



Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali “Marco Fanno”

Corso di laurea in Economia

Prova Finale

I Data Center Italiani Alla Prova Della Sostenibilità: Analisi Di Casi Di Studio

Relatore Prof. Marco Bettiol

Laureando/a Giacomo Bizzotto

Matricola 2033355

Anno Accademico 2023/2024

APPENDICE

Dichiarazione di autenticità

Dichiaro di aver preso visione del “Regolamento antiplagio” approvato dal Consiglio del Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali e, consapevole delle conseguenze derivanti da dichiarazioni mendaci, dichiaro che il presente lavoro non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere. Dichiaro inoltre che tutte le fonti utilizzate per la realizzazione del presente lavoro, inclusi i materiali digitali, sono state correttamente citate nel corpo del testo e nella sezione ‘Riferimenti bibliografici’.

I hereby declare that I have read and understood the “Anti-plagiarism rules and regulations” approved by the Council of the Department of Economics and Management and I am aware of the consequences of making false statements. I declare that this piece of work has not been previously submitted – either fully or partially – for fulfilling the requirements of an academic degree, whether in Italy or abroad. Furthermore, I declare that the references used for this work – including the digital materials – have been appropriately cited and acknowledged in the text and in the section ‘References’.

Firma (signature)

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Giovanni Pizzotto". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping initial 'G'.

INDICE

INTRODUZIONE & SINTESI	1
1. CAPITOLO PRIMO - I DATA CENTER, INFRASTRUTTURE DIGITALI FONDAMENTALI, SFIDE E PROSPETTIVE DI SOSTENIBILITÀ	3
1.1 <i>Le fondamenta dei data center: struttura, funzionamento e importanza nell'era digitale</i>	3
1.2 <i>Impatto ambientale dei data center: sfide e prospettive per la sostenibilità</i>	5
1.3 <i>L'impatto dell'intelligenza artificiale sui data center</i>	8
2. CAPITOLO SECONDO - L'IMPATTO DELLE GRANDI MULTINAZIONALI NEL SETTORE DEI DATA CENTER	13
2.1 <i>Le pratiche e i risultati delle grandi multinazionali (FAMGA)</i>	13
2.2 <i>L'efficienza energetica e gli investimenti in energia rinnovabile delle Big Tech</i>	21
3. CAPITOLO TERZO - SITUAZIONE AMBIENTALE DEI DATA CENTER IN ITALIA	25
3.1 <i>Scenario attuale dei data center in Italia</i>	25
3.2 <i>Iniziative nazionali per la sostenibilità e casi di "Best Practices"</i>	28
3.3 <i>Prospettive future sulla sostenibilità del settore in Italia</i>	32
CONCLUSIONE	35
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	37

INTRODUZIONE & SINTESI

Nell'era digitale, la nostra quotidianità è strettamente interconnessa con l'uso dei dati e dei servizi digitali. Quando inviamo un'email, utilizziamo WhatsApp, pubblichiamo una foto sui social media o navighiamo su Internet, stiamo inconsapevolmente facendo affidamento su un'infrastruttura complessa e fondamentale: i data center. Nonostante il ruolo cruciale che questi centri svolgono, la maggior parte delle persone è ancora poco consapevole della loro esistenza e della loro importanza.

I data center sono infrastrutture progettate per ospitare sistemi informatici e di telecomunicazioni, tra cui server, dispositivi di archiviazione e componenti di rete, con l'obiettivo di elaborare, memorizzare e distribuire informazioni e servizi in modo efficiente e sicuro. In altre parole, i data center possono essere considerati le fabbriche dell'era digitale, gestendo enormi quantità di dati e supportando una vasta gamma di servizi digitali. Senza di essi, attività quotidiane come una semplice ricerca su Google o l'interazione con un sistema di intelligenza artificiale sarebbero impossibili.

Questa tesi si propone di esplorare le sfide e le prospettive di sostenibilità dei data center, con un'analisi dettagliata delle loro strutture, del funzionamento e del loro impatto ambientale. Nel primo capitolo, verranno illustrate le fondamenta dei data center, descrivendone le diverse tipologie, l'architettura e le componenti principali. Si esaminerà inoltre l'impatto ambientale di queste strutture, evidenziando le sfide legate al consumo energetico e idrico e le iniziative in atto per migliorare l'efficienza.

Il secondo capitolo si concentrerà sull'impatto delle grandi multinazionali nel settore dei data center. Aziende come Facebook (ora Meta), Amazon, Microsoft, Google e Apple, spesso indicate con l'acronimo FAMGA, stanno guidando l'innovazione e la sostenibilità nel settore grazie ai loro ingenti investimenti e alle pratiche avanzate. Verranno analizzate le loro strategie per ridurre l'impatto ambientale e aumentare l'efficienza energetica, mettendo in luce le differenze rispetto alla media del settore.

Infine, il terzo capitolo offrirà uno sguardo sulla situazione attuale e futura dei data center in Italia. Verranno presentati i dati sulla distribuzione geografica, le iniziative nazionali per la sostenibilità e i casi di best practices delle aziende italiane. Si discuteranno anche

le prospettive future, con particolare attenzione alle regolamentazioni europee e alle sfide normative che il settore dovrà affrontare.

Attraverso questa analisi, si cercherà di comprendere meglio il ruolo cruciale dei data center nell'economia digitale e le soluzioni possibili per garantire uno sviluppo sostenibile di queste infrastrutture fondamentali per il nostro futuro tecnologico.

1. CAPITOLO PRIMO - I DATA CENTER, INFRASTRUTTURE DIGITALI FONDAMENTALI, SFIDE E PROSPETTIVE DI SOSTENIBILITÀ

1.1 Le fondamenta dei data center: struttura, funzionamento e importanza nell'era digitale

Quando mandiamo una mail, un messaggio su Whatsapp, postiamo una foto sui social media o navighiamo su internet, e sono molti gli esempi che potrei fare, stiamo svolgendo un'attività che per poter funzionare richiede l'utilizzo dei data center. Queste strutture indubbiamente negli ultimi anni stanno diventando fondamentali per la nostra quotidianità, ma paradossalmente sono poche le persone che sanno effettivamente di cosa si sta parlando.

Ma allora cos'è un data center? “È un'infrastruttura che ospita sistemi informatici e di telecomunicazioni, tra cui server, dispositivi di archiviazione dati e componenti di rete, con lo scopo di elaborare, memorizzare e distribuire informazioni e servizi in modo efficiente e sicuro. Potremmo definirli come le fabbriche del digitale che, anche se molto più silenziose e con decisamente meno personale rispetto a quelle della prima e seconda rivoluzione industriale, gestiscono attraverso connessioni ad alta velocità e server molto potenti, sia i (nostri) dati sia i servizi digitali che usano questi dati. Senza queste “fabbriche” sarebbe impossibile anche fare una banale ricerca su Google oppure interrogare un sistema di Intelligenza Artificiale”.¹

Esistono diversi tipi di strutture per data center e a seconda delle necessità dell'azienda e dei suoi carichi di lavoro se ne possono utilizzare una o più. Le principali sono: data center aziendali (on-premise), data center su cloud pubblico e data center gestiti o strutture di co-locazione.

¹ BETTIOL M., 2023, La sostenibilità ambientale del digitale: il ruolo dei data center, p.11-12, Padova University Press.

I data center on-premise sono gestiti direttamente dalle aziende e questo consente loro di avere più controllo sulla sicurezza delle informazioni e sulla conformità alle diverse normative a cui la singola azienda deve sottostare. I data center su cloud invece ospitano le risorse dell'infrastruttura IT per l'uso condiviso da parte di più clienti, che possono essere nell'ordine della decina fino a quello dei milioni, tutto tramite una semplice connessione internet. Alcuni esempi di quest'ultima categoria sono i data center (detti data center hyperscale, per via della loro grandezza) dei principali provider di servizi come Google Cloud Platform, Amazon Web Services e Microsoft Azure. Infine I data center gestiti e le strutture di co-locazione sono soluzioni ideali per le organizzazioni che non hanno lo spazio, il personale o le competenze per gestire tutta o parte della loro infrastruttura IT internamente, ma preferiscono non utilizzare le risorse condivise di un cloud pubblico. In un data center gestito, l'azienda cliente noleggia server, storage e hardware di rete dedicati dal provider del data center, che si occupa di tutte le operazioni di amministrazione, monitoraggio e gestione. In una struttura di co-locazione, invece, l'azienda cliente possiede tutta l'infrastruttura IT e affitta uno spazio dedicato per ospitarla, mantenendo l'accesso esclusivo all'hardware e la completa responsabilità della sua gestione.²

L'architettura di un data center è molto complessa ed in continua evoluzione. Esiste infatti un trend di virtualizzazione delle principali componenti fisiche, che sta consentendo a questi ultimi di ottenere numerosi vantaggi. Ad oggi però, potremmo riassumere le sue componenti principali in 6 macro aree.

La prima è quella dei server, potenti computer che forniscono applicazioni, servizi e dati ai dispositivi degli utenti finali; la seconda è quella dei sistemi di storage; la terza è quella che riguarda la rete, che trasporta il cosiddetto "traffico di rete" attraverso i server ai clienti; la quarta si interessa dell'alimentazione elettronica e della gestione dei cavi; la quinta è tutto ciò che contribuisce alla ridondanza, fondamentale in quanto i periodi di inattività per un data center sono estremamente costosi e infatti proprio quest'ultima determina la resilienza dei data center (con un sistema a 4 livelli creato dall'Uptime Institute: Tier I, II, III e IV) e infine la sesta è quella dei controlli ambientali, fondamentali

² Cos'è un data center? | IBM, 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://www.ibm.com/it-it/topics/data-centers>.

in quanto sono proprio i fattori ambientali a poter danneggiare o addirittura distruggere l'hardware e causare periodi di inattività catastrofici e costosi.

1.2 Impatto ambientale dei data center: sfide e prospettive per la sostenibilità

“In un recente rapporto, IDC (uno dei principali provider di ricerche di mercato, analisi e servizi di consulenza) prevede che la quantità di dati passerà da 33 zettabyte (dove uno zettabyte corrisponde ad un trilione di gigabyte) del 2018 a ben 175 nel 2025. La previsione è che circa il 50% di questi dati sarà ospitato nei data center. Una crescita che si accompagna anche all'aumento degli investimenti nel settore che secondo un recente rapporto di McKinsey passeranno dai 31 miliardi di dollari del 2022 a 49 miliardi nel 2030 con una crescita del 5,4 % all'anno” (BETTIOL M., 2023, p.12).

L'aumento esponenziale della quantità di dati prodotti nel nostro pianeta, soprattutto grazie alla continua crescita tecnologica e digitalizzazione, e le previsioni di un'ulteriore crescita negli anni che verranno, come quella sopracitata, spiegano perché sempre di più i data center sono e saranno strutture fondamentali per il funzionamento della società e dell'intera economia ed il motivo per cui la loro presenza nei prossimi anni sarà sempre maggiore.

