

PROPOSTA PER IL BOOM DEI DATA CENTER: INTERRATI O IN EX MINIERE E CAVE VANTAGGI AMBIENTALI, ECONOMICI E DI SICUREZZA

■ Abstract / Sintesi introduttiva

Il boom dell'Intelligenza Artificiale, del cloud e dei video a 4/8 K, unitamente all'incremento del traffico dati in generale, sta imponendo una diffusione senza precedenti di Data Center. Vengono realizzati in superficie su aree molto ampie e sono già responsabili da soli del 3% dei consumi elettrici dell'Unione Europea, oltre che di pesanti impatti su suolo e paesaggio. In base ad una analisi fondata su elementi scientifici, tecnici ed economici, proponiamo un cambio di paradigma: trasferire queste infrastrutture nel sottosuolo, riutilizzando dove possibile anche miniere e cave dismesse.

La via sotterranea azzerava il consumo di suolo e taglia i costi di raffreddamento del 30-40% grazie alla temperatura naturale della terra, portando l'efficienza energetica (PUE) sotto il valore di 1.15 e azzerando i consumi idrici per il raffreddamento dei server. A fronte di investimenti iniziali superiori del 30%, i minori costi operativi garantiscono il rientro economico in 7-10 anni.

La strategia permette inoltre di superare le legittime proteste locali e rispettare i severi vincoli della Direttiva UE 2023/1791. Proponiamo con forza una governance coordinata tra Stato, Regioni e Comuni della rete ANCI attraverso una legge quadro per incentivare i Data Center ipogei (cioè sotterranei), alleando finalmente transizione digitale e tutela dell'ambiente.

■ 1. Il boom dei Data Center, situazione

Lo sviluppo digitale globale richiede una capacità di calcolo e di archiviazione dati senza precedenti. Secondo i report della Commissione Europea, i Data Center situati all'interno dell'Unione Europea consumavano al 2025 circa **100 TWh di energia elettrica**, una quota pari a quasi il **3% della domanda elettrica totale della UE**, con proiezioni di crescita vertiginose. Questa espansione esponenziale si scontra con limiti fisici, ambientali e sociali sempre più stringenti.

La proliferazione dei Data Center tradizionali in superficie genera forti preoccupazioni legate all'occupazione del territorio, all'enorme domanda energetica, al consumo di risorsa idrica e all'impatto paesaggistico.

In questo scenario avanziamo una **proposta radicale, ma tecnologicamente matura: dislocare i Data Center nel sottosuolo**. Questo cambio di paradigma infrastrutturale risponde alla necessità di coniugare la transizione digitale con la sostenibilità ecologica e la sicurezza strategica, trasformando un potenziale elemento di crisi territoriale in un modello di efficienza e avanguardia tecnologica.

■ 2. Data Center nel sottosuolo, scelta strategica

Il cuore pulsante dell'economia digitale contemporanea risiede nei Data Center, infrastrutture massicce che ospitano migliaia di server in costante funzione. Fino a oggi, la prassi costruttiva ha privilegiato grandi complessi di superficie, scatole di cemento e acciaio che sottraggono spazio all'agricoltura, al verde o alla riqualificazione urbana. Sono in crescita esponenziale.

La proposta di spostare i Data Center sottoterra rappresenta una svolta strategica. Utilizzare la terza dimensione, quella verticale e profonda, permette di liberare la superficie e di sfruttare le caratteristiche termiche e protettive naturali della terra.

Non si tratta di una visione utopistica, ma di una concreta soluzione ingegneristica già applicata in contesti mondiali e pienamente esportabile su scala industriale. Portare i server sotto la crosta terrestre significa ridefinire il concetto stesso di infrastruttura critica, rendendola invisibile all'esterno, ma straordinariamente efficiente all'interno.

■ 3. Perché conviene: allo Stato, alle comunità, ai gestori

Le ragioni tecnico-scientifiche che supportano la scelta ipogea si articolano su tre pilastri fondamentali: il consumo di suolo zero, il drastico abbattimento dei consumi energetici e idrici, l'innalzamento dei livelli di sicurezza (si veda la scheda allegata con i riferimenti scientifici e tecnici).

