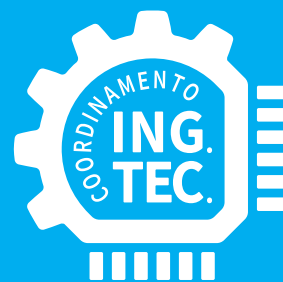


BOLLETTINO

DEL COORDINAMENTO INGEGNERI E TECNICI

APPROFONDIMENTI, ANALISI E NOTIZIE DALLE AZIENDE DEL MONDO HI-TECH - MARZO 2026



LA SFIDA DEI CERVELLI

È difficile avere dati comparabili sui laureati annuali in materie STEM (Science, Technology, Engineering e Mathematics). Le stime che riportiamo in figura mostrano il gap evidente tra le grandi potenze: Europa 600 mila, USA 800 mila, India 2,5 milioni e Cina in testa con 3,5 milioni (altre fonti arrivano fino a 5 milioni). Il futuro delle competenze tecniche si sta scrivendo in Asia. Una sproporzione che già ora incide sulla capacità di innovazione, ma che peserà ancora di più in futuro. Il *Financial Times* del 13 gennaio descrive come funziona il programma educativo d'élite del sistema scolastico cinese. Ogni anno circa 100 mila adolescenti talentuosi sono selezionati per entrare in "classi genio" nelle migliori scuole superiori. Tali studenti sono preparati per le Olimpiadi internazionali in matematica, fisica, chimica, biologia e informatica. Un sistema che permette ai migliori di saltare il temuto gaokao (esame di ammissione universitaria) e accedere direttamente alle Università migliori. Questo sistema è collegato ad una più ampia riforma uni-

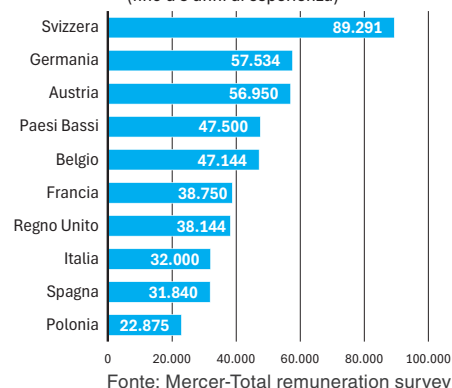
versitaria avviata negli anni 2000. I frutti cominciano a vedersi. Le classi genio hanno prodotto i leader delle principali aziende tech: il fondatore di ByteDance (Tik Tok), il leader di Taobao e PDD, il fondatore di Meituan e ingegneri core di DeepSeek, Qwen-Alibaba e il chief scientist di Tencent. Nella sfida per la sovranità tecnologica e nella lotta per il dominio nell'intelligenza artificiale, oltre ai capitali e alle infrastrutture, gioca un ruolo non secondario l'intelligenza umana "naturale".

Gli Stati Uniti compensano il ritardo nella "produzione di cervelli" importando laureati STEM nei loro laboratori e presso le aziende Big tech.

Secondo Fondazione Deloitte, solo il 26,5% degli studenti europei è iscritto a percorsi STEM e negli ultimi 10 anni il loro numero è rimasto fermo. Più di un'azienda su due segnala difficoltà nel reperire profili con skills adeguate, mentre la competizione tecnologica accelera.

La competenza richiede anche una retribuzione che la valorizzi. Gli stipendi

Busta paga media dei neolaureati
(fino a 5 anni di esperienza)



medi dei neolaureati italiani sono agli ultimi posti in Europa, davanti solo a Polonia e Spagna, dove peraltro i salari sono in forte accelerazione (Il Sole 24 ORE, 18 febbraio).

