



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M. FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**L'evoluzione del Cooling Infrastrutturale: Analisi Strategica del
Passaggio al Liquid Cooling nei Data Center**

RELATORE:

CH.MO PROF. Paolo Gubitta

LAUREANDO/A: Giacomo Levorato

MATRICOLA N. 2103187

ANNO ACCADEMICO 2025 – 2026

Dichiaro in conformità con le linee guida di Ateneo “Linee guida per l’impiego degli strumenti di IA generativa nella didattica e nella redazione delle tesi di laurea e di dottorato”

(https://www.unipd.it/sites/unipd.it/files/2025/LineeGuidaImpiegoAI_Unipd_ITA_rev20251128.pdf) di:

- di NON aver usufruito di tecnologie di intelligenza artificiale generativa (ad esempio ChatGPT, Claude, Perplexity) per supportare vari aspetti della ricerca e della scrittura della mia prova finale;
- ☒ di aver usufruito di tecnologie di intelligenza artificiale generativa (ad esempio ChatGPT, Claude, Perplexity, Copilot) per:
 - ~~○ Revisione della letteratura: utilizzo per identificare articoli scientifici pertinenti, generare stringhe di ricerca e organizzare la bibliografia. Tutti i riferimenti sono stati successivamente verificati attraverso database accademici tradizionali (WoS, Scopus, PubMed, Google Scholar).~~
 - ☒ Analisi linguistica e revisione testuale: correzione grammaticale, ortografica e stilistica del testo. Il contenuto concettuale, i ragionamenti e le argomentazioni rimangono interamente frutto del mio lavoro.
 - ~~Strutturazione del lavoro: supporto nella definizione della struttura iniziale del lavoro e nell'organizzazione dello stesso.~~
 - ~~Traduzione: assistenza nella traduzione di testi per consultazione di fonti in lingua straniera.~~
 - ~~Analisi dei dati: supporto nella generazione o verifica di codice per l'elaborazione statistica/analisi dati. Tutti i risultati sono stati verificati e validati autonomamente.~~
 - ~~Formattazione: assistenza nella formattazione della bibliografia, tabelle, o altri elementi grafici secondo le norme editoriali richieste.~~
 - Altro:

Il/La sottoscritto/a dichiara inoltre che:

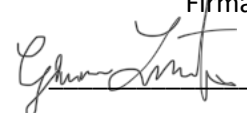
L'utilizzo degli strumenti di intelligenza artificiale è stato coadiuvante e non sostitutivo delle proprie competenze;

Tutto il ragionamento critico, l'interpretazione dei risultati, le conclusioni e le argomentazioni presenti nella tesi sono frutto del proprio lavoro intellettuale indipendente;

Tutti i contenuti generati dall' intelligenza artificiale sono stati attentamente verificati, rivisti e rielaborati;

Si assume la piena responsabilità per la qualità, l'accuratezza e l'integrità scientifica del lavoro presentato.

Firma



Indice dei contenuti

1. Descrizione dell'organizzazione	4
1.1 Storia dell'organizzazione	4
1.2 Principali dati riferiti all'organizzazione	4
1.3 Struttura organizzativa.....	6
2. Analisi del contesto competitivo.....	7
2.1 Introduzione al mercato	7
2.2 Modello delle 5 forze di Porter	7
2.3 Analisi SWOT	8
3. Descrizione dello stage	10
3.1 Job title	10
3.2 Area o funzione di appartenenza	10
3.3 Dipendenza gerarchica.....	10
3.4 Relazioni interfunzionali interne ed esterne	10
3.5 Scopo dello stage.....	10
3.6 Descrizione delle principali attività	11
3.7 Responsabilità	11
3.8 Competenze acquisite.....	11
4. Approfondimento tematico.....	13
4.1 Sostenibilità ambientale: consumo idrico ed energetico.	16
5.1 Conclusione	19
Bibliografia	20

1. Descrizione dell'organizzazione

1.1 Storia dell'organizzazione

Nei mesi di maggio e giugno 2026 ho svolto un tirocinio curricolare di 300 ore presso la sede veneziana di Lenovys s.r.l., all'interno della business unit Strategy Innovation (SI). Quest'ultima, fondata nel 2015 dal professor Carlo Bagnoli, e che fino ad aprile 2026 era una società di consulenza strategica autonoma nata come spin-off dell'Università Ca' Foscari di Venezia (spin-out dal 2018), da maggio 2026 è diventata parte integrante di Lenovys attraverso una fusione iniziata nel 2025.

Lenovys è un'azienda attiva nel settore della consulenza direzionale e Lean Management, fondata a Livorno nel 2009 da Luciano Attolico e Gianluigi Bielli, ex consulenti e manager. Nel 2017 è stata inserita dal Financial Times nel FT1000, che racchiude le 1000 aziende europee indipendenti con il maggior tasso di innovatività e crescita organica.

