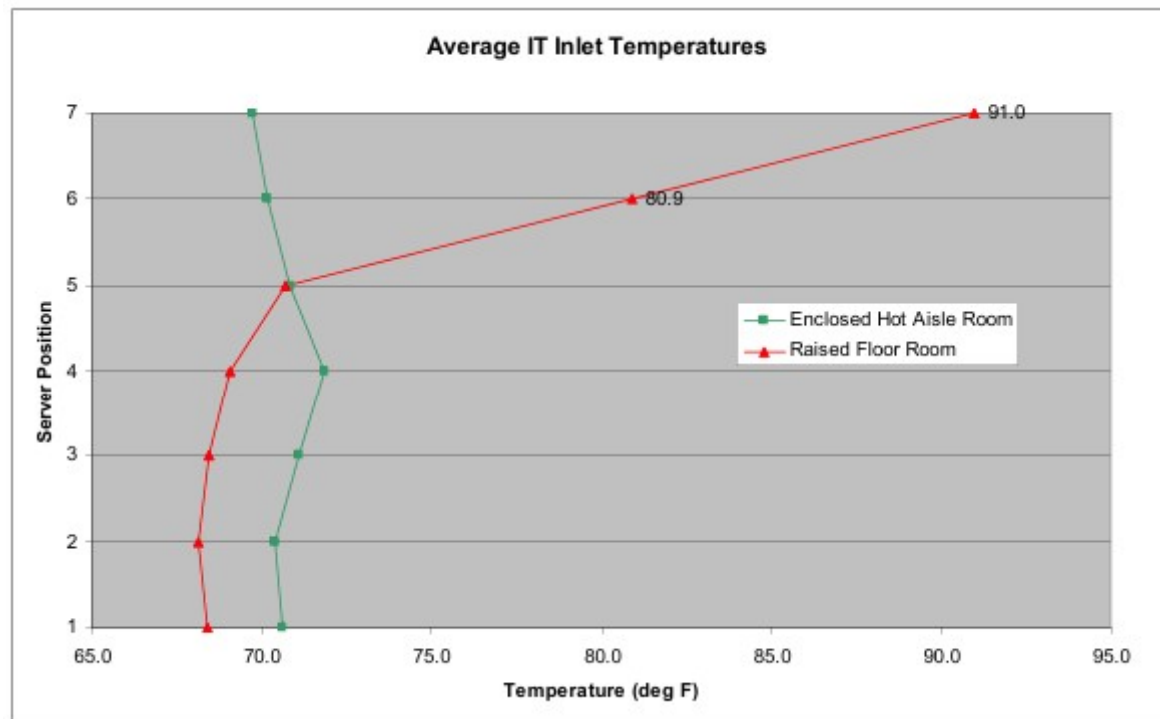
- Stratificazione**: si genera un gradiente termico dal basso verso l'alto che rende meno efficaci il raffreddamento della parte alta dei rack
- Ricircolazione**: I flussi di di aria calda e fredda vengono spesso a contatto tra loro generando temperature disomogenee e "sacche di calore"
- Inefficienza energetica**: obiettivo è la riduzione della temperatura di sala con grosso impegno energetico per gli impianti

**Soluzione impiantistica molto semplice ma ormai obsoleta e utilizzata soltanto in sale di ridotte dimensioni e per situazioni di ridotta potenza**





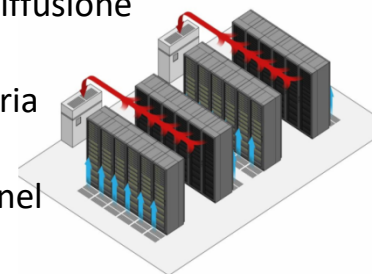
## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER – Condizionamento di sala





## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER – Condizionamento di fila - 1

- realizza un primo efficientamento del condizionamento di sala in concomitanza con la diffusione delle prime offerte di colocation per DC.
- i rack posizionati ordinatamente in file organizzate in **corrodoi freddi e caldi**, aspirano aria fredda dal fronte ed espellono l'aria calda dal retro,
- le unità di condizionamento, posizionate di fronte ai corridoi caldi, inviano l'aria fredda nel sottopavimento che, attraverso delle griglie raggiunge il fronte di aspirazione dei rack.
- l'aria calda viene espulsa verso l'alto e riaspirata dai CRAC o CRAH per il successivo trattamento.



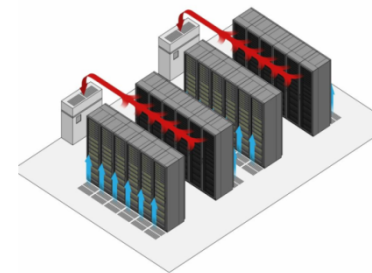
Questa configurazione con corridoi caldo/freddo **minimizza la presenza di “corto circuiti” tra l'aria calda e quella fredda** migliorando sensibilmente **l'efficienza degli impianti di condizionamento** in quanto i sistemi di ventilazione trasportano sempre aria fredda (prima dell'ingresso negli apparati) o aria calda (dopo la loro espulsione dagli apparati raffreddati) in maniera separata

La rigida separazione dei flussi di aria calda e da quella fredda evita perdite e ricircoli d'aria che può ritornare agli apparati di raffreddamento a temperatura più alta, **migliorando il  $\Delta T$  di funzionamento delle macchine**, e quindi la loro efficienza, e consente un utilizzo di valori di temperature dell'acqua più alti con notevoli risparmi energetici.



## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER – Condizionamento di fila - 2

Studi **ENERGY STAR** valutano che **la riduzione di 1°F può portare a riduzioni del 4-5 % del consumo energetico annuale**



**“Buone pratiche”** di esercizio per l’efficientamento:

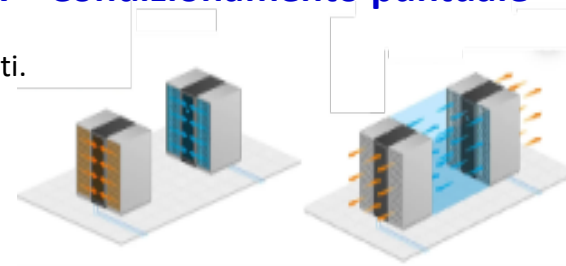
- **utilizzo di pannelli ciechi** all’interno dei rack
- **rimozione dei cablaggi obsoleti** ed il loro corretto posizionamento in maniera da ridurre il più possibile l’ostacolo al passaggio dei flussi di aria fredda nel sottopavimento
- **utilizzo di “spazzole”** per il passaggio dei cavi per eliminare le perdite di aria
- **rimozione delle griglie inutilizzate**
- **posizionamento delle prime griglie** ad almeno 2 metri di distanza dagli apparati di condizionamento per evitare risucchi d’aria

**Soluzione impiantistica che consente la gestione di rack fino a circa 10 kW di potenza**



## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER – Condizionamento puntuale

- l'apparizione dei Cloud Data Center porta all'esigenza di gestire rack sempre più potenti.
- I **sistemi blade** introducono alta densità energetica e richiedono soluzioni di raffreddamento dedicate
- sono possibili diverse situazioni
  - ✓ raffreddamento indipendente di tutto il rack (condizionamento in-rack)
  - ✓ apparati di climatizzazione disposti all'interno delle file tra un rack e l'altro (condizionamento in-row)



condizionatore in-row ad acqua refrigerata



condizionatore in-row ad espansione diretta



rack condizionato ad acqua refrigerata o ad espansione diretta

Si affermano sul mercato diverse soluzioni tecnologiche e la scelta più performante è influenzata da fattori che vanno dalla potenza delle singole macchine presenti nel rack, dalla numerosità delle macchine ad alta densità, ed alla densità di potenza imposta dalle caratteristiche degli apparati.

Principali problematiche:

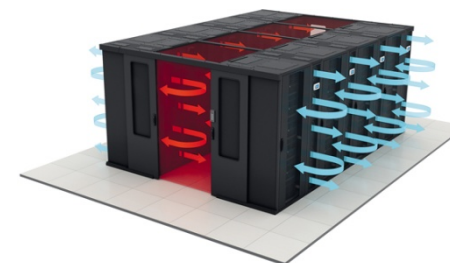
- **Adeguamenti impiantistici:** è necessario portare l'infrastruttura idraulica nei pressi del rack

**Soluzione impiantistica consente di gestire picchi di potenza di rack intorno ai 15 kW**



## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER – Condizionamento a isole -1

- nell'architettura ad isole le tecniche precedenti sono combinate in piccoli spazi severamente compartimentati.
- i rack vengono posizionati secondo i principi del condizionamento a file separando rigidamente i flussi di aria calda da quelli di aria fredda massimizzando l'efficienza delle unità di condizionamento e integrando sistemi di condizionamento puntuale, **realizzando configurazioni ibride**
- soluzioni di raffreddamento devono garantire **potenze di refrigerazione concentrate per apparati ad alta densità energetica**
- **sistemi di monitoraggio e controllo garantiscono il funzionamento efficiente degli apparati di climatizzazione** all'interno delle cage, arrivando a gestire, oltre all'umidità e temperatura, velocità delle ventole e pressione dell'aria mantenendo il **controllo istantaneo di tutti i parametri climatici** di funzionamento
- ottimizzazione del valore del PUE (**Power Usage Effectiveness**)

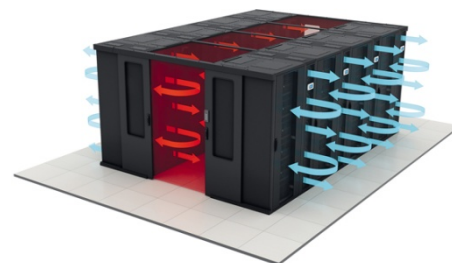


$$PUE = \frac{P_T}{P_{IT}}$$



## EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER – Condizionamento a isole -2

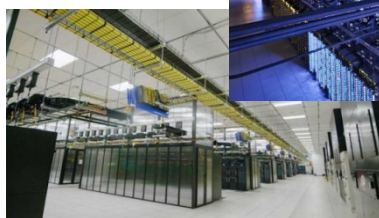
Nel **2006 GOOGLE** realizza il primo **Hyperscale Data Center** (elevata scalabilità, altissima numerosità degli apparati e richiesta di potenza elevata)