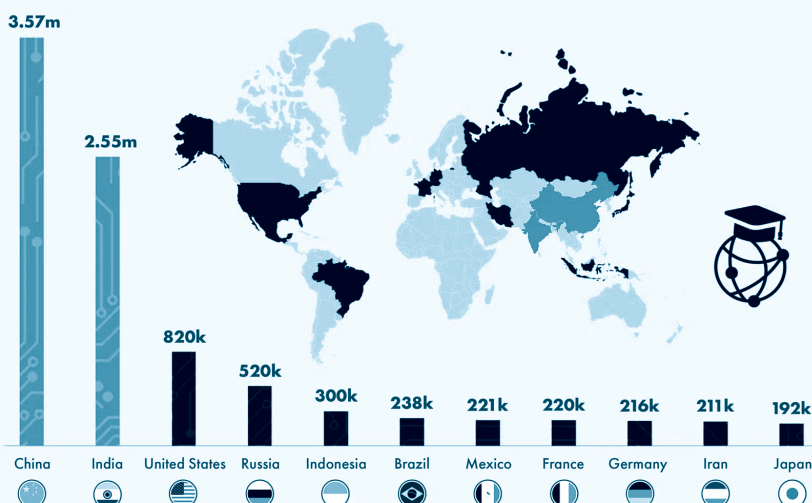
Il riarmo a livello mondiale sta generando un aumento della spesa bellica che sta anch'esso attirando competenze tecniche e scientifiche.

A febbraio si è svolta presso la Scuola Navale Militare di Venezia la 3° Conferenza nazionale sulle discipline STEM nella Difesa. "Le forze armate operano in scenari multidominio caratterizzati da minacce ibride sempre più avanzate. In tale ottica, la Conferenza vuole evidenziare che la risposta a questa complessità crescente risiede nella formazione STEM".

Cervelli in concorrenza per l'innovazione scientifica, in competizione per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale, in rivalità per l'industria bellica. Come sarebbe invece un mondo dove i cervelli, anziché essere messi gli uni contro gli altri, fossero uniti nella cooperazione mondiale?

Top Countries by Number of STEM Graduates

Graduates in Science, Technology, Engineering, and Mathematics in 2020



@CSETGeorgetown Source: OECD and the statistical yearbooks of Russia, Indonesia, Iran, India, and China

CSET CENTER for SECURITY and EMERGING TECHNOLOGY

Sommario

Energia solare.....	pp. 2 e 3
Tech workers e sindacato nel Regno Unito.....	pp. 4 e 5
L'età "d'oro" del rame.....	p. 6
Infrastrutture dell'intelligenza artificiale.....	pp. 7 e 8

ENERGIA SOLARE

Crescita impetuosa, supremazia cinese, sovracapacità produttiva



Il 3 giugno 2024 la centrale solare a pannelli fotovoltaici (PV-photovoltaic) da 3,5 GW in Urumqi, nella regione cinese dello Xinjiang è stata connessa alla rete elettrica nazionale. Al momento è il maggior impianto PV del mondo. Comprende più di 5 milioni di pannelli con tecnologia monocristallina bifacciale, ciascuno con capacità di 650 W. Il progetto include l'installazione di circa 1 milione di pali di supporto e 208 km di linee di trasmissione che collegano l'impianto alla rete nazionale tramite una sottostazione elettrica da 750 kV. La costruzione vera e propria è iniziata nell'agosto del 2023 e, con l'impiego di una forza lavoro di 20.000 operai, ha portato a compimento l'opera in un tempo relativamente breve, sfruttando anche innovative tecniche di costruzione basate sui droni. Con la connessione alla rete della centrale di Urumqi, la Cina ha ora i primi tre maggiori impianti PV al mondo. Oltre a quello di Urumqi da 3,5 GW, i siti di Ningxia Tenggel e di Golmud Wutumeiren, ambedue da 3 GW.

La classifica è in costante aggiornamento. Progetti per nuovi giganteschi parchi solari sono annunciati in varie parti del mondo, con il nuovo hub di investimenti collocato nella regione del Golfo Persico. Ma è sempre la Cina a dettare il ritmo. La compagnia statale China Three Gorges Renewables Group, che fa capo all'azienda che gestisce il maggior impianto idroelettrico del mondo (la famosa diga delle Tre Gole), costruirà un impianto solare PV da 8 GW, come parte di un progetto più ampio di energia rinnovabile il cui investimento si aggirerà intorno agli 11 miliardi di dollari.

Ciclo di investimenti

La crescita della domanda globale di energia e la ristrutturazione del sistema energetico mondiale spinge gli investimenti a livelli record. Nel 2024 sono stati pari a 3.200 miliardi di dollari e, secondo le ultime stime della International Energy Agency (IEA), nel 2025 dovrebbero aver superato quota

3.300 miliardi, il 20% in più rispetto ai livelli del 2015.