A sua volta, nel 2024 Lenovys è entrata a fare parte della business unit "Business Innovation" di Tinexta S.p.A., gruppo industriale quotato all'Euronext Star di Milano ed attivo soprattutto in Digital Trust e Cyber Security.

1.2 Principali dati riferiti all'organizzazione

In questo assetto societario piuttosto articolato, Strategy Innovation riesce a mantenere una forte identità. Sebbene infatti abbia cambiato proprietà, la sua struttura interna e il suo approccio al cliente sono rimasti invariati.

Insieme, Lenovys e Strategy Innovation contano circa 70 consulenti. Quest'ultima, nei suoi 10 anni di storia ha seguito oltre 350 progetti e 250 imprese, sviluppando un approccio fortemente personalizzato nella gestione dei progetti e dei casi aziendali.

Strategy Innovation ha chiuso il Bilancio 2025 con un fatturato di 2.7 mln di euro, realizzando un utile netto di circa 300 mila €, mentre Lenovys, decisamente più strutturata, ha chiuso il 2024 con 8.5 mln di euro di fatturato ed un utile netto di 1.16 mln.

Grazie all'acquisizione di Strategy Innovation, Lenovys punta a penetrare il settore della consulenza strategica e direzionale, allargando il proprio campo di competenza e ricercando delle sinergie tra i due settori, strettamente collegati tra loro.

Da non sottovalutare è, infine, il ruolo della capogruppo Tinxeta. Questa, che ha un fatturato in crescita costante dal 2013, ha raggiunto nel 2025 i 457 mln di euro di ricavi, realizzando un utile netto di 35.5 mln di euro, con un EBITDA di 103 mln. L'importante ruolo di Tinxeta nel settore tech, in particolare Cyber Security e Digital

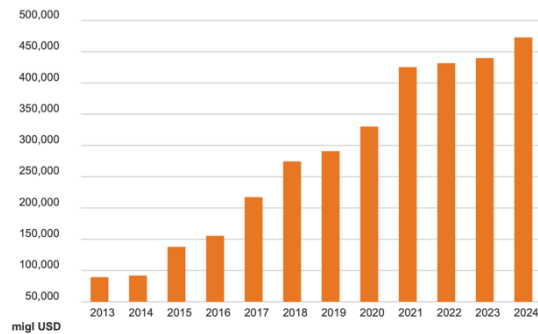


Figura 1: Crescita del fatturato di Tinxeta S.p.A.

Trust, fa sì che SI e Lenovys riescano ad offrire supporto completo ai propri clienti, integrando nei propri progetti anche aziende IT di altre Business Units di Tinxeta, come InfoCert e Visura.

In concreto, Strategy Innovation concentra la sua offerta su sei macroaree principali:

- Ricerca del **Purpose** aziendale.
- Analisi di **Scenario**, intesa come interpretazione e sfruttamento delle opportunità future.
- Sviluppo dell'**Innovazione**, tramite Business (re)Design.
- Approccio alla **Sostenibilità**, rendendola un vero e proprio driver d'innovazione, definendo KPI e analizzando in primis i processi e i percorsi ESG in atto.
- Progettazione dell'**Organizzazione**, grazie a sistemi di coordinamento e strumenti di gestione delle performance, avvicinando proprietà e management.
- Connessione con l'**Ambiente**, tramite M&A o progetti cross Industry.

La clientela a cui entrambe le aziende si rivolgono è eterogenea: se per la maggior parte si tratta di piccole e medie imprese italiane, tra i partner spiccano grandi organizzazioni quali Ferrero, SHARP, Barilla, Samsung, Vodafone, Siemens, Fincantieri.

1.3 Struttura organizzativa

La struttura organizzativa al 2026 vede come CEO di Strategy Innovation e Lenovys Luciano Attolico.

L'organigramma aziendale è strutturato in modo piramidale, ed è composto dalle seguenti figure:

- Director
- Manager
- Senior Consultant
- Consultant
- Analyst
- Expert (Collaboratori indipendenti).

Il lavoro ed i progetti sono divisi in 5 squadre eterogenee di 4-6 persone, guidate da un Director o un Manager, che è anche capo-progetto. Ogni team cura un ramo dell'offerta aziendale: Organizzazione e Governance, Sostenibilità, Scenario, Innovazione e Strategia, Progetti Finanziati (Ambiente). Il ramo "Purpose" è invece trasversale tra tutte le squadre.

Caratteristica peculiare di entrambe le aziende è l'eterogeneità dei dipendenti: sono presenti Economisti, Designer, Ingegneri, Sociologi, Psicologi, Antropologi, Storici e Letterati. Questo favorisce contaminazione interdisciplinare e scambio di competenze, per vicinanza e scambio di idee e punti di vista.

A partire da Dicembre 2025, vista la fusione con Lenovys, alcuni progetti vedono la collaborazione di dipendenti di entrambe le società. Si tratta in ogni caso di una fase ancora embrionale, che ha l'obiettivo di individuare le sinergie tra le due realtà nella gestione operativa dei progetti, arrivando a sviluppare un'offerta congiunta.