A fine 2023 il mercato globale dei data center ha un valore di 292.91 miliardi di dollari e si prevede che crescerà fino a 536.28 miliardi di dollari entro il 2030. Con un CAGR (Composed Annual Growth Rate, tasso annuo di crescita composto) del 10,72% durante questo periodo di previsione. Per quanto riguarda la segmentazione del mercato, i principali settori sono 3: l'infrastruttura IT e di telecomunicazione, la quale rappresenta il 38% del mercato, il settore bancario, dei servizi finanziari e delle assicurazioni, che richiedono il 26% della domanda e infine quello governativo che per la fornitura di servizi pubblici e compiti amministrativi necessita del 15%.³

Secondo il sito Datacentermap.com⁴, nel mondo attualmente ci sono 6126 data center dislocati in 135 paesi diversi. Tra questi 2256 si trovano negli Stati Uniti, il paese che ne

³ Rapporto sulle ultime tendenze e analisi del mercato dei data center 2024, 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://exactitudeconsultancy.com/it/reports/36044/data-center-market/>.

⁴ Data Centers - Database (datacentermap.com), 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://www.datacentermap.com>.

ospita il numero più alto e 98 in Italia, fuori dalla top 10, in cui invece rientrano il Regno Unito, la Germania e la Francia.

In base alle stime dell'Osservatorio del Politecnico di Milano, in Italia il fatturato, per il settore dei data center, nel 2023 ammonta a circa 3 miliardi di euro. Per un numero di data center che si stima possa raggiungere le 204 unità entro il 2025, più del doppio dei data center attualmente presenti nel territorio.⁵

Questi dati evidenziano la forte crescita del settore e ci fanno capire quanto sia cruciale comprendere quali sono e potrebbero essere i problemi connessi alla crescita e alla diffusione a macchia d'olio dei data center, soprattutto nel campo della sostenibilità ambientale.

Secondo il New York Times nel 2012, la maggior parte dei data center consumava ingenti quantità di energia, sprecandola. Le grandi aziende infatti, come Microsoft, Amazon, Google, Yahoo, Facebook, Apple e molte altre, facevano funzionare i propri data center ininterrottamente, ma soprattutto indipendentemente dalla domanda, e questo faceva sì che il 90% o più dell'elettricità prelevata dalla rete, venisse di fatto sprecata a causa di una gestione approssimativa delle risorse, della loro organizzazione e implementazione.⁶ La stessa indagine rileva che i data center, i quali supportano il funzionamento del cloud, di internet, dei social network, delle email, delle ricerche su Google e delle banche dati, rappresentavano il 2% del consumo globale di energia elettrica.⁷

Dati più recenti però evidenziano uno sviluppo dal punto di vista dell'efficienza. Infatti, analizzando l'andamento del Power Usage Effectiveness (PUE), uno degli indicatori più importanti utilizzati nel mondo dei data center, che corrisponde al rapporto tra quantità di energia usata complessivamente e quantità utilizzata dalle apparecchiature IT, si può

⁵ International Data Center Day: l'Italia è IV in Europa - Big Data 4Innovation, 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://www.bigdata4innovation.it>.

⁶ James Glanz, 2012, Data Centers Waste Vast Amounts of Energy Belying Industry Image - The New York Times, 22 settembre 2012, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.nytimes.com/2012/09/23/technology/data-centers-waste-vast-amounts-of-energy-belying-industry-image.html>.

⁷ Carlo Mazzucchelli, 2012, Quanto consumano e inquinano i data center? - CBR Italy - Data Center e Cablaggio Strutturato, 30/09/2012, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.cbritaly.it>.

notare come piano piano ci si stia avvicinando ad un valore pari ad 1, ovvero alla massima efficienza dei data center.⁸

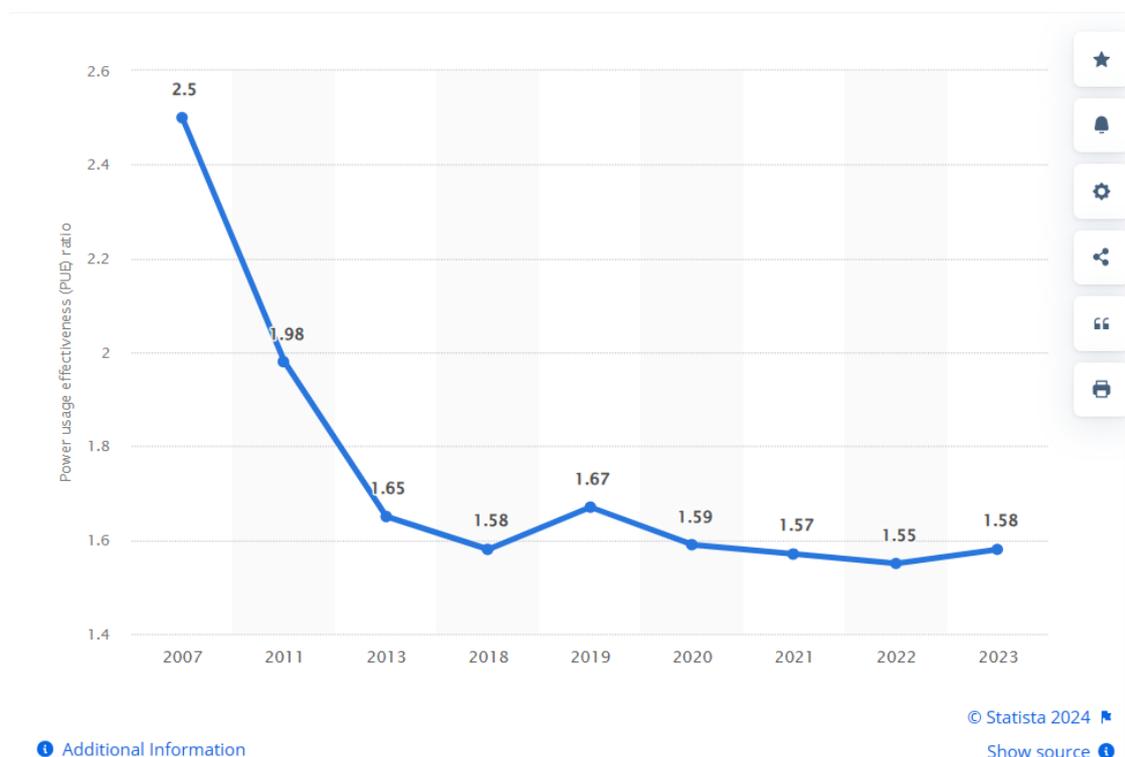


Figura 1, FONTE: Statista, in data 14/04/2024

Tra i colossi del tech, Meta dichiara che proprio i data center rappresentano la percentuale più alta del loro consumo di energia, di acqua e di emissioni di gas serra, ma che le strutture più moderne di loro proprietà, costruite nel 2022, hanno raggiunto livelli di efficienza altissimi con un PUE pari a 1.09.⁹

Nel 2021, secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia, i data center hanno consumato tra 220 e 320 TWh di elettricità a livello globale, corrispondenti a circa lo 0,9-1,3% della domanda finale mondiale di energia elettrica, contribuendo per circa lo 0,3% alle emissioni globali di CO₂.¹⁰

⁸ BETTIOL M., 2023, La sostenibilità ambientale del digitale: il ruolo dei data center, p.19, Padova University Press.

⁹ Data center - Meta Sostenibilità, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://sustainability.fb.com/data-centers/>.

¹⁰ Il digitale non è un pasto gratis: quanto inquinano i data center e come ridurne l'impatto - Agenda Digitale, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.agendadigitale.eu>.

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale in relazione ai data center, l'energia elettrica e il suo consumo, non sono l'unico aspetto che necessita di attenzioni. Anche l'acqua infatti ha un ruolo da protagonista per il funzionamento di queste gigantesche strutture, in quanto i data center la consumano sia per il raffreddamento, dato che le apparecchiature IT al loro interno, se si surriscaldano troppo, rischiano di andare incontro a rotture o a mal funzionamenti, sia per l'umidificazione, fondamentale per evitare scariche elettrostatiche all'interno della struttura, generate dall'accumulo di elettricità statica data dalla presenza di aria molto secca.¹¹

“Secondo The World Counts, un progetto open source che raccoglie i dati di consumo delle aziende di tutto il mondo, ogni anno a livello globale vengono utilizzati più di 43 mila miliardi di metri cubi di acqua”¹². Per dare un'idea di questo volume, è come se ogni anno venissero utilizzate 17,2 miliardi di piscine olimpioniche, oppure circa 32576 volte tutta l'acqua presente nel lago di Como, esclusivamente per i data center di tutto il mondo.

Questi dati dimostrano il potenziale impatto dei data center a livello ambientale e devono essere il punto di partenza per valutare i trend e le possibili conseguenze future dell'inevitabile crescita di questo settore, per far sì che non sia un danno per il nostro pianeta.

1.3 L'impatto dell'intelligenza artificiale sui data center

L'intelligenza artificiale è una tra le cause che stanno influenzando significativamente la crescita del numero di data center. In particolare l'intelligenza artificiale generativa, ovvero la nuova tipologia di intelligenza artificiale capace di generare diversi tipi di media (video, immagini, testo, musica, etc.) in base alle richieste (dette “prompt”) di chi la utilizza, sta guidando una crescita continua del mercato, in media prevista attorno al 10% all'anno fino al 2027, quando gli investimenti Capex (Capital Expenditure, ovvero gli

¹¹ Marta Abbà – Fonte TechTarget, 2024, Acqua e data center: esiste una via sostenibile | ZeroUno, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.zerounoweb.it>.

¹² Marta Abbà – Fonte TechTarget, 2024, Acqua e data center: esiste una via sostenibile | ZeroUno, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.zerounoweb.it>.

investimenti a lungo termine delle aziende) nei data center supereranno i 500 miliardi di dollari.¹³

Secondo Lucas Beran, un analista del mercato delle infrastrutture fisiche di Data Center (DCPI, Data Center Physical Infrastructure) di Dell'Oro Group, nella sua pubblicazione uscita nell'agosto del 2023¹⁴, il carico di lavoro richiesto dalle infrastrutture (applicazioni) che supportano l'intelligenza artificiale richiederà sempre più potenza computazionale e velocità di rete comportando significanti implicazioni sulla struttura dei data center stessi. Per questo motivo i data center non solo aumenteranno esponenzialmente di numero, si prevede infatti che i primi 20 provider di servizi cloud e di data center aggiungeranno ulteriori 427 nuove strutture con una capacità media più elevata¹⁵, ma anche a livello di consumi, soprattutto per quanto riguarda i sistemi di raffreddamento a liquido, un settore quest'ultimo che proprio grazie all'intelligenza artificiale e ai data center avrà una forte crescita prevista poco al di sotto dei 2 miliardi di dollari entro il 2027.

Data Center Liquid Cooling Market Forecast

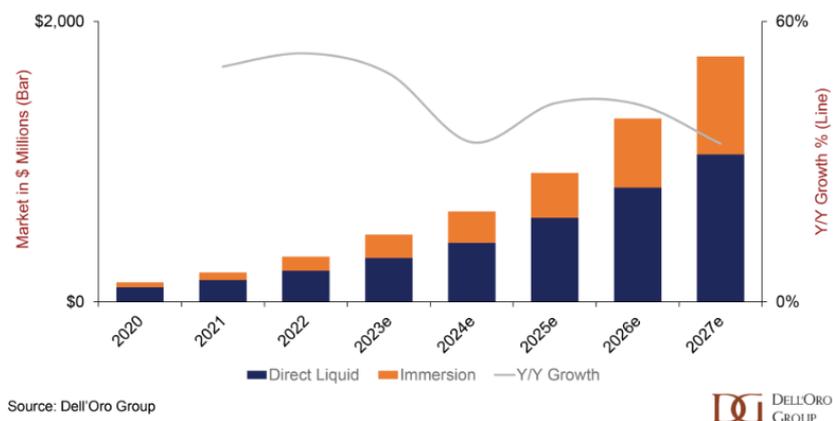


Figura 2: FONTE: Data Center Liquid Cooling Market Forecast, Dell' Oro Group, 2023

¹³ Daniele Lazzarin, 2024, L'IA sta rivoluzionando l'architettura dei data center: ecco come, consultato in data 09/04/2024, disponibile su: <https://www.digitalworlditalia.it>.