La tabella mostra la media annuale degli investimenti in energia nel periodo 2022-24 ripartita per settore:

Average global energy investments 2022-24	
Upstream Oil&Gas	560
Midstream Oil&Gas	270
Coal	170
Fossil fuels	150
Renewables	680
Electrical grid and storage	390
Energy efficiency	270
Nuclear	70
Others	295
Data from IEA expressed in billions of dollars	

La quota di investimenti nelle rinnovabili diventa sempre più ampia e punta a superare gli investimenti complessivi nel settore Oil & Gas entro la fine del decennio.

Il solare fotovoltaico (PV)

Tra le fonti rinnovabili, il solare fotovoltaico si sta dimostrando il settore più dinamico. Sempre facendo riferimento ai dati dell'ultimo Outlook della IEA, che consuntiva i dati fino al 2024, l'installazione di nuovi pannelli PV è decuplicata nel periodo 2015-2024, arrivando ad una potenza annuale installata di 451 GW nel 2024.

Il solare PV rappresenta il 30% di tutti gli investimenti nel campo della produzione di energia elettrica. Di questo 30%, il 60% è sviluppato in Cina.

Nonostante i numeri notevoli in termini di risorse finanziarie investite e di installazioni fisiche, l'incidenza del solare sulla produzione totale di energia è ancora limitata. Se infatti i parchi solari PV con un valore installato pari a 2.164 GW rappresentano già ora il 21% del totale della capacità elettrica installata

(10.249 GW), la quota di produzione di energia elettrica da fonte solare PV rappresenta solo il 6,6% (2.073 TWh da solare PV contro i 31.229 TWh totali). Se consideriamo il totale dell'energia prodotta nel mondo, allora l'incidenza del solare PV risulta ancora più limitata, valendo l'1,3% del totale mondiale.

Il maggior problema che affligge gli impianti solari PV è il basso valore del "Capacity Factor" che, in termini globali, misura il rapporto tra la produzione effettiva di un impianto e la sua capacità nominale massima. È chiaro che per un impianto solare PV, la produzione nominale massima può avvenire solo durante alcune ore al giorno; è ridotta quando l'incidenza dei raggi solari si fa più obliqua; si annulla durante le ore notturne. Il valore del Capacity Factor medio mondiale per gli impianti solari PV è aumentato durante il corso dell'ultimo decennio grazie ai continui miglioramenti tecnologici, ma si attesta ancora a poco più del 17% contro un valore medio del 50% delle fonti fossili e dell'80% del nucleare.

Basi scientifiche e produzione dei pannelli

Il solare fotovoltaico ha tra le sue basi scientifiche gli studi sull'effetto omonimo, che sono valse il premio Nobel per la fisica a Einstein. Si tratta di una tecnologia il cui sfruttamento è relativamente recente per via dei costi proibitivi che la costruzione dei pannelli aveva fino a qualche decennio fa. È la Exxon – una delle sette sorelle del petrolio – che inizia l'installazione dei pannelli solari in ambito terrestre nelle sue piattaforme offshore e in siti remoti, dando avvio all'uso commerciale dei pannelli fotovoltaici.

Due sono le tecnologie che attualmente dominano il mercato dei pannelli PV: il silicio cristallino e il tellurio di cadmio a film sottile. Il primo di essi vale comunque il 95% di tutte le installazioni.

La produzione dei pannelli a base silicio cristallino parte da silicio nella

forma di quarzite o ciotoli di quarzo per ottenere in successione lingotti attraverso processi di purificazione; wafer con il taglio in strati sottilissimi; celle con processi di testurizzazione, pulizia, drogaggio, incisione e stampa delle connessioni in matrice d'argento. Le singole celle vengono quindi disposte su uno strato di sottofondo, connesse e incapsulate tra loro con un materiale plastico a formare i pannelli o moduli.

Un fattore decisivo nel boom dell'installazione di pannelli solari PV è il crollo dei costi di produzione dei pannelli stessi in primo luogo, ma anche dei sistemi accessori e delle tecniche di installazione. Lo studio "Renewable Power Generation Cost 2024" di IRENA (International Renewable Energy Agency) analizza proprio questo andamento. Il report definisce il parametro "costo globale di installazione" (TIC) come somma dei vari elementi che incidono nella realizzazione di un impianto e includono l'acquisizione dei terreni, il costo delle procedure dei permessi, l'acquisto dei pannelli e del resto dei sistemi associati, i trasporti, i costi di installazione, i costi finanziari, ecc. Nel 2010 il TIC medio globale espresso a prezzi costanti del 2024 era pari a 5.283 dollari per kW installato (\$/kW); nel 2024 il valore del TIC è crollato a 691 \$/kW (-87%). Tutte le componenti dei costi hanno contribuito al drastico abbassamento del TIC globale, ma il calo dei costi dei pannelli e degli inverter pesa per il 60%.