2. Analisi del contesto competitivo

2.1 Introduzione al mercato

Strategy Innovation opera naturalmente nel grande settore della consulenza strategica in Italia. Si tratta di un ambiente molto competitivo ma in enorme crescita (+ 47% nel quinquennio 2019-2024 (Assoconsult, 2025)), con player molto eterogenei per grandezza e modus operandi e con una fascia di clientela estremamente ampia e variegata.

Secondo il 16° Rapporto Assoconsult 2024-2025 sul Management Consulting, negli ultimi anni vi è stata una forte polarizzazione nel settore, con 35 grandi aziende (+ 50 dipendenti) che da sole generano il 72,7% del valore della produzione; inoltre, il valore della produzione delle piccole società è calato dal 22,6% nel 2010 al 13,1% nel 2024 (Il Sole 24 Ore, 2026).

In questo scenario, sebbene Strategy Innovation si posizioni nella fascia in calo delle piccole e medie aziende, l'acquisizione da parte di Lenovys (e quindi Tinexta Group) permette al gruppo di penetrare efficacemente settori quali IT consulting e consulenza strategica (entrambi in forte crescita nell'ultimo triennio), ampliando la propria gamma di servizi ed offrendo quindi al cliente un'assistenza completa.

2.2 Modello delle 5 forze di Porter

- **Rivalità tra le imprese concorrenti:** molto elevata. Il mercato della consulenza strategica è estremamente competitivo e spietato. I grandi player (in particolare le Big Four) riescono a beneficiare di economie di scala grazie alla standardizzazione dei servizi, ampliando dunque la propria gamma e offrendo prezzi minori rispetto al mercato. Strategy Innovation deve quindi puntare sulla sartorialità e sul premium standard offerto dai propri servizi.
- **Potere contrattuale dei fornitori:** medio-alto. Strategy Innovation non necessita di particolari strumenti fisici, ma il suo successo dipende quasi interamente da risorse

umane altamente qualificate e know-how. Il vero asset dell'azienda è dato dai suoi collaboratori e dalla trasversalità delle loro competenze. È dunque necessario preservare i talenti, in particolare le figure più senior, per non compromettere la stabilità dell'organizzazione. Non è raro, infatti, che quando un Partner lascia la società si porti dietro i suoi clienti e relazioni.

- **Minaccia di prodotti sostitutivi:** medio-bassa. L'Intelligenza Artificiale rappresenta una potenziale minaccia per il futuro della consulenza aziendale. Tuttavia, allo stato attuale della tecnologia, una sostituzione totale è ancora del tutto irrealistica, poiché il capitale umano è indispensabile ed insostituibile per l'azienda cliente.
- **Minaccia di nuovi entranti:** minaccia media. Sebbene i costi fissi all'entrata per i nuovi player nel mercato della consulenza strategica siano molto bassi, la professione richiede competenze manageriali o strategiche molto elevate. Tuttavia, non è raro che ex consulenti di grandi società o ex manager di successo aprano una propria società, spesso dedicandosi ad una nicchia specifica e facendo capo ai numerosi contatti e clienti serviti precedentemente.
- **Potere contrattuale dei clienti:** minaccia media. I clienti di Strategy Innovation sono principalmente piccole e medie imprese italiane, particolarmente concentrate nel Nord-Est. Poiché i costi di switch per il cliente sono relativamente bassi, l'azienda deve riuscire a trasmettere il grado premium della propria offerta, dominando la concorrenza tramite una strategia di differenziazione.

2.3 Analisi SWOT

- **Strenghts:** Strategy Innovation dispone di un asset fondamentale: il capitale umano. Grazie soprattutto alle proprie origini di spin-off universitario dell'Università Ca' Foscari, e al mantenimento dei rapporti con l'Ateneo negli anni successivi allo spin-out, grazie all'ex CEO (e fondatore) Carlo Bagnoli, SI dispone di figure giovani ed estremamente competenti in svariati ambiti, apportando un patrimonio di conoscenze e capacità nei progetti difficilmente eguagliabile dai competitor. Inoltre, la figura di Carlo Bagnoli (Professore Ordinario di Economia Aziendale) continua ad influenzare positivamente la reputazione dell'azienda.

- **Weaknesses:** viste anche le dimensioni ridotte dell'organizzazione, nonostante la fusione con Lenovys, Strategy Innovation non dispone di particolari asset tecnologici. La propria copertura, in alcuni settori, è pertanto limitata. Si sta cercando di ovviare a questo problema integrando le soluzioni IT di Lenovys; tuttavia, sono richiesti standard tecnologici piuttosto elevati, non ancora del tutto raggiunti dall'organizzazione, e la digitalizzazione dei processi potrebbe creare difficoltà di adattamento.
- **Opportunities:** poiché indirettamente inglobata in un grande Gruppo Industriale, Strategy Innovation (e quindi Lenovys) dovrebbe progettare delle strategie e dei “pacchetti” di prodotti da offrire che integrino software, tools e asset fisici per offrire al cliente una soluzione completa.
- **Treaths:** naturalmente l'IA, e in particolare i modelli LLM sempre più precisi e integrati, costituiscono una forte minaccia per le società di consulenza aziendale. Vista anche la situazione geopolitica estremamente instabile che ha caratterizzato il primo semestre del 2026, le aziende clienti tendono ad evitare gli investimenti non strettamente necessari, riducendo quindi anche la spesa in determinati servizi di consulenza, spesso non considerati indispensabili.