Il primo e più evidente vantaggio è **l'azzeramento del consumo di suolo**. I Data Center tradizionali di tipo "hyperscale" richiedono distese di territorio che superano frequentemente i 50.000 metri quadrati per singolo impianto, aree che vengono irreversibilmente impermeabilizzate. La soluzione sotterranea elimina questo impatto, preservando la biodiversità superficiale, la permeabilità dei terreni e il valore paesaggistico del territorio.

Il secondo beneficio riguarda **l'efficienza energetica**. I Data Center di superficie spendono quasi la metà della loro energia solo per evitare il surriscaldamento dei server attraverso mastodontici impianti di climatizzazione. Il sottosuolo, al contrario, gode di una temperatura costante e naturalmente fresca durante tutto l'anno (compresa generalmente tra i 10°C e i 15°C a seconda della profondità e della latitudine).

Gli studi di settore dimostrano che un Data Center sotterraneo può registrare una riduzione dei consumi energetici legati al raffreddamento compresa tra il 30% e il 40% rispetto a una struttura equivalente all'aperto. Questo si traduce in una forte contrazione dell'indice PUE (Power Usage Effectiveness), il parametro internazionale che misura l'efficienza energetica delle infrastrutture di Information Technology (IT). Mentre la media globale dei Data Center di superficie si attesta intorno a un PUE di 1.55, le strutture ipogee riescono stabilmente a scendere sotto il valore di 1.15, avvicinandosi sensibilmente al valore ideale di 1.0.

Il terzo pilastro è la **sicurezza strategica**. Collocare i server sotto metri di terra, o roccia o cemento offre una protezione nativa e insuperabile contro minacce esogene. I Data Center sotterranei sono intrinsecamente protetti da eventi climatici estremi (tornado, alluvioni superficiali, ondate di calore anomale), da attacchi vandalici, atti di terrorismo o incidenti aerei. La stabilità strutturale delle cavità

sotterranee riduce inoltre i rischi legati alle interferenze elettromagnetiche esterne, garantendo una continuità operativa digitale superiore a qualsiasi impianto in superficie.

■ 4. Dove realizzare i Data Center: opportunità nel sottosuolo

La fattibilità di questa proposta poggia sull'esistenza di un vasto patrimonio ipogeo esistente o sulla possibilità di scavo mirato. Le opzioni di localizzazione si dividono in tre categorie principali:

- **Sottosuolo delle aree metropolitane:** Per rispondere alla domanda di bassa latenza (inferiore ai 5-10 millisecondi), necessaria per i servizi digitali in tempo reale e il cloud computazionale urbano, molti Data Center devono sorgere vicini ai centri urbani. Lo scavo ex novo nel sottosuolo delle grandi città (sfruttando aree industriali dismesse come punti preferenziali di accesso) consente di installare infrastrutture "Edge" e "Core" senza gravare sui piani urbanistici di superficie, integrandosi con le reti di trasporto e di sottoservizi già esistenti. Sopra la struttura ipogea può auspicabilmente essere realizzato un parco urbano attrezzato.
- **Miniere abbandonate:** I complessi minerari dismessi rappresentano una risorsa straordinaria. Le gallerie e le camere di coltivazione offrono già volumi immensi pronti per essere riconvertiti. L'Italia dispone di centinaia di siti minerari non più attivi che, opportunamente bonificati e consolidati, possono trasformarsi in cittadelle tecnologiche, ridando vita economica a territori storicamente legati all'estrazione. Esistono già esempi funzionanti.
- **Cave dismesse:** Le ex cave, in particolare quelle in sotterraneo o a pozzo profondo, offrono spazi ampi e moduli geometricamente regolari. Il loro riutilizzo evita costose opere di riempimento e riduce l'impatto visivo delle ferite lasciate nel paesaggio dalle passate attività estrattive. Anche in questo caso, in superficie può essere realizzato un parco fruibile.