La disputa tra LCOE e VLCOE

Il calcolo del ritorno dell'investimento e il confronto con altre fonti energetiche deve però essere fatto sul costo di produzione dell'energia nella vita utile dell'impianto. Quest'ultimo include il TIC, ma anche i costi di gestione dell'impianto (operativi, di manutenzione, finanziari) e di decommissioning. Tale parametro

è indicato con la sigla LCOE (Levelized Cost of Electricity). Anche questo ha visto un calo sensibile nell'arco temporale 2010-24, passando da un valore medio di 0,417 dollari per kWh prodotto (\$/kWh) ad appena 0,045 \$/kWh nel 2024. Questo valore dell'LCOE per gli impianti solari PV è del 41% più conveniente rispetto alle alternative fossili.

La critica a questo parametro come misura dell'efficacia globale dell'investimento si basa sul fatto che il reale costo di un impianto solare deve considerare anche i costi per gli impianti ausiliari che permettono di garantire la produzione continua di energia. In altri termini il confronto deve includere anche la disponibilità dell'impianto. Mentre infatti una centrale nucleare o una centrale termoelettrica può garantire in teoria energia 24 ore su 24, 7 giorni su 7, questo non vale per il solare PV. Per raggiungere il livello di disponibilità delle fonti fossili, un impianto solare che voglia garantire una erogazione costante di potenza, deve innanzitutto essere dimensionato per dare un valore di picco ben superiore al valore medio richiesto. In più deve includere una capacità di accumulo a batterie per garantire l'erogazione di energia anche nelle ore notturne. Pertanto l'IEA introduce il parametro VLCOE, che è un LCOE aggiustato per tener conto di quanto detto sopra. In questo caso il dato VLCOE per impianti solari PV è di 0,079 \$/kWh, ancora superiore agli 0,077 \$/kWh di impianti a ciclo combinato alimentati a gas.

Crescita continua

In ogni caso, gli investimenti nel solare fotovoltaico continuano ad aumentare. Alla fine del 2024 la capacità totale mondiale di solare PV ha raggiunto i 1.865 GW. Era 720 GW nel 2020. Nel solo 2024 sono stati aggiunti 451 GW di nuovi parchi solari e questi rappresentano più di 3/4 dell'intera capacità

di rinnovabili aggiunta in quell'anno. Dal 2023 la capacità installata di solare PV ha superato quella dell'idroelettrico. Nel 2024, in Europa, la produzione di energia elettrica da solare PV ha superato per la prima volta quella da carbone.

La Cina è la capofila in questa rincorsa al solare PV. Nel 2024, su 451 GW di nuove installazioni di pannelli nel mondo, il 61% era in Cina. Sempre nel 2024, la produzione di energia elettrica da solare PV in Cina è stata pari a 851 TWh, ovvero il 41% dell'intera produzione mondiale da solare, che si attende a 2073 TWh.

Dominio del dragone

La Cina, tra l'altro, domina in misura ancora maggiore tutta la catena di fornitura degli impianti PV (pannelli, inverter, tracker ecc.) con una media dell'80% della capacità produttiva mondiale. Quattro delle prime cinque aziende produttrici di moduli sono cinesi. Inoltre le politiche tariffarie e doganali degli ultimi anni, tendenti a limitare l'export soprattutto verso USA e UE (non solo in relazione ai componenti degli impianti solari), stanno spingendo le aziende cinesi a investimenti da centinaia di miliardi di dollari in paesi terzi, in particolare nel Sud-est asiatico per aggirare tali tariffe.

Sovracapacità e ristrutturazione

Proprio gli investimenti cinesi, le gigantesche economie di scala e il perfezionamento delle tecniche di produzione sono stati determinanti per il crollo dei costi degli impianti solari. Tuttavia questo ha anche creato una sovracapacità difficilmente assorbibile dal mercato mondiale nonostante la sua crescita e sebbene politiche statali, come l'IRA americano, il Green Deal europeo o il 14° piano quinquennale cinese spingano in questa direzione.