3. Descrizione dello stage

3.1 Job title

Analyst. Ho condotto analisi di business e di mercato con conseguente creazione di report.

3.2 Area o funzione di appartenenza

Affiancamento e supporto agli Analyst di Strategy Innovation, conducendo in particolare analisi preliminari di mercato per l'esplorazione di nuove opportunità di crescita, trasversalmente a vari team e progetti. Ho inoltre elaborato dati aziendali grezzi per ricavarne insights strategici e così indirizzare dei percorsi di mentoring sulle competenze.

3.3 Dipendenza gerarchica

Il mio supervisore diretto era un Manager che, una volta raccolte le informazioni principali e valutato il procedimento operativo, assegnava gli obiettivi ai singoli membri del team.

3.4 Relazioni interfunzionali interne ed esterne

Ho avuto modo di lavorare assieme ad Analyst, Senior Consultants, Manager e Directors, supportando la ricerca in diversi aspetti nei progetti e riportando loro le informazioni raccolte.

Ho partecipato ad interviste con collaboratori dell'azienda cliente e potenziali player a cui rivolgere l'offerta; ho inoltre assistito a presentazioni dello stato di avanzamento del progetto al cliente.

3.5 Scopo dello stage

- Pianificazione strategica: apprendere i metodi di costruzione di un piano operativo industriale, concentrandomi su priorità strategiche e proiezioni economico-finanziarie.

- Business Design & Value Proposition: imparare a definire modelli di valore e target di riferimento per il lancio di nuovi segmenti di business.
- Miglioramento delle soft skills, tramite il costante lavoro in team e la presentazione dei risultati raggiunti ai superiori

3.6 Descrizione delle principali attività

Durante il tirocinio mi sono occupato principalmente di analisi di mercato, tramite:

- lettura di report di settore,
- analisi di dati micro e macroeconomici con Excel e tool di Intelligenza Artificiale
- partecipazione come uditore a seminari e convegni dedicati
- conduzione di interviste ad esperti e potenziali clienti/competitor.

In particolare, il lavoro svolto si può racchiudere in queste macroaree:

- Analisi di possibili opportunità di espansione del business, in riferimento a trend di crescita, dimensionamento, segmentazione del mercato e potenziali player, con successiva creazione e presentazione dei report ad un Expert o ad un Manager;
- Analisi di possibili nuovi impieghi di prodotti già in catalogo, tramite lo studio delle caratteristiche tecniche ed applicative e l'analisi del comportamento dei competitor.
- Ricerche sull'offerta della concorrenza in relazione a prodotti già esistenti.
- Analisi di dati: elaborazione di dati grezzi per individuare punti di forza e di debolezza dei manager di un'azienda cliente.

3.7 Responsabilità

Quasi tutte le analisi sono state condotte in modo autonomo. Sebbene venissero poi sottoposte a revisione da parte di figure più senior, era mia responsabilità assicurare al manager l'accuratezza dei dati raccolti e l'attendibilità delle fonti e dei calcoli effettuati.

3.8 Competenze acquisite

- Sviluppo di competenze analitiche: acquisire la capacità di mappare mercati complessi, identificando benchmark competitivi e trend di settore.

- Esposizione orale: presentazione alle figure senior delle analisi svolte e dei risultati ottenuti.
- Potenziamento delle soft skills, tra cui:
 - Sviluppare attitudine al lavoro in team in un contesto dinamico.
 - Gestione delle deadline e dello stress operativo in funzione delle consegne e delle riunioni con i clienti.
 - Miglioramento delle capacità di comunicazione e public speaking tramite la rendicontazione periodica al team dei risultati.

4. Approfondimento tematico

Durante il tirocinio presso Strategy Innovation, ho lavorato ad un progetto che prevedeva la ricerca e l'analisi di nuove opportunità di crescita per un'azienda che produce tubature industriali. Tra le molteplici opzioni, ad oggi ancora in fase di discussione, mi sono occupato dell'analisi strategica del mercato del raffreddamento a liquido dei Data Center, che ho deciso di approfondire nel seguente elaborato.

Seguendo un approccio top-down, partendo da una macro-analisi del settore per identificare trend di crescita e direttrici strategiche, verranno poi esposte le opportunità, un'analisi di costo e le criticità a cui fa fronte la transizione al liquid cooling nel settore dei data center.