■ 5. Data Center nel sottosuolo e consumo idrico

Un tema spesso al centro dei dibattiti ambientali è l'enorme prelievo di acqua da parte dei sistemi di raffreddamento usati dai Data Center. Secondo le metriche standard, l'efficienza idrica viene misurata dall'indice WUE (Water Usage Effectiveness), che esprime in litri di acqua consumati per ogni kilowattora (l/kWh) dalle apparecchiature di Information Technology. Molti impianti di superficie tradizionali registrano un WUE superiore a 1.8 l/kWh.

È essenziale fare chiarezza scientifica su questo punto, distinguendo chiaramente tra il concetto di "utilizzo" e quello di "consumo".

I Data Center non consumano l'acqua nel senso di farla sparire dal ciclo idrico o di contaminarla chimicamente. L'acqua viene impiegata come vettore termico all'interno di circuiti di raffreddamento. Nei sistemi quasi sempre utilizzati, "evaporativi a circuito aperto", si registra una parziale ma significativa perdita dovuta all'evaporazione.

Nei Data Center sotterranei, la stabilità termica dell'ambiente circostante riduce drasticamente la necessità di ricorrere al raffreddamento evaporativo, portando il WUE vicino allo 0 l/kWh. È possibile sfruttare l'acqua di falda superficiale (inadatta all'uso potabile) o l'acqua presente nelle miniere allagate per scambi termici diretti (geotermia a bassa entalpia), in piena conformità con la normativa sulle

acque, restituendola all'ambiente alla stessa qualità originaria e con variazioni termiche minime e controllate. Il sottosuolo ottimizza la gestione idrica, trasformando il prelievo in un flusso sostenibile.

■ 6. Costi sostenibili perché: analisi di lungo termine

Una delle principali obiezioni alla realizzazione di opere sotterranee riguarda l'entità degli investimenti iniziali. È un dato di fatto: realizzare un Data Center ipogeo richiede un investimento iniziale (CapEx) superiore di circa il 30% rispetto a una struttura standard di superficie. Questo incremento è dovuto principalmente ai costi di scavo, consolidamento delle pareti, impermeabilizzazione avanzata e logistica di cantiere in ambienti confinati.

Tuttavia, un'analisi economica corretta non può limitarsi al costo di costruzione, ma deve valutare il ciclo di vita complessivo dell'opera (Life Cycle Costing). L'extra-costo del 30% viene ammortizzato e ampiamente recuperato nel medio-lungo termine grazie al crollo dei costi operativi (OpEx).

Il risparmio energetico sul raffreddamento riduce drasticamente le bollette elettriche quotidiane. Inoltre, le strutture sotterranee subiscono un minor logorio da agenti atmosferici, abbattendo le spese di manutenzione edile esterna. Anche i costi assicurativi e di vigilanza legati ai rischi di danneggiamento da eventi meteo o attacchi esterni risultano fortemente inferiori.

Il ritorno sull'investimento (ROI) si realizza generalmente entro i primi 5-7 anni di esercizio, rendendo il Data Center sotterraneo un'opzione finanziariamente più solida e redditizia nel lungo periodo, considerando che il ciclo di vita di un'infrastruttura di questo tipo supera i 20-25 anni.

■ 7. Proteste, istanze e governance: a chi chiedere, cosa fare

La crescente insofferenza delle comunità locali verso i mega Data Center di superficie impone una riflessione sulla governance territoriale. I cittadini protestano contro l'impatto visivo, l'uso eccessivo della risorsa idrica, il rumore dei macro-ventilatori e la pressione sulle reti elettriche locali. Per incanalare costruttivamente queste istanze e promuovere il modello ipogeo, è necessario attivare una filiera istituzionale chiara, che veda la collaborazione tra Comuni, Regioni e Stato, muovendosi all'interno del quadro giuridico nazionale ed europeo.

A livello sovranazionale, il punto di riferimento è la Direttiva UE 2023/1791 sull'efficienza energetica (EED), che impone obblighi stringenti di rendicontazione delle prestazioni ambientali per i Data Center con una potenza nominale superiore a 500 kW. Il modello ipogeo rappresenta lo strumento ideale per conformarsi a tali rigidi requisiti europei.