Tale dinamica potrebbe condurre a chiusure di fabbriche e al fallimento di aziende lungo l'intera filiera. Filiera del solare che al 2023, secondo IRENA, contava 7,1 milioni di addetti, tra operai e tecnici. Più di 4 milioni e mezzo di lavoratori cinesi iniziano a vedere con apprensione un futuro fatto di "razionalizzazione" della capacità produttiva. Ma anche gli oltre 750 mila lavoratori nell'Unione Europea direttamente collegati al settore della produzione solare guardano con incertezza al futuro dell'economia verde.

Country or region	Renewable total installed capacity variation 2015-2024			PV solar total installed capacity variation 2015-2024		
	2015	2024	Var%	2015	2024	Var %
China	479	1817	279	43	887	1963
USA	194	427	120	23	177	670
UE	369	702	90	86	304	253
India	78	204	162	5.6	97	1632
Brasil	116	213	84	-	53	inc. data
World	1849	4442	140	225	1866	729

Data from IRENA Renewable Capacity Statistics 2025. Values expressed in GW

Tech workers e sindacato nel Regno Unito

Iniziamo questo mese una nuova rubrica del nostro bollettino. Daremo spazio al contributo di lavoratori del mondo hi-tech che appartengono a sindacati fuori dai confini nazionali. Riteniamo che questo scambio di informazioni, pur con sensibilità e approcci differenti, possa essere uno stimolo utile per il confronto e la riflessione.

United Tech and Allied Workers (UTAW) è una sezione nazionale del sindacato Communication Workers Union (CWU), fondato nel 2020. Il CWU si batte per i lavoratori dei settori tecnologico, delle telecomunicazioni, delle poste e delle comunicazioni, forte dei suoi 180.000 iscritti. Pubblichiamo un articolo che un membro dell'UTAW ha scritto per il Bollettino Ingegneri e Tecnici sulla situazione inglese.

Nel 2024, dopo 14 anni di governi conservatori dei Tory, caratterizzati da austerità, legislazione anti-sindacale e demonizzazione dei migranti, il Partito Laburista ha ottenuto un'ampia maggioranza in parlamento. Nonostante l'affluenza alle urne sia stata incredibilmente bassa, pari al 59,9% — la seconda più bassa dall'introduzione del suffragio universale — il Partito Laburista, originariamente co-fondato dal movimento sindacale oltre 100 anni fa, aveva il mandato di apportare grandi cambiamenti e invertire il declino dei diritti sindacali e dei lavoratori iniziato con il regime di Margaret Thatcher.

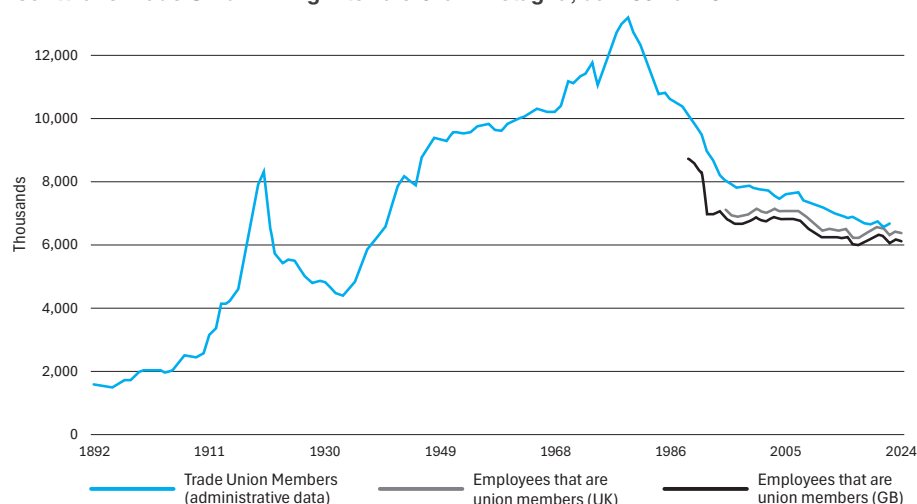
Il movimento sindacale ha trascorso l'ultimo decennio lavorando e facendo campagna a sostegno di un "New Deal per i Lavoratori". Tale proposta, pur non essendo particolarmente radicale, avvicinava, almeno in parte, il Regno Unito agli standard del resto dell'Europa occidentale in materia di diritti dei lavoratori. Ciò si è concretizzato nell'*Employment Rights Act 2025* che, nonostante la forte opposizione della non eletta e a maggioranza conservatrice House of Lords, è stata approvata grazie alla spinta del movimento sindacale, malgrado le continue concessioni del Partito Laburista su questo tema.