4.1 Introduzione

La crescita esponenziale dei workload dell'Intelligenza Artificiale sta aumentando notevolmente la densità di calcolo dei server. Questo comporta un progressivo abbandono dei tradizionali sistemi di air cooling, che dimostrano limiti crescenti nel raffreddare i chip adeguatamente visto l'incremento dei flussi di calore nei rack.

Inoltre, l'elevato consumo di energia elettrica dei data center, dovuto in gran parte ai sistemi di raffreddamento, sta alimentando un acceso dibattito in tema di sostenibilità ambientale.

Per questo, da alcuni anni si stanno implementando nei data center tecnologie di raffreddamento a liquido, più efficienti e meno power-consuming di quelle ad aria. Questa transizione si sta sviluppando in tre direttrici strategiche principali:

- Direct-to-Chip Liquid Cooling: una piastra raffreddante installata direttamente sul chip o nel server rack;
- Immersion Cooling: immersione dei chip in vasche di fluidi refrigeranti dielettrici;
- Sistemi ibridi: combinano sistemi a liquido e raffreddamento ad aria.

Questa transizione, poiché molto complessa e costosa, rappresenta uno dei principali driver di ristrutturazione dell'intera filiera dei data center.

4.2 Dimensionamento

Per valutare strategicamente l'adozione del liquid cooling, è necessario comprendere come evolverà il mercato dei data center nel breve-medio termine.

Dei circa 13000 data center attivi nel mondo, la maggior parte non è coinvolta in attività di Intelligenza Artificiale. Gli Hyperscalers¹ stanno però intervenendo con investimenti massicci per rimanere al passo con lo sviluppo dell'AI, con una spesa stimata per il 2026 di 394 miliardi di dollari nell'infrastruttura data center e un tasso di crescita del 28% tra il 2025 e il 2027 (Goldman Sachs).

Contestualmente, i data center utilizzano quantità di energia enormi, pari fino a 50 volte quello di un normale fabbricato industriale delle stesse dimensioni, e i sistemi di raffreddamento attuali ne sono la causa primaria, rappresentando il 24% del totale (Masanet, Shehabi, Lei, Smith, & Koomey, 2020).

La domanda di elettricità costituisce il 2% del consumo totale di energia negli Stati Uniti (Energy, 2023), ma uno studio di Barclays del 2024 evidenzia come il fabbisogno crescerà globalmente tra il 14 e il 21% l'anno fino al 2030² (Keller, Thompson, & Utsav).

Si osserva quindi come il raffreddamento, in particolare quello a liquido, non rappresenta più un elemento di contorno nell'infrastruttura dei Data Center, ma sta diventando una vera e propria leva strategica per la sostenibilità e la competitività degli Hyperscalers nell'AI.

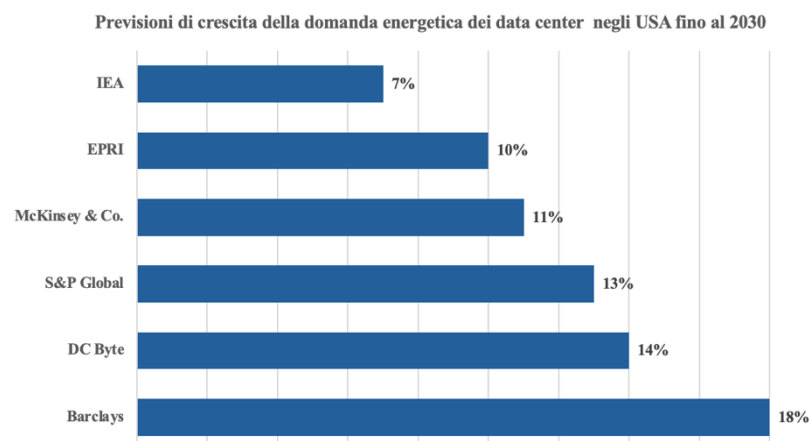


Figura 2: previsione di crescita del consumo di energia dei data center negli USA (Barclays)

¹ Hyperscalers: grandi fornitori di servizi cloud che dominano il mercato grazie alla loro capacità di scalare velocemente le infrastrutture in modo massiccio. Tra i più importanti attualmente figurano Amazon Web Services, Microsoft Azure e Google Cloud.

² Lo studio di Barclays rappresenta una delle stime più negative a riguardo. Nella figura 1 si può notare come altri report di settore evidenzino crescite più contenute, con una media che si assesta al 12%.

4.3 Segmentazione e Filiera

Il dominio assoluto degli Hyperscalers e dei collocators³ nel mercato dei data center fa sì che anche la filiera dipenda in larga parte dalle direzioni di sviluppo di questi stessi player. La volatilità del mercato e lo sviluppo tecnologico sono eccezionalmente elevati, comportando svariate difficoltà alla classica catena di fornitura EPC. Nell'hyperscale, le decisioni strategiche di lungo periodo vengono prese prima di una stabilizzazione della domanda. Questo determina per i fornitori costi aggiuntivi, modifiche repentine agli asset e ritardi di consegna. L'incertezza che colpisce il segmento OEM sta gradualmente portando ad uno sviluppo simbiotico tra la domanda e la rete di fornitura, con un livello di coordinamento raro in altri settori (Pham, Motani, Narula, & Datta, 2026).