¹⁴ Lucas Beran, 2023, AI is Ushering in a New Era for Data Center Physical Infrastructure - Dell'Oro Group, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.delloro.com>.

¹⁵ Gianni Rusconi, 2023, Il sole 24 ore, Intelligenza artificiale corsa a costruire nuovi data center - Il Sole 24 ORE, 2 novembre 2023, disponibile su: <https://www.ilsole24ore.com>.

Secondo un'analisi condotta da alcuni ricercatori e riportata da Wired, solo l'addestramento di GPT-3, il modello di linguaggio su cui si basa ChatGPT, ha comportato un consumo energetico di 1287 MWh, con conseguenti emissioni di 550 tonnellate di diossido di carbonio. Una quantità di consumo energetico equivalente a quello di una singola persona che compie 550 viaggi di andata e ritorno tra New York e San Francisco (Edoardo Crivellaro, Agenda Digitale, 19 Aprile 2023)¹⁶. Per Carlos Gómez-Rodríguez, informatico presso l'Università di La Coruña in Spagna, queste quantità non sono “così male”, ma non tengono conto del fatto che non è solo necessario addestrare un modello del genere, ma anche farlo funzionare affinché milioni di persona possano utilizzarlo.

Per quanto riguarda il consumo di acqua “Shaolei Ren, professore associato di ingegneria elettrica e informatica dell'Università della California Riverside, ha condotto una ricerca stimando che l'addestramento di GPT-3 nei data center statunitensi di Microsoft ha consumato direttamente 700.000 litri di acqua in circa un mese, escluso l'uso indiretto di acqua associato alla generazione di elettricità. Il team ha calcolato anche che ogni breve conversazione che va dalle 20 alle 50 domande e risposte con ChatGPT consuma circa 500 millilitri di acqua.”¹⁷

Inoltre, secondo Martin Bouchard, cofondatore della società canadese di data center QScale, l'introduzione dell'intelligenza artificiale generativa nei processi di ricerca, come indicato nei piani di Microsoft e Google, richiederà almeno quattro o cinque volte più potenza di calcolo rispetto a quanto necessario attualmente.¹⁸

L'espansione dell'utilizzo dell'intelligenza artificiale dunque ha portato ad un significativo aumento dei consumi energetici, soprattutto per quanto riguarda l'addestramento e il raffreddamento dei modelli. Questa crescita evidentemente rappresenta una sfida importante in termini di sostenibilità ambientale, e richiede di certo una particolare

¹⁶ Il digitale non è un pasto gratis: quanto inquinano i data center e come ridurne l'impatto - Agenda Digitale, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.agendadigitale.eu/smart-city/il-digitale-non-e-un-pasto-gratis-quanto-inquinano-i-data-center-e-come-ridurne-limpatto/>.

¹⁷ Startmag.it. "Quanta acqua consumano i data center di Amazon, Google, Meta e Microsoft." *Startmag*, 1° dicembre 2022, consultato in data 14/04/2024, <https://www.startmag.it/energia/data-center-consumo-acqua/>.

¹⁸ Rath, Akshat. "The Generative AI Race Has a Dirty Secret." *Wired*, 1° giugno 2023, consultato in data 14/04/2024, <https://www.wired.com/story/the-generative-ai-search-race-has-a-dirty-secret/>.

attenzione nel bilanciare le prestazioni desiderate con l'impatto ambientale. È fondamentale investire nella ricerca e nello sviluppo di soluzioni volte a ottimizzare l'efficienza energetica dei modelli di intelligenza artificiale, al fine di ridurre il loro impatto ambientale e promuovere uno sviluppo sostenibile della tecnologia.

2. CAPITOLO SECONDO - L'IMPATTO DELLE GRANDI MULTINAZIONALI NEL SETTORE DEI DATA CENTER

2.1 Le pratiche e i risultati delle grandi multinazionali (FAMGA)

L'acronimo "FAMGA" viene utilizzato per fare riferimento alle 5 maggiori multinazionali del settore della tecnologia dell'informazione (IT): Facebook (anche se ad oggi il nuovo nome è "Meta"), Amazon, Microsoft, Google e Apple. Queste multinazionali, grazie alla loro possibilità economica, sono spesso le leader del cambiamento e diventano dunque fondamentali da osservare per capire, nel nostro caso specifico, come si sta evolvendo il settore dei data center e quanto ci sia un impegno o meno per aumentarne la sostenibilità.

Meta, nel report di sostenibilità del 2023, afferma di aver raggiunto l'obiettivo delle zero emissioni nette di gas serra principalmente utilizzando solo energia rinnovabile per il funzionamento dei suoi data center ed uffici e di avere come obiettivo finale, entro il 2030, di raggiungere un livello di emissioni pari a zero in tutta la catena del valore dell'azienda¹⁹. Le principali fonti di energia rinnovabile per l'azienda sono quella solare ed eolica, tanto che entro il 2025 l'azienda supporterà altri 86 progetti eolici e solari negli Stati Uniti che aggiungeranno 9,8 GW di energia rinnovabile alle reti locali in 24 stati e 74 contee.²⁰

In parallelo all'utilizzo di energia rinnovabile però, per ridurre le emissioni e gli sprechi di energia, resta fondamentale l'ottimizzazione dell'efficienza energetica. Interessante da notare è il fatto che il segreto dell'efficienza di Meta nell'utilizzo dell'energia da parte dei suoi data center non risiede nelle strutture fisiche, ma principalmente nelle invisibili linee di codice della piattaforma stessa. Per esempio, la creazione di "MyRocks", un approccio che ha consentito all'azienda di dimezzare la quantità di storage necessario, e

¹⁹ 2023 Sustainability Report - Meta Sustainability, 2023, disponibile su: <https://sustainability.fb.com/wp-content/uploads/2023/07/Meta-2023-Sustainability-Report-1.pdf>.

²⁰ Energy - Meta Sustainability, 2023, disponibile su: <https://sustainability.fb.com/energy/>.

di “Autoscale”, una tecnologia che permette di evitare lo spreco di energia durante le ore di poco utilizzo dei server, sono due delle principali iniziative, assieme a molte altre, che hanno consentito di minimizzare la quantità di risorse informatiche necessarie per alimentare la piattaforma (Dan Lee, Jonathan Rowe, 21 Gennaio 2020).

L’utilizzo di energia rinnovabile e l’ottimizzazione dell’efficienza energetica però, non sono gli unici strumenti che l’azienda di Mark Zuckerberg può utilizzare per ridurre l’impatto ambientale dei suoi data center. Meta infatti, si preoccupa anche dell’impatto che queste strutture hanno sull’utilizzo di risorse idriche e per ridurre quest’ultimo i suoi data center danno priorità all’efficienza idrica in loco in diversi modi:

- Utilizzano una tecnologia di raffreddamento più efficiente dal punto di vista idrico rispetto allo standard del settore.
- Si localizzano in luoghi con una vegetazione autoctona resistente alla siccità, di modo da non rischiare di danneggiarla.
- Catturano le infiltrazioni dell'acqua piovana in loco.
- Integrano impianti e tecnologie per il risparmio idrico all'interno delle strutture dei data center stessi.

L’obiettivo dell’azienda, entro il 2030, è quello di ripristinare più acqua di quanta ne consumano a livello globale.²¹

²¹ Water-Stewardship.pdf, 2023, disponibile su: <https://datacenters.atmeta.com/wp-content/uploads/2023/10/Water-Stewardship.pdf>.

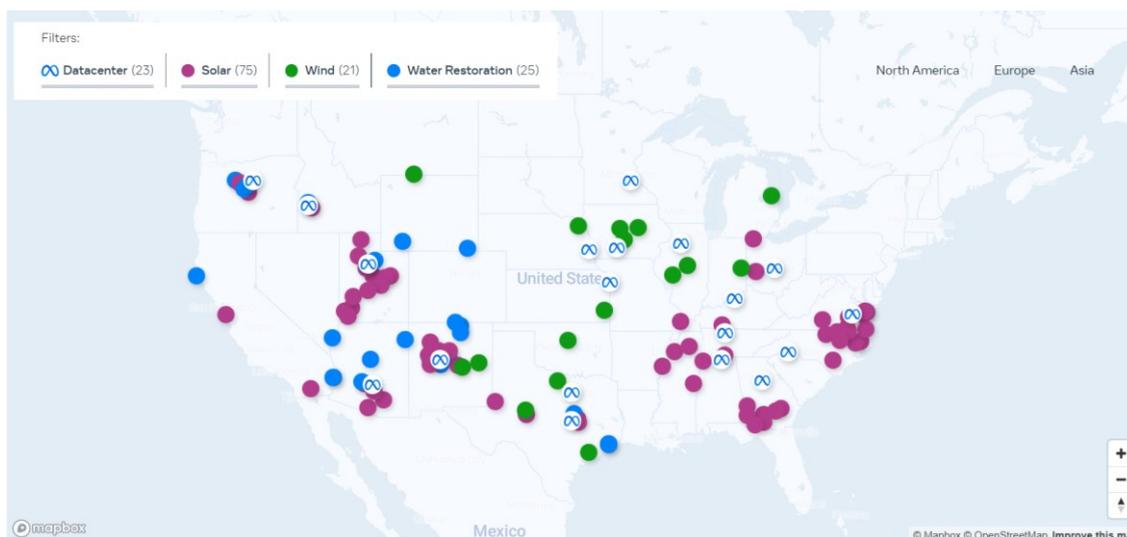


Figura 3: Mappa dell'impatto sulla sostenibilità ambientale di Meta nel Nord America

Amazon mostra i suoi progressi sul campo della sostenibilità delle infrastrutture di AWS (Amazon Web Services) mettendo in evidenza i seguenti dati sui suoi data center:

- 5 volte più efficienti degli standard europei.
- 3,9 miliardi di litri d'acqua restituiti alle comunità ogni anno.
- 90% dell'energia, nel 2022, da loro utilizzata derivante da fonti rinnovabili.²²

Secondo il paper scritto da Daniel Bizo, analista di 451 Research (un'azienda che si occupa di analisi di mercato e consulenza tecnologica), commissionato da AWS stessa, nel quale sono state coinvolte per un sondaggio 302 aziende americane appartenenti a più di 20 diversi settori, le emissioni dei data center di Amazon Web Service sono dell'88% inferiori rispetto a quelle delle altre aziende coinvolte nel sondaggio e ancora più impressionante è il fatto che, anche se confrontato con il 10% delle organizzazioni più efficienti intervistate, il passaggio ad AWS comporterebbe comunque in media una riduzione del 72% delle emissioni di carbonio²³.