La legge introduce diritti che potrebbero essere molto utili per rafforzare il potere sindacale nel Regno Unito, come il diritto dei sindacati di accedere ai luoghi di lavoro per organizzarsi; la modernizzazione delle regole di voto per indire uno sciopero; l'obbligo per i datori di lavoro di informare i lavoratori dell'esistenza dei sindacati.

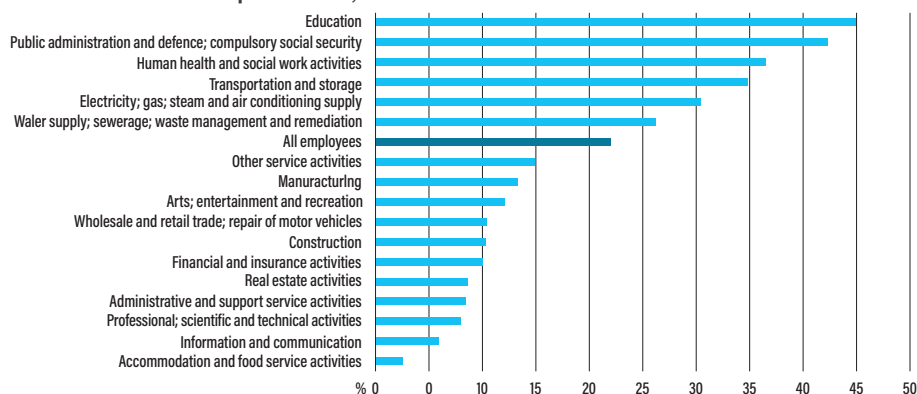
L'approvazione di questo disegno di legge ha dimostrato la forza collettiva dei sindacati nel lavorare insieme per produrre cambiamenti in parlamento e può auspicabilmente favorire una maggiore azione collettiva e coscienza di classe, mentre i sindacati cercano di fermare il declino del numero di iscritti e della loro forza in atto dagli anni '80.

Questo disegno di legge, pur rappresentando un grande miglioramento, ha lasciato fuori diversi punti su cui i sinda-

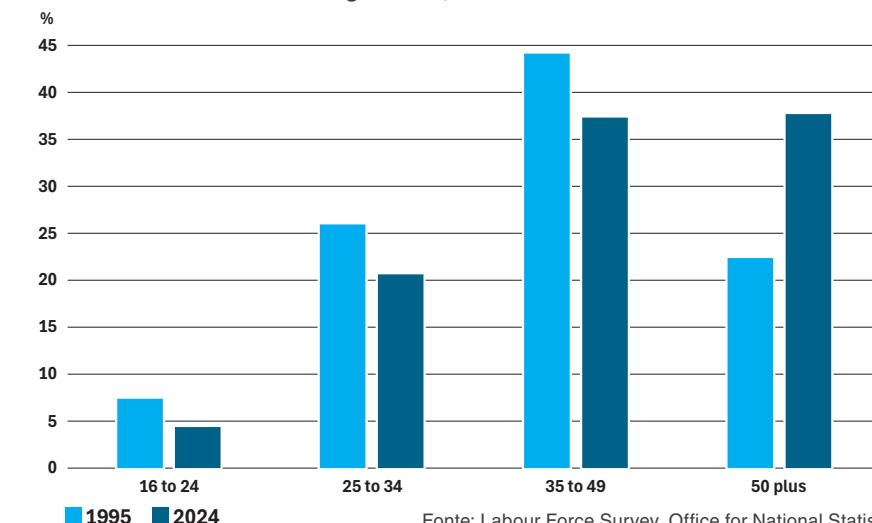
Iscritti alle Trade Unions in Inghilterra e Gran Bretagna, dal 1892 al 2024