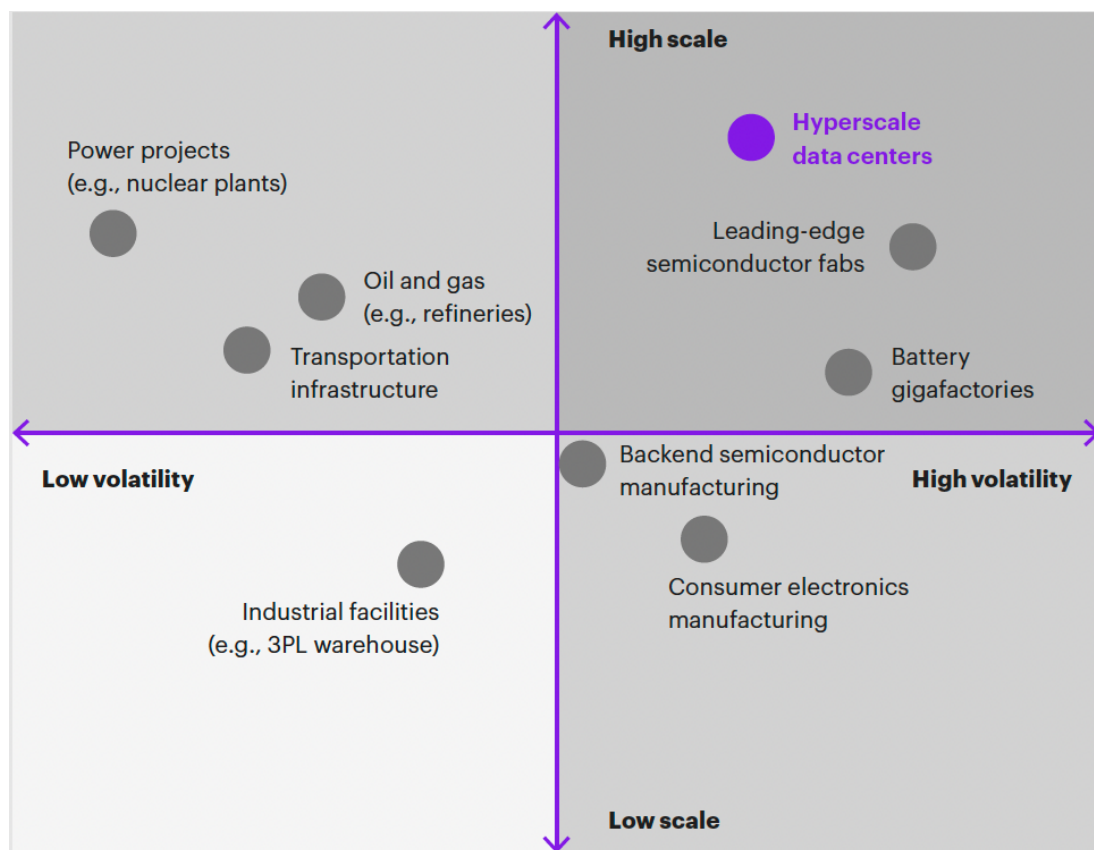


Figura 3: Posizionamento sul mercato della supply chain (Kearney Analysis)

Non secondario è quindi il trend della costruzione tramite componenti prefabbricati dei data center. Un sondaggio OMDIA che ha coinvolto professionisti dei data center ha

³ Collocators: gestori di data center, che “affittano” la capacità di calcolo delle proprie strutture ad altri player minori.

rivelato come il 99% dei rispondenti ritenesse che i modelli prefabbricati fossero parte della strategia futura (Galabov, 2023).

Per ridurre i costi il più possibile e stare al passo con la domanda, quindi, gli Hyperscalers stanno adottando tre strategie:

- Approvvigionamento centralizzato, tramite negoziazione di contratti a lungo termine con gli OEM;
- Integrazione verticale dei fornitori, che potrebbe però causare dipendenze dalla supply chain interne all'azienda, alimentando il rischio di colli di bottiglia;
- Standardizzazione della domanda e delle componenti, sebbene questo sia un traguardo ancora distante (Brown & Finnerty, 2024).

Questa particolare configurazione del mercato crea delle importanti opportunità per fornitori di componenti e produttori di sistemi integrati, soprattutto nella fascia del raffreddamento e della fornitura elettrica. I player in grado di progettare, produrre ed installare velocemente questi sistemi giocano quindi il ruolo più critico nell'infrastruttura AI, riducendo il time-to-market dei più grandi Hyperscalers.

Gli operatori specializzati nel cooling, oggi tra i più piccoli e i più specializzati dell'intera catena, dovranno proporre soluzioni all'avanguardia e scalabili nel minor tempo possibile; la minaccia di ingresso, anche in questa fascia del mercato, da parte di player enormi è infatti imminente. Questo configura grandi opportunità di M&A da parte dei player più grandi per assicurarsi il know-how e l'infrastruttura degli OEM più dimensionati (Zegeye & Sachdeva, 2025).