L'istanza per limitare o regolamentare la costruzione dei Data Center in superficie, indirizzandoli verso il sottosuolo, deve muoversi su **tre livelli amministrativi**:

- **I Comuni e la rete ANCI:** I Comuni sono i primi a subire le pressioni dei costruttori e le proteste dei residenti. Da soli, i singoli municipi rischiano di non avere la forza contrattuale o le competenze tecniche per imporre vincoli stringenti nei loro Piani di Governo del Territorio (PGT) o strumenti urbanistici comunali. Attraverso il D.P.R. 380/2001 (Testo Unico Edilizia), i Comuni regolano l'attività costruttiva, ma necessitano di un coordinamento superiore. Per questo mo-

tivo, le amministrazioni locali devono a nostro avviso fare rete attraverso l'ANCI (Associazione Nazionale Comuni Italiani). L'ANCI può sollevare il problema a livello nazionale, elaborare linee guida urbanistiche comuni e richiedere varianti strutturali che avvantaggino l'opzione ipogea tramite la leva degli oneri di urbanizzazione differenziati.

- **Le Regioni:** Le Regioni hanno una competenza concorrente in materia di governo del territorio e di energia, come sancito dall'Articolo 117 della Costituzione Italiana. Hanno il potere di mappare le cave e le miniere dismesse presenti sul proprio territorio, istituendo un catasto delle aree idonee allo sviluppo digitale sotterraneo. Le Regioni possono approvare leggi regionali di tutela del suolo (in linea con l'obiettivo europeo del saldo netto di consumo di suolo zero entro il 2050) che disincentivino l'uso di suolo agricolo o verde per scopi infrastrutturali IT. Contemporaneamente, le Regioni possono farsi promotrici di una richiesta formale verso il governo centrale per una normativa quadro.
- **Lo Stato:** L'intervento dello Stato è cruciale per definire i Data Center come infrastrutture strategiche nazionali **a certe condizioni**. Il legislatore statale, operando in armonia con il D.Lgs. 152/2006 (Codice dell'Ambiente), ha la facoltà di varare una legge quadro che imponga la Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) su base nazionale obbligatoria per i Data Center che superino determinate soglie di potenza elettrica impegnata (es. 10 MW). Lo Stato può introdurre incentivi fiscali — come sgravi sulle accise energetiche o crediti d'imposta sugli investimenti di scavo e consolidamento — per le aziende che scelgono la via sotterranea. Una normativa statale chiara eviterebbe la frammentazione delle regole locali, offrendo un quadro giuridico certo agli investitori e tutelando in modo uniforme il patrimonio ambientale e paesaggistico del Paese.

Solo attraverso un'azione sinergica e coordinata tra i vari livelli dello Stato sarà possibile governare la transizione digitale, trasformando la necessità di nuove infrastrutture in una opportunità di rigenerazione e protezione del territorio attraverso la via dei Data Center sotterranei.

■ **Nota su questo documento e sugli autori**

Questa relazione è stata stesa da un gruppo di lavoro composto da cinque professionisti: ingegnere elettronico, ingegnere informatico, esperto di marketing territoriale, esperto in comunicazione, esperto di funzione pubblica amministrativa.

Per ragioni varie, prevalentemente contrattuali con i rispettivi datori di lavoro, i cinque autori non possono comparire e firmare.

Questo documento, di conseguenza, è da intendersi come una qualificata ma informale proposta indicativa formulata dalla presente Associazione di cittadini.

■ **IN ALLEGATO: APPENDICE / RIFERIMENTI TECNICO-SCIENTIFICI UTILIZZATI E FONTI**

Settembre 2026

© Pubblicazione integrale o parziale consentita con citazione della fonte

APPENDICE / RIFERIMENTI TECNICO-SCIENTIFICI UTILIZZATI E FONTI

La tesi centrale del documento HQMonza sui Data Center Ipogei si basa su un noto principio fisico: a pochi metri di profondità, la temperatura della crosta terrestre rimane costante tutto l'anno (tra i 10°C e i 15°C a seconda della latitudine), slegandosi dalle ondate di calore estive che mettono a dura prova i sistemi di raffreddamento tradizionali.