Diversi sono i fattori che consentono ad Amazon di essere più sostenibile della maggior parte delle aziende che hanno a che fare con le stesse problematiche di settore. Il primo è l'efficienza di scala, grazie infatti alla scalabilità, rispetto al classico data center on-premise, Amazon riesce ad avere un utilizzo maggiore delle risorse e ad evitare sprechi

²² The Cloud - Amazon Sustainability, 2023, disponibile su: <https://sustainability.aboutamazon.com>.

²³ About Amazon, Ottobre 2019, *AWS and the path to net zero carbon*, Daniel Bizo, 451 Research, disponibile su: <https://sustainability.aboutamazon.com/carbon-reduction-aws.pdf>.

di ogni tipo, sempre i sopracitati studi condotti da 451 Research hanno rilevato infatti che un eventuale spostamento del lavoro svolto on-premise sul cloud di AWS potrebbe ridurre le emissioni di carbonio delle aziende clienti di quasi l'80% o addirittura fino al 96% nel caso in cui AWS fosse alimentata per il 100% da energia rinnovabile, obiettivo a cui l'azienda ambisce entro il 2025. Il secondo è legato alla capacità di prevedere le prestazioni. Grazie a metodi di modellazione avanzati infatti l'azienda riesce a capire come si comporterà un data center prima ancora che venga costruito e questo è fondamentale per la progettazione di una struttura energeticamente efficiente e affidabile. Il terzo è l'efficienza nel raffreddamento, una delle principali fonti di consumo di energia (in media nei data center contribuisce per circa il 40% al consumo di energia elettrica²⁴), Amazon afferma che per ottimizzare quest'ultima vengono utilizzate diverse tecniche a seconda del periodo dell'anno e particolari sensori per adattare in tempo reale queste ultime alle mutevoli condizioni metereologiche. L'ultimo motivo, ugualmente determinante, è l'efficienza energetica, per migliorare quest'ultima secondo l'azienda sono stati fondamentali gli investimenti nel chip AWS Graviton3 che consente, rispetto al chip precedente (EC2) di utilizzare il 60% di energia in meno a parità di prestazioni.²⁵

²⁴ Il digitale non è un pasto gratis: quanto inquinano i data center e come ridurne l'impatto - Agenda Digitale, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.agendadigitale.eu>.

²⁵ The Cloud - Amazon Sustainability, 2023, disponibile su: <https://sustainability.aboutamazon.com>.

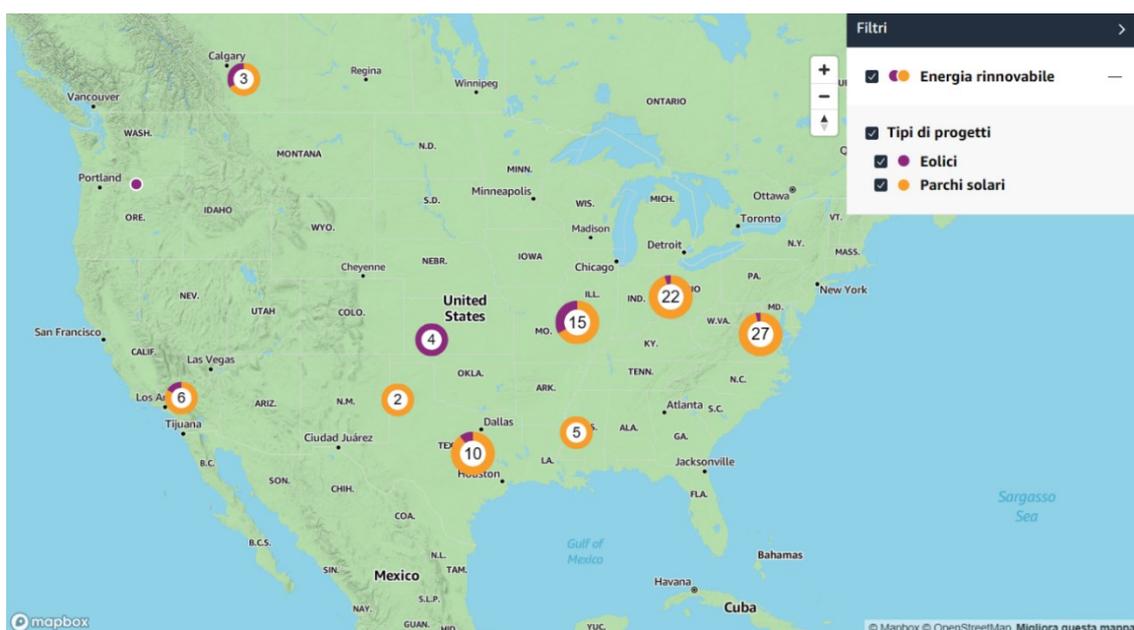


Figura 4: Mappa progetti eolici e solari di Amazon nel Nord America.

Amazon inoltre consente ai propri clienti di monitorare la loro impronta ambientale nell'utilizzo delle sue strutture attraverso un apposito strumento che rende loro la vita più facile nel momento in cui bisogna poi redigere i bilanci di sostenibilità.

Nell'articolo di Kristin Houser, pubblicato il 5 Novembre 2021, vengono presentati alcuni dati molto interessanti sull'impatto ambientale dei data center e successivamente si parla delle iniziative che Microsoft sta adottando per aumentarne la sostenibilità.

Kristin Houser scrive che il consumo di elettricità di un data center è fino a 50 volte superiore, per metro quadrato, rispetto alla media degli edifici commerciali e riporta un'affermazione di Venkatesh Uddameri, direttore del Water Resources Center della Texas Tech University: "Il tipico data center utilizza circa 3-5 milioni di galloni d'acqua al giorno, la stessa quantità d'acqua di una città di 30.000-50.000 persone", numeri impressionanti soprattutto quando poi si legge che solo Microsoft prevede di costruirne dalle 50 alle 100 nuove unità ogni anno²⁶.

In che modo allora il colosso Tech di Bill Gates si impegna per aumentarne la sostenibilità? Gli obiettivi sono quelli di diventare carbon negative, ovvero di assorbire

²⁶ I data center devono essere più ecologici: Microsoft è all'avanguardia (freethink.com), 2024, consultato in data 20/05/2024, disponibile su: <https://www.freethink.com/energy/data-centers>.

più carbonio di quanto ne venga emesso, e water positive, ovvero di reintegrare più acqua di quanta ne venga consumata, entro il 2030. Due tra i primi passi verso questi target sono il funzionamento dei data center con il 100% di energia rinnovabile entro il 2025²⁷ e la riduzione del consumo di acqua del 95% entro il 2024. Il secondo reso possibile dall'utilizzo di un nuovo sistema di gestione della temperatura in grado di far funzionare i server a temperature più elevate, ovvero aumentando il cosiddetto "set point", la temperatura da raggiungere prima che il sistema di raffreddamento si attivi, consentendo ai data center di minimizzare l'utilizzo di acqua per il raffreddamento, addirittura fino al 60% nei luoghi più caldi come ad esempio l'Arizona.

Sono ancora più interessanti, curiosi e a tratti "fuori dagli schemi" i metodi studiati da Microsoft per aumentare la sostenibilità dei suoi data center nella fase di realizzazione di questi ultimi. Dallo studio di Linda Cerana sull'impatto climatico dell'intero ciclo di vita del VSIX, un'infrastruttura gestita dal Centro per la Connettività e i Servizi al Territorio dell'Università degli Studi di Padova, (Bettiol, 2023, p.100) sappiamo infatti che circa l'80.8% del potenziale riscaldamento globale generato da un data center risiede proprio nella fase di realizzazione di quest'ultimo. Forse proprio per questo motivo, in relazione a questa fase, Microsoft sta studiando dei materiali da costruzione sperimentali, tra cui "mattoni viventi" composti da alghe e tubi strutturali realizzati in micelio, che consentirebbero alle pareti stesse delle strutture di immagazzinare carbonio e di essere dunque loro stesse complici nella sostenibilità del data center.

Per quanto riguarda l'efficienza energetica, dal white-paper del 2020 intitolato "The carbon benefits of cloud computing", uno studio sul cloud di Microsoft in collaborazione con WSP, emerge che grazie all'efficienza operativa IT, all'efficienza delle apparecchiature IT, all'efficienza dell'infrastruttura del data center e all'approvvigionamento di energia elettrica rinnovabile, il cloud Microsoft è tra il 22% e

²⁷ Microsoft Sustainability Calculator helps enterprises analyze the carbon emissions of their IT infrastructure | Microsoft Azure Blog, 2023, consultato in data 21/05/2024, disponibile su: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/microsoft-sustainability-calculator-helps-enterprises-analyze-the-carbon-emissions-of-their-it-infrastructure/>.

il 93% più efficiente dal punto di vista energetico rispetto ai tradizionali data center on-premise e tra il 72% e il 98% più efficiente in termini di emissioni di carbonio.²⁸

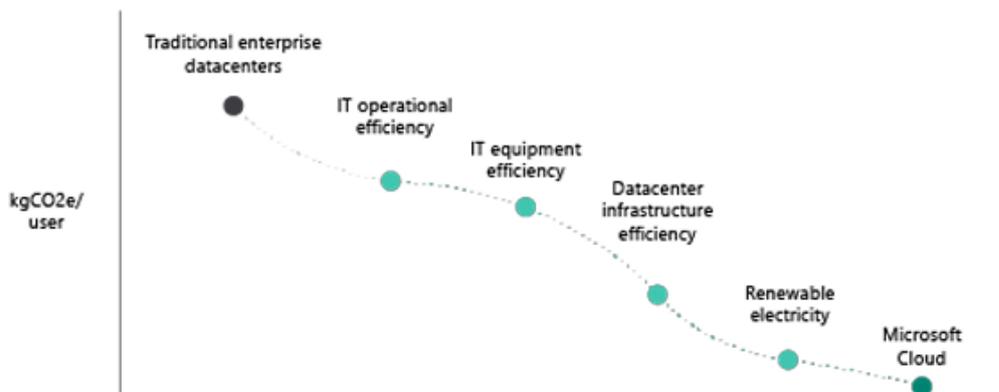


Figure 1*: The four features of the Microsoft Cloud that reduce environmental impact.
*kgCO2e = kilograms of carbon dioxide equivalent

Figura 5: Caratteristiche del Cloud di Microsoft che riducono il suo impatto ambientale.

Nel gruppo delle FAMGA anche Google non è da meno in termini di efficienza, infatti, Urs Hölzle, vicepresidente senior dell'infrastruttura tecnica, in un articolo pubblicato il 27 febbraio 2020, afferma che in media i data center di Google sono il doppio più efficienti di un tipico data center on-premise e che, allo stesso tempo, riescono a fornire circa sette volte la potenza computazionale che riuscivano a fornire 5 anni fa (nel 2015)²⁹. Google infatti, riesce a sfruttare al massimo ogni watt che utilizza e in questo modo ha raggiunto risultati in termini di PUE tra i migliori rispetto alle multinazionali del settore, spingendosi ad un PUE medio annuale di 1.11 nel 2018 e sempre inferiore all'1.14 dal 2014 in poi. "Controllando direttamente il raffreddamento del data center, il nostro sistema di raccomandazione basato sull'intelligenza artificiale sta già offrendo un risparmio energetico consistente di circa il 30% in media. E nel 2019 l'efficacia media annua del consumo energetico per la nostra flotta globale di data center ha raggiunto un nuovo minimo storico di 1.10, rispetto alla media del settore di 1.67, il che significa

²⁸ Riduci l'impronta di carbonio con la migrazione al cloud - Microsoft Sostenibilità, 2023, consultato in data 22/05/2024, disponibile su:

<https://www.microsoft.com/en/sustainability/assess?activetab=pivot:azuretab>.