4.4 Sostenibilità ambientale: consumo idrico ed energetico.

Se da un lato la crescita dei data center rappresenta un elemento fondamentale per lo sviluppo tecnologico, dall'altro si apre un importante dibattito in tema di sostenibilità ambientale.

L'Unione Europea ha emanato nel 2024 la Energy Efficiency Directive, ovvero una normativa che introduce obblighi di reporting e trasparenza da parte delle aziende, favorendo standardizzazione e benchmarking pubblico.

Questa e altre numerose pressioni legislative (e non solo) hanno incentivato le aziende a fornire soluzioni di raffreddamento a liquido in grado di minimizzare l'impatto ecologico, prevalentemente tramite sistemi a circuito chiuso, software di Smart Water Management Systems⁴ e infrastrutture per riutilizzare il calore prodotto. Considerando inoltre che circa i 2/3 dei data center sono costruiti in zone naturalmente soggette a crisi idriche (Nicoletti, Ma, & Bass, 2025), il tema del consumo d'acqua è di interesse primario.

In termini di sostenibilità ambientale, il contrasto con l'air cooling è dunque notevole.

I data center con sistema di liquid cooling a circuito chiuso si stanno progressivamente affermando come riferimento tecnologico per il settore, riducendo il consumo idrico e migliorando l'efficienza energetica.

Poiché ancora oggi i sistemi di raffreddamento richiedono costante fornitura d'acqua a causa dell'evaporazione, la direttiva strategica è orientata verso un unico obiettivo: far circolare un liquido refrigerante in un circuito completamente chiuso, senza alcuna necessità di reintegro.

La configurazione più notevole in termini di risparmio idrico ed energetico è rappresentata dall'immersion cooling: studi hanno dimostrato picchi di riduzione della domanda energetica fino al 50% (Haghshenas, Setz, Blosch, & Aiello, 2023) e di abbassamento del consumo d'acqua del 91%⁵ (Spindler, Fisher, & Hahn-Petersen, 2025).

4.5 Struttura Strategica

I data center tradizionali, in cui l'air cooling è ancora sufficiente, sono oggi la maggior parte sul totale delle strutture. E sebbene il mercato sia in declino rispetto al 2024 (Keller, Thompson, & Utsav), rappresentano ancora una possibile direzione strategica.

Va premesso che un impianto a liquid cooling si può installare in due modi: tramite retrofitting (cioè la sostituzione di un vecchio impianto ad aria con uno più moderno a liquido, in un data center già esistente) o costruendo una nuova struttura. Variabili come la scalabilità, il luogo e la tecnologia utilizzata rendono pressoché impossibile stimare in modo universale e certo la convenienza di un modello di cooling o un altro.

⁴ Si tratta di integrazioni IoT e Machine Learning alle componenti di raffreddamento, in grado di predire il volume d'acqua necessario sulla base di dati storici e sensori, minimizzando così gli sprechi.

⁵ I dati sono relativi al raffreddamento tramite immersione dei server.

Tuttavia, un rapporto del 2026 ha sviluppato una struttura di costo attendibile normalizzando alcuni parametri⁶ e confrontando raffreddamento ad aria tramite RDHx, Direct to Chip e ad immersione a fase singola.

La ricerca ha dimostrato come l'immersion cooling sia la soluzione più economica da implementare, calcolando un CAPEX di circa 23.7 mln USD ed un costo di 4,740 USD/kW, pari al 17% e 20% in meno rispetto alle soluzioni ad aria e a piastra raffreddante.

Allo stesso modo, l'OPEX per l'immersion cooling si attesta a circa 5.11 mln USD l'anno, con un netto risparmio rispetto agli altri due modelli.⁷

Secondo lo studio quindi, il TCO a 10 anni del modello a immersion cooling a singola fase determina un grande vantaggio competitivo sugli altri sistemi. La cifra si attesta infatti a 12,685 USD/kW contro i rispettivi 15,910 e 15,258 USD/kW di air cooling RDHx e D2C⁸ (Energy Solutions Intelligence, 2026).

Per favorire la produzione di sistemi a liquido, inoltre, i principali Hyperscalers si sono riuniti nel consorzio Open Compute Project. Si tratta di una Community volta a favorire lo sviluppo rapido e in sicurezza dell'AI, tramite la condivisione di standard open source per la costruzione di componenti per data center.

I costi e il tempo necessari per l'R&D si riducono così notevolmente grazie alla disponibilità di informazioni tecniche.

Questo aumenta moltissimo le opportunità di penetrazione del mercato da parte di un fornitore, e dimostra l'estrema necessità di nuovi produttori specializzati. Allo stesso tempo, però, riduce la possibilità per le aziende di differenziarsi e acquisire quindi un vantaggio competitivo.