Percentuale di iscritti per settore, 2024

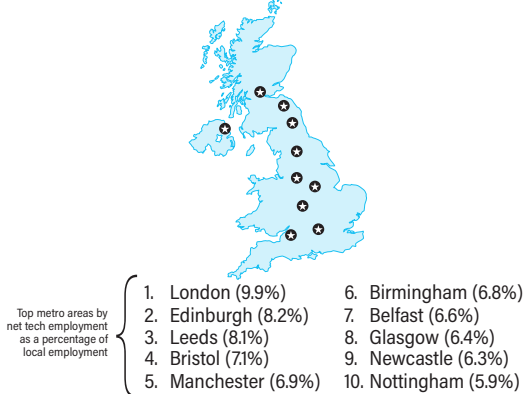


Percentuale distribuzione età degli iscritti, 1995 e 2004



Fonte: Labour Force Survey, Office for National Statistics.

Tech Workforce Opportunities Span the United Kingdom



Fonte: CompTIA. Lo stato dei lavoratori tech nel Regno Unito

	2020	2021	2022	2023	2024 est.	2025 proj.
Tech Occupation Employment	1.27m	1.29m	1.34m	1.36m	1.38m	1.39m
Tech Industry Employment	1.27m	1.28m	1.34m	1.38m	1.38m	1.40m
Net Tech Employment	2.0m	2.05m	2.12m	2.16m	2.18m	2.2m

TOP METROS BY NET TECH EMPLOYMENT

1. London	532,849
2. Manchester	105,098
3. Birmingham	50,969
4. Bristol	49,040
5. Leeds	41,480

cati si stavano battendo. Ciò è dovuto in parte all'intervento dell'House of Lords, aggravato dal continuo spostamento verso destra del Labour nel periodo post-Tony Blair. Una formazione politica diventata un partito dell'austerità, del razzismo e del capitale tanto quanto il Partito Conservatore e i Liberal Democratici, rendendolo così privo di incisività di fronte agli interessi del capitale.

Dalla legislazione sono rimaste escluse le tutele fin dal primo giorno contro il "licenziamento ingiusto", la contrattazione collettiva di settore e il divieto totale dei contratti a zero ore. Il Regno Unito vieta ancora di fatto gli scioperi di solidarietà, imponendo pesanti multe ai sindacati che intraprendano tali azioni. Questo rende, in ultima analisi, impossibile organizzare uno sciopero generale, poiché molti sindacati non sono disposti a sfruttare il proprio numero di iscritti per abrogare una legge di questo tipo.

Sul piano elettorale nel Regno Unito, a causa del sostegno storico e costante dei Laburisti all'imperialismo statunitense a livello globale e alla prosecuzione delle politiche di austerità sul piano interno, il partito sta perdendo rapidamente consenso. Come in gran parte dell'Europa occidentale, sta crescendo il sostegno per l'estrema destra reazionaria.

Questa tendenza si manifesta attraverso Reform UK, le cui politiche di neoliberalismo thatcheriano sono offuscate dalla retorica razzista e dagli attacchi contro i migranti, riuscendo a convincere molti lavoratori anziani disillusi a sostenerlo. L'ascesa di Reform è stata in parte controbilanciata dalla crescita del Partito Verde di Inghilterra e Galles, le cui politiche populiste di centro-sinistra, socialdemocratiche e socialmente liberali, pur non essendo fondate su un'analisi di classe, hanno trovato consenso tra gli elettori più giovani. Allo stato

attuale, il sistema elettorale britannico del first past the post appare sempre più obsoleto, aprendo la strada alla rappresentanza proporzionale, che potrebbe consentire alla sinistra di utilizzare l'elettoralismo come piattaforma per costruire una coscienza di classe attraverso una retorica efficace.

Sebbene si possa solo speculare su come apparirà il Regno Unito nei prossimi anni, esiste il potenziale affinché la politica della classe lavoratrice colga questo momento e riesca a riunire una classe estremamente frammentata in tutto il Paese.

Secondo i dati di CompTIA, il Regno Unito conta oltre 2,2 milioni di lavoratori nel settore tecnologico, e questo numero è in crescita anno dopo anno. Ciò ha comportato un ritorno verso le città per motivi occupazionali, poiché i principali poli tecnologici del Paese sono concentrati in gran parte in quattro delle maggiori aree metropolitane. Un lavoratore tech su tre ha sede proprio in queste aree.