²⁹ Data centers are more energy efficient than ever (blog.google), 2023, consultato in data 23/05/2024, disponibile su: <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/data-centers-energy-efficient/>.

che i data center di Google utilizzano circa sei volte meno energia per ogni unità di energia delle apparecchiature IT” (Urs Hölzle, 27 febbraio 2020).

Per farlo l’azienda combina l’utilizzo di chip per l’apprendimento automatico basati sull’intelligenza artificiale, come ad esempio i “Tensor Processing Units” che ha sviluppato nel 2016, all’utilizzo di server ad altissime prestazioni.³⁰

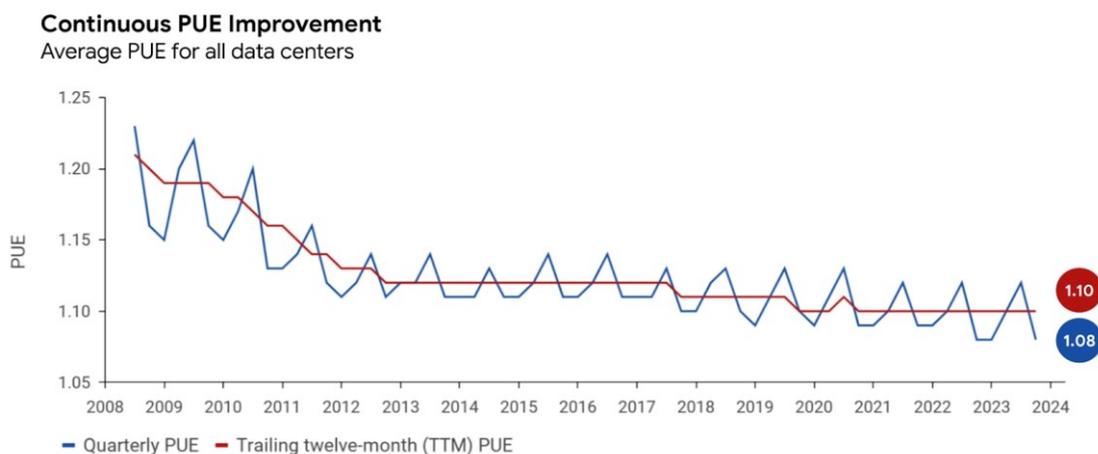


Figura 6: dati PUE relativi a tutti i data center di Google su larga scala.³¹

Nel “Google Environmental Report 2019” l’azienda afferma di essere neutrale per quanto riguarda le emissioni di carbonio già da un decennio (dal 2007) e che nel 2018 il 100% del consumo di energia globale delle sue attività si è basato su fonti rinnovabili, due traguardi alquanto sorprendenti se comparati con quelli delle altre multinazionali del settore della tecnologia dell’informazione. Ma in che modo una multinazionale riesce ad utilizzare esclusivamente energia rinnovabile? Google stessa ci spiega che per farlo dal 2010 ha firmato 34 accordi per l’acquisto di oltre 3.75 GW di energia rinnovabile.³²

In fine anche Apple si pone l’obiettivo di essere interamente “Carbon Neutral” entro il 2030, non solo per quanto riguarda i suoi data center, ma anche per l’intera supply chain e per l’intero ciclo di vita dei suoi prodotti.

³⁰ Data centers are more energy efficient than ever (blog.google), 2023, consultato in data 23/05/2024, disponibile su: <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/data-centers-energy-efficient/>.

³¹ Efficienza – Data center – Google, 2023, consultato in data 24/05/2024, disponibile su: <https://www.google.com/intl/it/about/datacenters/efficiency/>.

³² Google Environmental Report 2019 - Google Sustainability, 2019, disponibile su: <https://sustainability.google/reports/environmental-report-2019/#data-centers>.

Già dal 2016 i data center di Apple sono completamente alimentati da fonti rinnovabili. Questo avviene principalmente attraverso accordi di acquisto di energia, come nel caso di Google, ma l'azienda utilizza anche una serie di altre soluzioni che si basano sul clima e altri aspetti del luogo specifico in cui si trovano i singoli data center, come ad esempio pannelli solari ad accesso diretto, progetti di micro-idroelettricità locali, impianti a biomassa, sistemi di raffreddamento tramite ventilazione naturale e altre iniziative simili. Relativamente a questo è molto interessante il “Rapporto sulla Responsabilità Ambientale” relativo all’anno fiscale 2016 nel quale da pagina 41 a pagina 46 vengono spiegate le singole soluzioni ad hoc intraprese nei diversi data center di proprietà dell’azienda presenti in 7 diverse città: Maiden, Newark, Prineville, Reno, Mesa, Viborg e Athenry. Questi 7 data center però non bastano a compensare l’enorme necessità di Apple di usufruire di queste strutture, e infatti l’azienda ammette di utilizzare anche data center in co-locazione e servizi su cloud di terze parti i quali però vengono ugualmente considerati nel calcolo dell’utilizzo di energia dell’azienda, per essere sicuri di utilizzare per il 100% esclusivamente fonti rinnovabili.³³

2.2 L’efficienza energetica e gli investimenti in energia rinnovabile delle Big Tech

Confrontando i dati che fino ad ora ho citato è impressionante notare le differenze tra i livelli di efficienza raggiunti dai data center delle grandi multinazionali rispetto a quelli raggiunti in media dai data center creati da altri enti, il più delle volte di dimensioni inferiori. Come abbiamo visto nel primo capitolo infatti, in media nel 2023 i data center avevano un PUE (“Power Usage Effectiveness”) pari a 1.58, un dato altissimo soprattutto se lo confrontiamo coi dati riportati all’inizio di questo capitolo dove, per esempio, secondo il report di Google, l’azienda a partire dal 2014 non ha mai superato il valore di 1.14 in termini di PUE medio annuo. Ciò significa che Google negli ultimi dieci anni è sempre stata per circa un 28% più efficiente della media in termini di PUE medio annuo. Questo dimostra quanto, grazie agli investimenti, le aziende con più potere nel mercato riescano ad essere avanti di decenni rispetto alla concorrenza, non solo dal punto di vista tecnologico, ma anche dal punto di vista della sostenibilità.

³³ Apple_Environmental_Responsibility_Report_2017.pdf, 2017, disponibile su: https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Responsibility_Report_2017.pdf.

Un altro fattore comune a tutte le Big Tech, oltre all'efficienza energetica dei loro data center e ai continui investimenti tecnologici per migliorare quest'ultima, è l'enorme quantità di capitale che stanno spostando sulle risorse rinnovabili. I motivi principali sono chiaramente tre: la ricerca di una protezione dal continuo oscillamento dei prezzi delle fonti di energia tradizionali; la volontà di migliorare la reputazione dell'azienda e del suo brand e l'intenzione, sempre più condivisa tra i grandi player globali, di diminuire il proprio impatto sull'ambiente (Edoardo Crivellaro, Agenda Digitale, 19 Aprile 2023).

Ma in che modo queste grandi aziende investono sull'energia rinnovabile? Principalmente, come ho accennato prima nella parte dedicata a Google, il metodo che queste aziende sfruttano è l'acquisto di "PPAs", ovvero i Power Purchase Agreements, sostanzialmente dei contratti di acquisto dell'energia, nel loro caso, rinnovabile (Edoardo Crivellaro, Agenda Digitale, 19 Aprile 2023).³⁴

Secondo il grafico redatto dall' IEA, l'agenzia internazionale dell'energia, le più grandi aziende private in termini di acquisto di PPAs sono infatti, nel seguente ordine decrescente, Amazon, Microsoft, Meta e Google.

³⁴ Il digitale non è un pasto gratis: quanto inquinano i data center e come ridurne l'impatto - Agenda Digitale, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.agendadigitale.eu>.

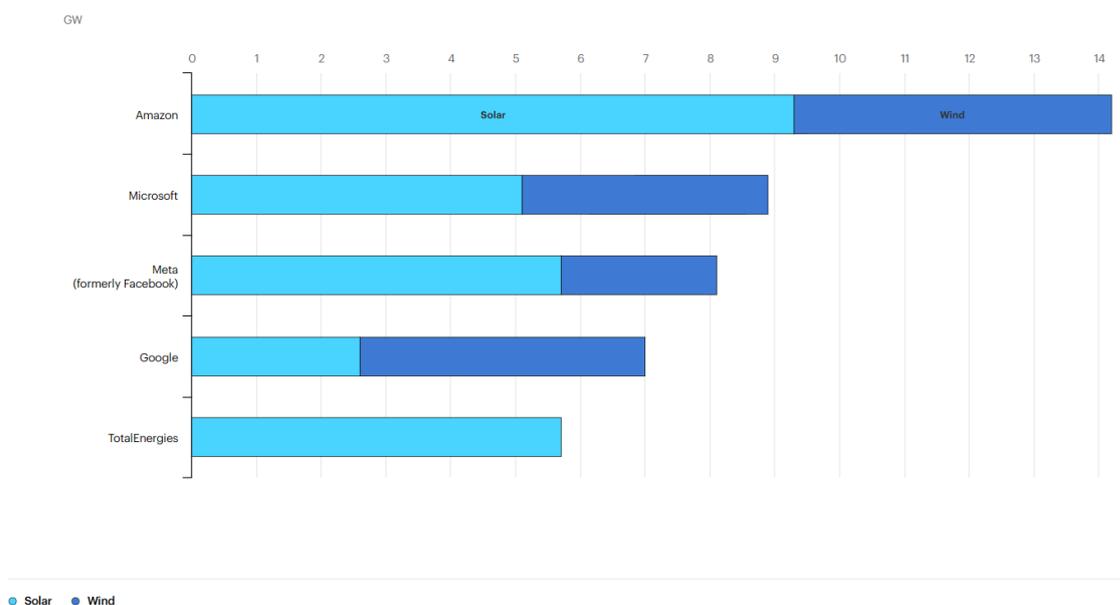


Figura 7: Top five corporate off-takers of renewable energy power purchase agreements, 2010-2021, Last update in Sept. 2022.³⁵

La maggior parte di queste aziende, come abbiamo visto, grazie a questi contratti riesce a soddisfare il 100% della propria domanda annuale di energia. Questo però non vuol dire che i singoli data center siano esclusivamente alimentati solo e soltanto da fonti rinnovabili. La variabilità dell’energia che deriva dalle fonti eoliche o da quelle solari infatti, non è facile da combinare con la necessità di energia di un data center, il quale deve funzionare 24 ore su 24 e 7 giorni su 7. Questo comporta che talvolta, per sopperire alla mancanza di energia rinnovabile al momento del bisogno, queste grandi aziende siano costrette ad utilizzare alcune reti locali alimentate da energia derivante da fonti non rinnovabili.