A. Riduzione dell'energia: Metrica PUE (Power Usage Effectiveness)

Il PUE è la metrica standard internazionale (definita dal The Green Grid) per misurare l'efficienza energetica di un Data Center. Un PUE pari a 1,0 indica un'efficienza perfetta (tutta l'energia va ai server).

Superficie: La media globale dei Data Center tradizionali si attesta attorno a un PUE di 1,5 - 1,6. Ciò significa che per ogni watt consumato dai server, un altro 0,5 - 0,6 watt serve a raffreddarli tramite sistemi HVAC commerciali.

Sottoterra: Sfruttando la stabilità termica del terreno, i Data Center ipogei abbattano la quota energetica legata al condizionamento. I progetti sotterranei moderni registrano un PUE inferiore a 1,15, che si traduce in un risparmio energetico netto sul raffreddamento superiore al 30-40%.

B. Riduzione dell'acqua: Metrica WUE (Water Usage Effectiveness)

I Data Center tradizionali in superficie usano torri evaporative per espellere il calore, “consumando” letteralmente milioni di litri di acqua dolce che evaporano nell'atmosfera.

La soluzione ipogea: All'interno di bunker sotterranei, lo scambio termico avviene racchiudendo l'infrastruttura in scambiatori di calore a circuito chiuso (acqua-acqua o aria-roccia). Il calore viene assorbito direttamente dalle pareti rocciose o da falde acquifere profonde tramite geotermia, senza necessità di evaporazione.

Questa configurazione permette una gestione termica a zero consumo idrico sul sito (WUE vicino a 0), azzerando lo spreco di acqua potabile rispetto ai milioni di litri giornalieri richiesti dagli impianti di superficie evaporativi.

C. Casi di studio sui Data Center Ipogei in Europa

Il caso europeo: Progetto INTACTURE (Trentino, Italia). Sviluppato in collaborazione con il colosso tecnologico Schneider Electric all'interno delle miniere attive di San Romedio. Sfrutta la roccia profonda e scambiatori di calore a circuito chiuso per garantire una gestione termica a zero consumo idrico e un'efficienza energetica drastica, eliminando l'impatto paesaggistico e lo stress sulla rete idrica locale e riducendo i consumi elettrici.

Il benchmark scandinavo: Lefdal Mine Datacenter (Norvegia). Una delle strutture sotterranee (ex miniera di olivina) più grandi e verdi del mondo. Certifica un PUE tra 1,10 e 1,15 grazie all'uso combinato dell'acqua fredda del fiordo adiacente e della temperatura naturale della miniera.

D. Istituti di Ricerca, studi e report internazionali

Working papers della University of Chicago (Climate Systems Engineering Initiative) che analizzano i sistemi Cold UTES (Underground Thermal Energy Storage). I loro studi provano che immagazzinare e gestire energia termica nel sottosuolo riduce i picchi di consumo elettrico per il condizionamento fino al 44% e azzerà il consumo d'acqua.

"A Life Cycle Assessment of an Underground Data Centre in Switzerland" (studio del Centro sperimentale di Hagerbach, CH). Dimostra scientificamente i benefici ecologici a lungo termine, analizzando il ridotto impatto di costruzione ipogea e la drastica riduzione dell'impronta di carbonio operativa.

"Use of underground spaces for resource-efficient data centres in Helsinki, Finland" (Research Gate). Lo studio evidenzia come la collocazione sotterranea dei Data Center faciliti il recupero del calore di scarto (waste heat). A Helsinki, il calore generato dai server viene catturato stabilmente a circa 24°C e immesso direttamente nella rete di teleriscaldamento cittadino.

"Study on the Development Status and Challenges of Underground Data Centers" (Journal of Underground Space Engineering). Panoramica globale e sistematica sui criteri di selezione dei siti sotterranei e sui processi costruttivi relativi.

===