**Soluzione impiantistica consente di gestire rack di oltre 25 kW di potenza**

- Esigenze di potenza continuano a crescere
- Maggio 2025 Microsoft, Meta e Google nell'ambito della OCP (Open Compute Project Foundation), presentano le specifiche del **progetto Mt. DIABLO per una architettura specializzata per l'IA**, che promette potenze per rack scalabili da 100 kW **fino a 1 MW!!!**, basandosi su architetture di alimentazione in CC con separazione della componente infrastrutturale energetica da quella informatica

**Il raffreddamento a liquido non è più un'opzione!**



Data Center Google

Data Center Meta



## PERCHE' IL RAFFREDDAMENTO A LIQUIDO

**Negli ultimi 15 anni l'assorbimento in Watt dei DC è decuplicato** per la crescita della potenza degli alimentatori dei server.

- **Thermal Design Power (TDP)**, la quantità di calore dissipato da un chip, nei processori di fascia alta per server ha superato i 200W
- richiesta sempre crescente di capacità di calcolo degli algoritmi di intelligenza artificiale
- ulteriori esigenze di potenza per l'adozione di GPU nei server per eseguire calcoli scientifici ha portato il calore da dissipare a valori dell'ordine di **1,5 kW solo per le esigenze di processori e GPU.**

**In queste condizioni i sistemi di raffreddamento ad aria mostrano i loro limiti:**

- potenze installate nei rack elevate (>25kW)
- consumi elevati di energia e acqua
- aumento del rumore al crescere della potenza dei sistemi di ventilazione
- scalabilità inefficiente e più costosa

## TECNOLOGIA A LIQUIDO

### **Vantaggi :**

- estremamente efficiente (conducibilità termica dei fluidi maggiore di 3 ordini di grandezza rispetto all'aria)
- minori consumi di energia

### **Limitazioni:**

- costi iniziali elevati per HW e infrastrutture
- adeguamento dei DC complessi e costosi
- nuove specializzazioni per il personale



## SOLUZIONI PER IL RAFFREDDAMENTO A LIQUIDO

Le soluzioni per il raffreddamento a liquido per le quali si dovrà provvedere all'integrazione saranno caratterizzate da tre scenari.

- **Scambiatori di calore per porte posteriori:** gli scambiatori di calore passivi o attivi sostituiscono lo sportello posteriore del rack per apparecchiature IT con uno scambiatore di calore liquido.

- **Raffreddamento a liquido diretto su chip:** le piastre di raffreddamento diretto su chip si trovano sopra i componenti che generano calore della scheda e permettono di dissipare il calore attraverso piastre di raffreddamento monofase o unità di evaporazione bifase

- **Raffreddamento a immersione:** i sistemi di raffreddamento a immersione monofase e bifase sommergono server e altri componenti nel rack in un liquido o fluido dielettrico termicamente conduttivo, eliminando la necessità di raffreddamento ad aria.



La massima efficienza si ottiene con l'implementazione completa del raffreddamento a liquido del data center, mentre nel raffreddamento direct-to-chip, solo circa il 75% del carico può essere raffreddato efficacemente mentre il rimanente deve essere rimosso tramite sistemi ad aria. Il raffreddamento a liquido può consentire l'utilizzo di temperature più elevate dell'acqua refrigerata e dell'aria di mandata massimizzando l'efficienza dell'infrastruttura del sito.





## RAFFREDDAMENTO AD ARIA vs RAFFREDDAMENTO A LIQUIDO

Caratteristica	Raffreddamento ad aria	Raffreddamento a liquido
<b>Efficienza di raffreddamento</b>	Efficienza moderata	Altissima efficienza (fino a 3.000 volte migliore)
<b>Supporto densità rack</b>	Ideale per rack < 20 kW	Ideale per rack di potenza >20 kW e ad alta densità
<b>Capex</b>	Costi iniziali più bassi	Investimento iniziale più elevato
<b>Opex</b>	Costi energetici correnti più elevati	Minore consumo di energia nel tempo
<b>Manutenzione</b>	Semplice	Richiede formazione e competenze specialistiche
<b>Spazio e rumore</b>	Rumoroso e occupa molto spazio	Più silenzioso e compatto
<b>Sostenibilità</b>	Maggiore consumo di acqua ed energia	Più ecologico con un consumo ridotto di risorse
<b>Complessità</b>	Più facile da installare e utilizzare	Più complesso da configurare e gestire



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

**Ing. Pier Franco Batzella**  
p.batzella@alice.it



Ing. Pier Franco Batzella

I data center, stato attuale e descrizione generale

22 gennaio 2026

pag. 26