Per esempio, Sebastian Moss, in un articolo pubblicato il 22 aprile del 2017, ci fa notare che nel “Rapporto sulla responsabilità ambientale” relativo all'anno fiscale 2016, in una nota a piè di pagina, Apple ha rivelato che quell’anno, per far fronte alle emergenze, ha dovuto ricorrere a generatori di emergenza alimentati a diesel e ciò ha comportato un consumo di circa 261 580 galloni (che corrispondono a 990 187.46 litri) di diesel, ovvero

³⁵ Top five corporate off-takers of renewable energy power purchase agreements 2010-2021 – Charts – Data & Statistics - IEA, 2021, consultato in data 27/05/2024, disponibile su: <https://www.iea.org>.

quasi il 3.54% della quantità consumata nell'intera penisola italiana ogni anno (28 miliardi di litri nel 2024 ³⁶).³⁷

Microsoft e Google si sono espressi su questo tema annunciando che entro il 2030 vogliono raggiungere l'obiettivo di alimentare i propri data center 24 ore su 24 e 7 giorni su 7 mediante l'utilizzo esclusivo delle reti energetiche alimentate da fonti rinnovabili.³⁸

³⁶ Carburante in Italia abbiamo speso 709 mld nel 2023: 381 mld li ha incassati lo Stato come accise e Iva - Fortune Italia, 2023, consultato in data 28/05/2024, disponibile su: <https://www.fortuneita.com/2024/02/12/carburante-in-italia-abbiamo-speso-709-mld-nel-2023-381-mld-li-ha-incassati-lo-stato-come-accise-e-iva/>.

³⁷ Sun wind and sea: Apple details data center renewable energy initiatives - DCD (datacenterdynamics.com), 2023, consultato in data 29/05/2024, disponibile su: <https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/sun-wind-and-sea-apple-details-data-center-renewable-energy-initiatives/>.

³⁸ Il digitale non è un pasto gratis: quanto inquinano i data center e come ridurne l'impatto - Agenda Digitale, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.agendadigitale.eu> o al seguente link diretto: <https://www.agendadigitale.eu/smart-city/il-digitale-non-e-un-pasto-gratis-quanto-inquinano-i-data-center-e-come-ridurne-limpatto/>.

3. CAPITOLO TERZO - SITUAZIONE AMBIENTALE DEI DATA CENTER IN ITALIA

3.1 Scenario attuale dei data center in Italia

Come abbiamo già sottolineato in precedenza, secondo il sito www.datacentermap.com attualmente in Italia sono presenti 98 data center. La provincia che ne ospita di più è Milano, con un numero pari a circa 37 data center, a seguire c'è Roma, con 9 e sul gradino più basso del podio Torino, con 5.³⁹



Figura 8: Mappa dei data center in Italia (www.datacentermap.com)

Il settore dei data center in Italia, come nel resto del mondo, è in una fase di fortissima crescita e a dircelo sono i dati. Alla fine del 2022 l'ammontare del traffico giornaliero di dati è stato 3,2 volte superiore rispetto al traffico registrato all'inizio del 2019 e allo stesso

³⁹ Italy Data Centers (datacentermap.com), 2024, consultato in data 30/05/2024, disponibile su: <https://www.datacentermap.com/italy/>.

modo è cresciuto anche il numero di utenti che utilizzano servizi online come ad esempio le piattaforme di streaming (queste infatti hanno beneficiato di una crescita degli utenti dell'85% nello stesso periodo) o i servizi di e-commerce (che hanno quasi raggiunto un aumento del 20%).⁴⁰

In Italia, per quanto riguarda il settore dei data center un ruolo fondamentale lo svolge l'IDA, ovvero l'associazione italiana datacenter. Il gruppo, che attualmente è composto da 18 soci e 98 partner, si definisce come segue: "l'associazione italiana dei costruttori e operatori di Data Center, nata dal sodalizio fra Microsoft, Equinix, Rai Way, Data4, STACK Infrastructure, Digital Realty, Vantage Data Centers e CBRE Data Centers, che mira a riunire tutti gli attori dell'ecosistema in Italia. Le aziende più rilevanti del settore si sono unite nella costruzione di uno spazio comune per rappresentare e assicurare la promozione dei Data Centers come pilastro per l'economia digitale"⁴¹.

Gli obiettivi dell'associazione sono principalmente tre:

- Rappresentare il settore presso le istituzioni, promuovendo il riconoscimento dell'industria, rappresentando gli interessi del settore, sensibilizzando gli stakeholders e monitorando le dinamiche di mercato.
- Sostenere la collaborazione e lo sviluppo degli associati, promuovendo l'efficienza energetica, la sostenibilità ambientale e la sicurezza sul lavoro, aggiornando gli associati sugli sviluppi del settore, favorendo processi più snelli per la costruzione e l'operatività dei data center e sviluppando le professionalità e le competenze che il settore stesso richiede.
- Informare gli utenti e l'opinione pubblica, promuovendo iniziative per far conoscere il settore dei data center, rappresentando il settore nei confronti di organizzatori di fiere, esposizioni, associazioni e attori sociali, cooperando con tutte le associazioni e organizzazioni del settore, collaborando con le istituzioni

⁴⁰ Cresce il mercato globale dei Data Center e l'Italia in particolare Milano diventa sempre più strategica e interessante per gli investitori | CBRE Italy, Andrea Calzavacca, 16 novembre 2023, consultato in data 31/05/2024, disponibile su: <https://www.cbre.it>.

⁴¹ IDA - Italian Datacenter Association home page, 2024, consultato in data 01/06/2024, disponibile su: <https://italiandatacenter.com/about-us/>.

scolastiche e accademiche e promuovendo nel settore l'inclusione e la diversità di genere ad ogni livello organizzativo.⁴²

Tra le varie informazioni che ci fornisce l'associazione italiana Data Center sono molto interessanti quelle sul piano economico. Secondo l'associazione infatti, il settore dei data center può avere un fortissimo impatto sull'economia di un paese, sull'occupazione e sulla sostenibilità, sia sociale che ambientale. L'IDA stima che se ci fossero condizioni più favorevoli alla crescita del settore allora gli investimenti diretti e indiretti, messi assieme, su quest'ultimo supererebbero i 7.000 milioni di euro nei prossimi tre anni, con un CAGR (Compounded Average Growth Rate = tasso annuo di crescita composto) stimato del 3,80% e la creazione di molti posti di lavoro.

L'Italia, con la sua posizione geografica favorevole data dall'accesso al Mediterraneo e dalla centralità in Europa, è ben posizionata per accogliere la nuova ondata di sviluppi di data center. Questo vantaggio logistico facilita l'installazione e il mantenimento delle infrastrutture necessarie. Per promuovere questo settore, è essenziale un quadro normativo che sia semplice, trasparente ed efficace. Inoltre, il riconoscimento e il sostegno da parte delle istituzioni governative sono fondamentali per attrarre capitali nazionali ed internazionali, posizionando il Paese come una destinazione di investimento attrattiva.

L'installazione di nuovi cavi sottomarini lungo le coste italiane, l'ingresso di nuovi attori internazionali nei servizi cloud e di interconnessione, e la crescente maturità digitale delle imprese italiane stanno creando un terreno fertile per affrontare la sfida di ridurre il divario con altri grandi mercati tecnologici europei, noti come i paesi FLAP, ovvero Francoforte, Londra, Amsterdam, Parigi, dove il settore dei data center è già ampiamente sviluppato.

I recenti annunci di investimenti da parte di vari fornitori di servizi cloud, insieme agli sforzi per creare condizioni fiscali, energetiche e di disponibilità di terreni adeguate, potrebbero portare a investimenti infrastrutturali stimati in miliardi di euro nei prossimi cinque anni. Con questi investimenti si otterrebbe un'infrastruttura adeguata alle

⁴² IDA - Italian Datacenter Association home page, 2024, consultato in data 01/06/2024, disponibile su: <https://italiandatacenter.com/mission/>.

dimensioni dell'economia italiana e dunque in grado di sostenere il PIL del Paese. CBRE Italia (Commercial Real Estate Services) stima che, considerando il rapporto tra il PIL e la potenza in MW installata nei data center, Milano ha un potenziale di crescita di circa cinque volte rispetto alla situazione attuale dei Paesi FLAP.

La cosa più importante però resta il fatto che l'investimento nelle infrastrutture dei data center provocherà un effetto moltiplicatore sugli investimenti degli altri settori collegati, creando posti di lavoro. La crescente domanda energetica dei nuovi data center, unita a quella dei centri esistenti, richiederà la produzione di centinaia di MW di energia rinnovabile, con un consumo stabile dato dal funzionamento continuo, 24 ore su 24 e 7 giorni su 7, del settore. Si prevede quindi la necessità di impiegare circa 30.000 persone altamente qualificate per la costruzione, la gestione e il funzionamento di questi centri, oltre all'indotto che ne deriverà. Con tali sviluppi, l'economia italiana potrebbe mantenere una crescita costante nei cinque anni successivi, traducendosi in ulteriori miliardi di euro di investimenti con impatti economici significativi.⁴³

3.2 Iniziative nazionali per la sostenibilità e casi di “Best Practices”

Anche in Italia, dal punto di vista della sostenibilità nel settore dei data center, sono stati fatti molti passi in avanti e ci sono continui sviluppi per migliorare le strutture già presenti nel territorio e anche quelle in via di costruzione. Gli operatori italiani più “piccoli” infatti, ispirandosi agli sviluppi delle grandi multinazionali e ai metodi (di cui ho parlato nel secondo capitolo) che queste utilizzano, stanno iniziando a porre particolare attenzione su questo aspetto investendo in soluzioni di efficienza energetica e fonti rinnovabili per i loro data center.

In particolare, sono 4 i casi che sottolineano questa nuova attenzione sia sul settore di per sé che sul piano della sostenibilità legato a quest'ultimo.

Il primo riguarda l'azienda Fastweb che nel suo report di sostenibilità del 2022, in particolare nel paragrafo 3.2.3 denominato “Cloud e cybersecurity: un binomio strategico al servizio dei clienti”, ci dimostra quanto si stia impegnando per lo sviluppo delle sue

⁴³ IDA - Italian Datacenter Association home page, 2024, consultato in data 01/06/2024, disponibile su: <https://italiandatacenter.com/impatto-economico/>.

strutture e ad accelerare la trasformazione digitale della Pubblica Amministrazione e delle piccole e medie imprese. In particolare l'azienda italiana, tramite un'intesa siglata nel 2021 con Amazon Web Services (AWS) inizia una formazione ad hoc per il personale, facendo ottenere a circa 500 dipendenti la certificazione "AWS Cloud Practitioner" nel corso del 2022. Lo stesso anno l'azienda italiana vince anche il premio "AWS Rising Star Partner of the Year", che Amazon Web Services assegna ai partner italiani che hanno saputo applicare al meglio le soluzioni cloud di AWS e nell'ottica di rafforzare ulteriormente le offerte Cloud e potenziare il suo posizionamento nel segmento della trasformazione digitale, apre in collaborazione con Aruba un nuovo data center a Ponte San Pietro in provincia di Bergamo che si aggiunge al data center Tier IV a Roma e all'hub tecnologico di Milano. Quest'ultimo è un fiore all'occhiello per il settore in quanto, senza compromettere i massimi standard garantiti di affidabilità e prestazioni, riesce a minimizzare il suo impatto ambientale essendo alimentato al 100% da impianti idroelettrici e fotovoltaici di proprietà di Aruba e dunque da fonti rinnovabili e totalmente "green".⁴⁴

Il secondo caso invece è quello di TIM. Anche quest'azienda italiana, nel bilancio di sostenibilità 2022, dedica uno spazio alle innovazioni messe in atto nei suoi data center e ai traguardi raggiunti. Ci spiega infatti che gestisce 16 strutture in 8 città diverse della penisola, di cui 6 data center "Core" (in rosso sulla mappa), 7 data center public cloud (in arancione sulla mappa) e 3 centri di servizi (in azzurro sulla mappa) e che proprio le ultime strutture, realizzate tra il 2021 e il 2022, sono state create con materiali di costruzione privi di contaminanti, sistemi di illuminazione che riducono l'inquinamento luminoso e pitture ecologiche.