⁶ Lo studio è stato condotto su un modello di data center con capacità 5 di MW, diviso in: 500 racks da 10 kW per l'air cooling, 125 racks da 40 kW per il D2C, e 50 vasche da 100 kW per l'immersion cooling.

⁷ Ipotesi: elettricità a 0,10 USD/kWh (tariffa mista), 4,50 USD per 1.000 galloni di acqua, ciclo di sostituzione del fluido di 5 anni per il raffreddamento a immersione (20% del costo iniziale del fluido all'anno), manodopera a 85 USD/ora (costo aziendale totale). Il raffreddamento a immersione genera un risparmio annuo sulle spese operative (OPEX) di 1,36 milioni di USD rispetto all'air cooling tramite RDHx, trainato principalmente da una riduzione dell'83% del consumo energetico per il cooling.

⁸ Il punto di pareggio (in cui i costi cumulativi dell'immersione eguagliano quelli del raffreddamento ad aria) si raggiunge al 3,2° anno di operatività. Con tariffe elettriche più alte (0,15 USD/kWh), il punto di pareggio viene anticipato al 2,1° anno; con tariffe più basse (0,07 USD/kWh), si allunga fino al 5,4° anno.

4.6 Conclusione

Il notevole sviluppo tecnologico legato all'Intelligenza Artificiale, e quindi l'aumento della densità di calcolo necessaria per soddisfarne la domanda, sta modificando radicalmente l'intera infrastruttura data center. L'adozione del liquid cooling non è solo un miglioramento tecnologico delle performance dei chip, ma è una soluzione infrastrutturale necessaria affinché i data center riescano ad operare entro gli standard crescenti dell'industria High-Tech.

Inoltre, la crescente attenzione in termini di sostenibilità ambientale si confronta sempre più con lo sviluppo dei data center. L'impatto ecologico di queste strutture è notoriamente molto elevato, richiedendo acqua ed energia in quantità significative rispetto ad altri edifici della stessa grandezza.

Sempre più player si stanno quindi interfacciando con la realtà del liquid cooling, che oggi è considerato, nelle sue varie declinazioni, il sistema di raffreddamento dei microchip più efficace e scalabile sul mercato. Le soluzioni disponibili sono infatti molteplici, e spaziano dall'immersione dei chip in vasche con fluidi dielettrici al raffreddamento della singola piastra, ma ciò non significa che il mercato sia saturo.

Riuscire a soddisfare gli standard elevatissimi richiesti dagli Hyperscalers, offrendo soluzioni ideali in tempi ristretti, è ancora oggi una sfida aperta. La direzione principale sembra essere la fornitura da parte di grandi OEM di sistemi di raffreddamento integrati e standardizzati, realizzati in partnership con gli Hyperscalers.

Il controllo sulla propria supply chain e la riduzione del proprio time-to-market diventano quindi i veri discriminanti per poter affiancare i grandi player del settore, e quindi diventare co-protagonisti dello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale.

Numero di parole utilizzate: 4053 (esclusi titolo, dichiarazione di autenticità e bibliografia)

Bibliografia

- Assoconsult. (2025, 06 11). Il mercato del Management Consulting in Italia. Roma.
- Brown, C., & Finnerty, N. (2024). *Data centre supply chain*. KPMG.
- Energy Solutions Intelligence. (2026). *Data Center Cooling 2026: Liquid Immersion vs Air Economics*.
- Energy, U. D. (2023, 09). *Data Centers and Servers*. Tratto da <https://www.energy.gov/cmei/buildings/data-centers-and-servers>
- Galabov, V. (2023). *Prefabricated Modular Data Center Report*. Omdia.
- Goldman Sachs. (s.d.). *Goldman Sachs Research*. Tratto da Goldman Sachs Research: <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/how-ai-is-transforming-data-centers-and-ramping-up-power-demand>
- Haghshenas, K., Setz, B., Blosch, Y., & Aiello, M. (2023). Enough hot air: the role of immersion cooling. *Energy Informatics*.
- Il Sole 24 Ore. (2026, 03 30). Lo status e le prospettive del mondo del management consulting. *Competenze strategiche*.
- Keller, C., Thompson, W., & Utsav, A. (s.d.). *AI revolution: Meeting massive AI infrastructure demands*. Barclays.
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, 984-986.
- McKinsey & Company. (2024). *The role of power in unlocking the European AI revolution*.
- Nicoletti, L., Ma, M., & Bass, D. (2025). AI is draining water from areas that need the most. *Bloomberg*.
- Pham, H., Motani, J., Narula, C., & Datta, A. (2026). *Rethinking the data center shell supply chain: from legacy construction to agile orchestration*. Kearney.
- Spindler, W., Fisher, L., & Hahn-Petersen, L. A. (2025). Data centres use vast amounts of water – here’s how we advance water circularity. *World Economic Forum*.
- Zegeye, A., & Sachdeva, P. (2025). *Beyond compute: Infrastructure that powers and cools AI data centers*. McKinsey & Company.