⁴⁴Fastweb S.p.A. "Report di Sostenibilità 2022." *Fastweb*, 2022, pagina 57, disponibile su: <https://www.fastweb.it/corporate/azienda-e-sostenibilita/sostenibilita/Fastweb-Report-di-Sostenibilita-2022-it.pdf>.



Figura 9: Mappa dei data center di TIM

Inoltre, per migliorare l'efficienza energetica nei data center “Core” (ovvero quelli che offrono servizi cloud e di colocation alle massime prestazioni), vengono effettuati diversi interventi mirati a ottimizzare il raffrescamento e l'illuminazione delle sale, nonché a rinnovare i sistemi di continuità (UPS) e gli impianti di condizionamento. Proprio grazie a queste iniziative, si stima un risparmio energetico medio di circa 2,8 GWh all'anno. L'azienda poi, sostiene di essere in possesso di più di 100 certificazioni che attestano la sicurezza e l'efficienza di questi siti.⁴⁵

Un'altra attenzione che TIM sta avendo sui propri Data Center riguarda il miglioramento dell'efficienza dei sistemi di raffreddamento. L'azienda infatti sta seguendo un programma di graduale sostituzione degli attuali gas che utilizza per il raffreddamento, dato che questi ultimi hanno un potenziale di riscaldamento globale molto elevato.⁴⁶

Il terzo caso di best practices riguarda Aruba S.p.A., la principale azienda italiana che offre servizi IT di data center, web hosting, posta elettronica, PEC e registrazione domini.

⁴⁵ TIM, (2022), *Bilancio di Sostenibilità 2022*. Disponibile su: <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/sostenibilit%C3%A0/doc-bilanci/2022/TIM-bilancio-sostenibilita-2022-ITA.pdf> a pagina 21.

⁴⁶ TIM, (2022), *Bilancio di Sostenibilità 2022*. Disponibile su: <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/sostenibilit%C3%A0/doc-bilanci/2022/TIM-bilancio-sostenibilita-2022-ITA.pdf> a pagina 306.

La società possiede data center a Roma, ad Arezzo, a Bergamo e a Ktiš, in Repubblica Ceca e nel proprio sito web espone in maniera molto chiara il suo impegno verso il miglioramento del settore dal punto di vista ambientale. Come traguardi da raggiungere Aruba si pone l'obiettivo di rispettare quelli fissati dal Climate Neutral Data Center Pact (CNDPC) entro il 2030, utilizzare energia elettrica derivante da fonti rinnovabili ed esclusivamente con garanzie d'origine (GO) o prodotta direttamente da impianti fotovoltaici ed elettrici di loro proprietà e ideare data center che fin dalle prime fasi di progettazione si concentrino sul raggiungere la massima efficienza e risparmio energetico, i cosiddetti data center "green-by-design".

Aruba inoltre dimostra la sua sostenibilità anche nella parte di raffreddamento dei suoi data center. Infatti, anziché raffreddare l'intero volume delle sale dati, che causerebbe un grande spreco energetico, l'azienda utilizza un sistema altamente efficiente che compartimenta i flussi d'aria fredda e calda. L'aria fredda viene canalizzata direttamente verso la parte frontale dei rack, isolandola dal resto della sala dati e ottimizzando così il consumo energetico. Questo approccio permette di mantenere la temperatura dell'hardware sotto controllo in modo ecologico ed efficiente.⁴⁷

L'ultimo caso che voglio citare è quello di CSI Piemonte (Consorzio per il Sistema Informativo), una delle principali aziende informatiche italiane che realizza i servizi digitali della pubblica amministrazione che i cittadini e le imprese utilizzano tutti i giorni. Questa azienda è una piccola realtà rispetto alle altre già citate e proprio per questo, dal mio punto di vista, è un caso rilevante in quanto aiuta a comprendere come anche le piccole aziende stiano cercando di migliorarsi sul fronte della sostenibilità. Infatti CSI Piemonte nel Piano di Attività del 2023, in particolare nella parte relativa agli investimenti nel prossimo triennio (2023, 2024 e 2025), sottolinea la necessità di sviluppare la potenza dei data center, ponendo una particolare attenzione sul piano dell'efficienza di questi ultimi.

⁴⁷ Aruba S.p.A. (2024). *I Data Center di Aruba*. Disponibile su: <https://www.datacenter.it/home.aspx>.

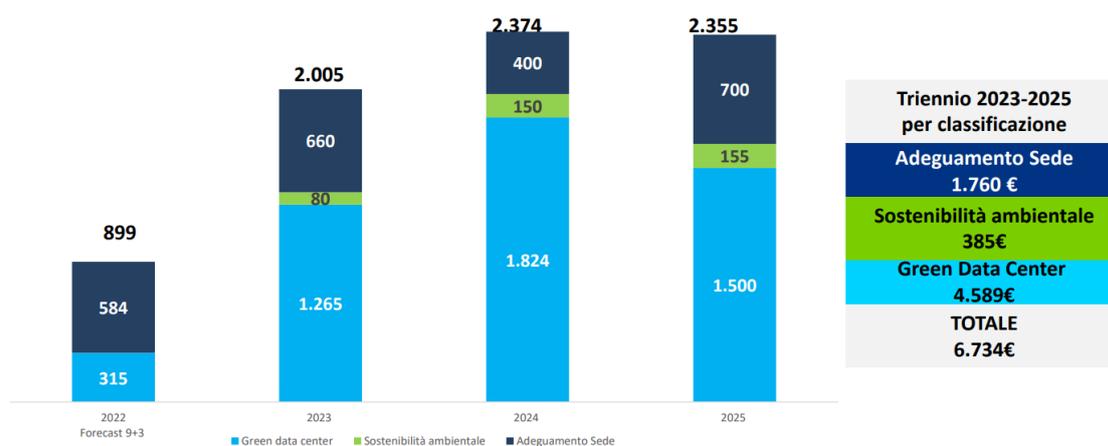


Figura 10: Piano triennale degli investimenti sui data center (dati in migliaia)

In totale, nell’arco dei tre anni, la società prevede di stanziare circa 6.7 milioni di euro per lo sviluppo della azienda stessa e il 68% di questa somma sarà interamente dedicato al Green Data Center per progettare e realizzare una nuova linea elettrica ed una green room ad alta densità ed efficienza energetica.⁴⁸

3.3 Prospettive future sulla sostenibilità del settore in Italia

Il tema della sostenibilità del settore dei Data Center è un tema caldo non solo all’estero, ma anche in Italia e a dimostrarcelo non sono solo gli esempi sopracitati, ma anche l’Associazione Italiana dei Data Center stessa che sul proprio sito web scrive: “Gli investimenti nel settore richiedono una crescita sostenibile a livello economico, sociale e ambientale. I data center sono importanti per la digital economy e contribuiscono alla sostenibilità ambientale e sebbene percepiti come altamente energivori, molti sono progettati per essere efficienti dal punto di vista energetico. La sostenibilità ambientale è una priorità per gli esperti dell’industria e i progettisti ma la carenza di legislazione specifica sui data center è un ostacolo allo sviluppo di politiche di sostenibilità efficaci. La digitalizzazione sostenibile può aiutare a raggiungere gli obiettivi climatici europei, in

⁴⁸ CSI Piemonte. (2023). *Piano di Attività 2023*. Disponibile su: https://www.csipiemonte.it/sites/default/files/inline_download/chi_siamo/azienda/CSI_Piano_Activita_2023.pdf (pagine 43 e 44).

quanto il Green Deal dell'UE prevede che tutti i data center diventino neutri dal punto di vista delle emissioni di CO2 entro il 2030".⁴⁹

Il gruppo di lavoro dell'IDA infatti si pone diversi obiettivi riguardo a questo tema, tra cui quello di promuovere la sostenibilità ambientale e l'efficienza energetica, favorire politiche che possano sostenere l'adeguamento di strutture obsolete e sviluppare linee guida che consentano la costruzione e l'operatività sostenibile di data center in modo contiguo con EUDCA (l'European Data Center Association).⁵⁰

Per quanto riguarda le prospettive future, il ruolo dell'Unione Europea nel promuovere un miglioramento dell'impatto ambientale dei data center sarà fondamentale nei prossimi anni. Secondo le stime della Commissione Europea, "I data center rappresentano quasi il 3% della domanda di elettricità dell'UE". Questo è uno dei motivi per cui il 10 ottobre 2023 è stato introdotto un nuovo regolamento delegato sull'efficienza energetica dei data center. Il regolamento stabilisce un nuovo schema di rendicontazione sulla sostenibilità per i data center, definendo indicatori come l'efficienza nell'uso dell'acqua, il fattore di riutilizzo dell'energia e l'uso delle energie rinnovabili. Inoltre, specifica quali dati devono essere monitorati e riportati introducendo una metodologia comune di misurazione e di calcolo per creare uno schema comunitario che valuti la sostenibilità dei data center con una potenza installata di almeno 500 kW. Entro il 15 maggio 2026, tutti gli operatori del settore dovranno raccogliere, pubblicare e comunicare tutte le informazioni richieste alla banca dati europea.⁵¹

Si auspica che il nuovo regolamento, insieme al supporto e alle indicazioni dell'IDA e all'aumentata attenzione mediatica sulla sostenibilità, possa elevare il settore dei data center in Europa a livelli comparabili a quelli delle principali aziende tecnologiche americane. L'intento è non solo migliorare le capacità operative e le innovazioni

⁴⁹ IDA - Italian Datacenter Association home page, 2024, consultato in data 01/06/2024, disponibile su: <https://italiandatacenter.com/sostenibilita/>.

⁵⁰ IDA - Italian Datacenter Association home page, 2024, consultato in data 01/06/2024, disponibile su: <https://italiandatacenter.com/sostenibilita/>.

⁵¹ Stefania Del Bianco, 12 dicembre 2023, *Efficienza energetica dei data center, l'atto delegato UE*. Recuperato da <https://www.rinnovabili.it/energia/efficienza-energetica-dei-data-center-atto-delegato-ue>.

tecnologiche, ma soprattutto potenziare la sostenibilità ambientale, finora considerata un punto debole nel settore dei data center.

CONCLUSIONE

In un mondo sempre più digitalizzato, i data center rappresentano l'infrastruttura nascosta, ma essenziale che sostiene una vasta gamma di attività quotidiane, dalla comunicazione personale alla gestione di complessi sistemi aziendali. Questa tesi ha esplorato le fondamenta dei data center, il loro impatto ambientale e le iniziative di sostenibilità, nonché il ruolo delle grandi multinazionali e la situazione specifica in Italia.

I data center, definiti come complessi di sistemi informatici e di telecomunicazioni, sono fondamentali per l'elaborazione, la memorizzazione e la distribuzione delle informazioni. Senza di essi, molte delle nostre attività digitali quotidiane sarebbero impossibili. Tuttavia, l'espansione di queste infrastrutture comporta significative sfide ambientali, in particolare riguardo al consumo di energia e acqua. Gli indicatori di efficienza, come il Power Usage Effectiveness (PUE), mostrano progressi nella riduzione dell'impatto ambientale, ma evidenziano anche la necessità di ulteriori miglioramenti.

L'intelligenza artificiale, in particolare l'IA generativa, sta accelerando la crescita del numero e della capacità dei data center, aumentando al contempo le esigenze energetiche e di raffreddamento. Questo sviluppo solleva ulteriori questioni di sostenibilità, richiedendo soluzioni innovative per bilanciare le crescenti capacità computazionali con la necessità di ridurre l'impatto ambientale.

Le grandi multinazionali, rappresentate dalle FAMGA (Meta, Amazon, Microsoft, Google e Apple), stanno adottando approcci avanzati per migliorare l'efficienza energetica e ridurre le emissioni di carbonio. Le loro strategie includono l'uso di energie rinnovabili, l'ottimizzazione dei processi attraverso tecnologie avanzate e l'implementazione di pratiche di costruzione sostenibili. Questi leader del settore stanno dimostrando che è possibile combinare crescita tecnologica e sostenibilità ambientale, fungendo da esempio per altre aziende.

In Italia, il settore dei data center è in rapida crescita, con un numero crescente di strutture e investimenti significativi in nuove tecnologie e pratiche sostenibili. L'Associazione Italiana Data Center (IDA) gioca un ruolo cruciale nel promuovere la sostenibilità e

l'efficienza energetica nel settore. Le iniziative di aziende italiane come Fastweb, TIM, Aruba e CSI Piemonte mostrano un impegno crescente verso la riduzione dell'impatto ambientale dei data center.

Guardando al futuro, la sostenibilità dei data center sarà una priorità sempre più importante. Le normative europee, come il nuovo regolamento sull'efficienza energetica dei data center, forniranno un quadro normativo per guidare lo sviluppo sostenibile del settore. È essenziale che tutti gli attori coinvolti continuino a innovare e a investire in soluzioni che riducano l'impatto ambientale, garantendo al contempo che le infrastrutture digitali possano soddisfare le crescenti esigenze della società moderna.

In conclusione, i data center sono una componente indispensabile dell'era digitale, ma la loro crescita deve essere gestita in modo sostenibile. Attraverso l'adozione di tecnologie avanzate, l'uso di energie rinnovabili e pratiche di efficienza energetica, è possibile minimizzare l'impatto ambientale di queste infrastrutture. Le esperienze delle grandi multinazionali e delle aziende italiane offrono preziose lezioni e modelli da seguire per garantire un futuro in cui l'innovazione tecnologica e la sostenibilità ambientale possano coesistere armoniosamente.¹

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. BETTIOL M., 2023, La sostenibilità ambientale del digitale: il ruolo dei data center, p.11-12, Padova University Press.
2. Cos'è un data center? | IBM, 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://www.ibm.com/it-it/topics/data-centers>.
3. Rapporto sulle ultime tendenze e analisi del mercato dei data center 2024, 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://exactitudeconsultancy.com>.
4. Data Centers - Database (datacentermap.com), 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://www.datacentermap.com>.
5. James Glanz, 2012, Data Centers Waste Vast Amounts of Energy Belying Industry Image - The New York Times, 22 settembre 2012, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.nytimes.com/2012/09/23/technology/data-centers-waste-vast-amounts-of-energy-belying-industry-image.html>.
6. Carlo Mazzucchelli, 2012, Quanto consumano e inquinano i data center? - CBR Italy - Data Center e Cablaggio Strutturato, 30/09/2012, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.cbritaly.it>.
7. Data center - Meta Sostenibilità, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://sustainability.fb.com/data-centers/>.
8. Il digitale non è un pasto gratis: quanto inquinano i data center e come ridurne l'impatto - Agenda Digitale, 2024, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.agendadigitale.eu> o al seguente link diretto: <https://www.agendadigitale.eu/smart-city/il-digitale-non-e-un-pasto-gratis-quanto-inquinano-i-data-center-e-come-ridurne-limpatto/>.
9. Marta Abbà – Fonte TechTarget, 2024, Acqua e data center: esiste una via sostenibile | ZeroUno, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.zerounoweb.it>.
10. Daniele Lazzarin, 2024, L'IA sta rivoluzionando l'architettura dei data center: ecco come, consultato in data 09/04/2024, disponibile su: <https://www.digitalworlditalia.it>.
11. Data Center Liquid Cooling Market Forecast, Dell' Oro Group, 2023.
12. Lucas Beran, 2023, AI is Ushering in a New Era for Data Center Physical Infrastructure - Dell'Oro Group, consultato in data 14/04/2024, disponibile su: <https://www.delloro.com>.

13. Gianni Rusconi, 2023, Il sole 24 ore, Intelligenza artificiale corsa a costruire nuovi data center - Il Sole 24 ORE, 2 novembre 2023, disponibile su: <https://www.ilsole24ore.com>.
14. Startmag.it. "Quanta acqua consumano i data center di Amazon, Google, Meta e Microsoft." *Startmag*, 1 dicembre 2022, www.startmag.it/innovazione/quanta-acqua-consumano-i-data-center-di-amazon-google-meta-e-microsoft/.
15. Fastweb-Report-di-Sostenibilita-2022-it.pdf, 2022 (pagina 57).
16. TIM-bilancio-sostenibilita-2022-ITA.pdf, 2022 (gruppotim.it) (pagina 21 e 306), disponibile su: <https://www.gruppotim.it>.
17. CSI_Piano_Activita_2023.pdf, 2023 (csipiemonte.it) (pagina 43 e 44), disponibile su: <https://www.csipiemonte.it>.
18. International Data Center Day: l'Italia è IV in Europa - Big Data 4Innovation, 2024, consultato in data 13/04/2024, disponibile su: <https://www.bigdata4innovation.it>.
19. The Generative AI Race Has a Dirty Secret | WIRED, 2024, consultato in data 16/05/2024, disponibile su: <https://www.wired.com>.
20. 2023 Sustainability Report - Meta Sustainability, 2023, disponibile su: <https://www.fb.com/sustainability/report/>.
21. Energy - Meta Sustainability, 2023, disponibile su: <https://www.fb.com/sustainability/energy/>.
22. Dan Lee, Jonathan Rowe, Facebook Engineering, 21 Gennaio 2020, *Hyperefficient Data Centers*, disponibile su: <https://tech.facebook.com/engineering/2020/1/hyperefficient-data-centers/>.
23. Water-Stewardship.pdf, 2023, disponibile su: <https://datacenters.atmeta.com/water-stewardship.pdf>.
24. The Cloud - Amazon Sustainability, 2023, disponibile su: <https://sustainability.aboutamazon.com>.
25. About Amazon, Ottobre 2019, *AWS and the path to net zero carbon*, Daniel Bizo, 451 Research, disponibile su: <https://aboutamazon.com/carbon-reduction-aws.pdf>.
26. I data center devono essere più ecologici: Microsoft è all'avanguardia (freethink.com), 2024, consultato in data 20/05/2024, disponibile su: <https://www.freethink.com/energy/data-centers>.

27. Microsoft Sustainability Calculator helps enterprises analyze the carbon emissions of their IT infrastructure | Microsoft Azure Blog, 2023, consultato in data 21/05/2024, disponibile su: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/microsoft-sustainability-calculator-helps-enterprises-analyze-the-carbon-emissions-of-their-it-infrastructure/>.
28. Riduci l'impronta di carbonio con la migrazione al cloud - Microsoft Sostenibilità, 2023, consultato in data 22/05/2024, disponibile su: <https://www.microsoft.com/en/sustainability/assess?activetab=pivot:azuretab>.
29. Data centers are more energy efficient than ever (blog.google), 2023, consultato in data 23/05/2024, disponibile su: <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/data-centers-energy-efficient/>.
30. Efficienza – Data center – Google, 2023, consultato in data 24/05/2024, disponibile su: <https://www.google.com/intl/it/about/datacenters/efficiency/>.
31. Google Environmental Report 2019 - Google Sustainability, 2019, disponibile su: <https://sustainability.google/reports/environmental-report-2019/#data-centers>.
32. Apple Environmental Responsibility Report 2017.pdf, 2017, disponibile su: https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Responsibility_Report_2017.pdf.
33. Top five corporate offtakers of renewable energy power purchase agreements 2010-2021 – Charts – Data & Statistics - IEA, 2021, consultato in data 27/05/2024, disponibile su: <https://www.iea.org>.
34. Carburante in Italia abbiamo speso 709 mld nel 2023: 381 mld li ha incassati lo Stato come accise e Iva - Fortune Italia, 2023, consultato in data 28/05/2024, disponibile su: <https://www.fortuneita.com/2024/02/12/carburante-in-italia-abbiamo-speso-709-mld-nel-2023-381-mld-li-ha-incassati-lo-stato-come-accise-e-iva/>.
35. Sun wind and sea: Apple details data center renewable energy initiatives - DCD (datacenterdynamics.com), 2023, consultato in data 29/05/2024, disponibile su: <https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/sun-wind-and-sea-apple-details-data-center-renewable-energy-initiatives/>.
36. Italy Data Centers (datacentermap.com), 2024, consultato in data 30/05/2024, disponibile su: <https://www.datacentermap.com/italy/>.
37. Cresce il mercato globale dei Data Center e l'Italia in particolare Milano diventa sempre più strategica e interessante per gli investitori | CBRE Italy, Andrea

- Calzavacca, 16 novembre 2023, consultato in data 31/05/2024, disponibile su: <https://www.cbre.it>.
38. IDA - Italian Datacenter Association home page, 2024, consultato in data 01/06/2024, disponibile su: <https://italiandatacenter.com/>.
39. Fastweb S.p.A. "Report di Sostenibilità 2022." *Fastweb*, 2022, pagina 57, disponibile su: <https://www.fastweb.it/corporate/azienda-e-sostenibilita/sostenibilita/Fastweb-Report-di-Sostenibilita-2022-it.pdf>.
40. TIM, (2022), *Bilancio di Sostenibilità 2022*. Disponibile su: <https://www.gruppotim.it/content/dam/gt/sostenibilit%C3%A0/doc-bilanci/2022/TIM-bilancio-sostenibilita-2022-ITA.pdf>.
41. Aruba S.p.A. (2024). *I Data Center di Aruba*. Disponibile su: <https://www.datacenter.it/home.aspx>.
42. CSI Piemonte. (2023). *Piano di Attività 2023*. Disponibile su: https://www.csipiemonte.it/sites/default/files/inline_download/chi_siamo/azienda/CSI_Piano_Activita_2023.pdf (pagine 43 e 44).
43. Stefania Del Bianco, 12 dicembre 2023, *Efficienza energetica dei data center, l'atto delegato UE*. Recuperato da <https://www.rinnovabili.it/energia/efficienza-energetica-dei-data-center-atto-delegato-ue>.

ⁱ Numero di parole utilizzate: 8971.