Le tre maggiori concentrazioni di lavoratori nel settore hi-tech coincidono con le tre città più grandi. Tutte e tre stanno registrando una crescita della popolazione dopo aver subito un declino durante il periodo della deindustrializzazione.

Il settore tecnologico nel Regno Unito è uno di quelli con il più basso tasso di sindacalizzazione, nonostante la sua rapida crescita, l'elevata concentrazione di lavoratori nei principali centri urbani e la crescente importanza per l'economia nel suo complesso. Questo basso livello di organizzazione non è casuale. Il lavoro nel settore tech è stato deliberatamente strutturato per dividere i lavoratori: attraverso contratti individualizzati, sistemi retributivi differenziati, salari superiori alla media, subappalti e lavoro autonomo.

L'esternalizzazione viene utilizzata come arma contro i lavoratori, sia nel Regno Unito sia nel Sud globale.

I maggiori datori di lavoro nel settore tecnologico tendono a essere conglomerati multinazionali e organizzazioni finanziarie internazionali. Ciò evidenzia la necessità che la lotta della classe lavoratrice si radichi nell'internazionalismo: solo quando noi, come lavoratori, saremo coordinati quanto i datori di lavoro, saremo in grado di resistere.

Nonostante il basso numero di iscritti, si registra comunque un certo movimento in questa direzione, con tre sindacati in prima linea negli sforzi organizzativi: Unite the Union, Communication Workers Union (CWU) e Prospect. Unite è il più grande sindacato nel Regno Unito e in Irlanda e tende a schierarsi con i lavoratori più di quanto facciano altri grandi sindacati generalisti del Paese. Il CWU organizzava in precedenza lavoratori delle telecomunicazioni e del settore postale ed è anch'esso un sindacato marcatamente a sinistra, mentre Prospect presenta tendenze più centriste e talvolta di destra.

UTAW, la sezione tech del CWU, sta organizzando attivamente lavoratori presso Apple e TikTok, collaborando inoltre con Unite per affrontare Google. Queste aziende stanno reagendo con forza agli sforzi di sindacalizzazione: TikTok ha licenziato centinaia di lavoratori poco prima di un voto per il riconoscimento sindacale; Apple ha organizzato riunioni anti-sindacali, vietato le discussioni sui sindacati e utilizzato strumenti di sorveglianza per controllare e monitorare i propri dipendenti. Nel frattempo, Prospect ha sindacalizzato lavoratori presso Twitter.

Nonostante gli sforzi delle aziende, questi sindacati hanno ottenuto vittorie significative: UTAW ha conquistato il riconoscimento sindacale in diverse aziende più piccole e sta iniziando ad avviare accordi di contrattazione collettiva con alcune imprese, mentre l'azione congiunta di UTAW e Unite sta compiendo importanti progressi presso Google.

È ora che i lavoratori del settore tecnologico prendano l'iniziativa e si uniscano per agire contro le grandi aziende, costruendo un futuro migliore per il mondo.

Materiali critici per la transizione L'ETÀ "D'ORO" DEL RAME



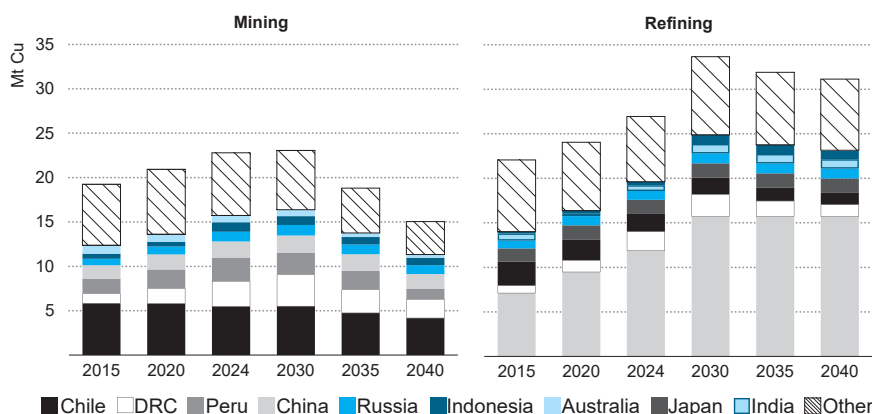
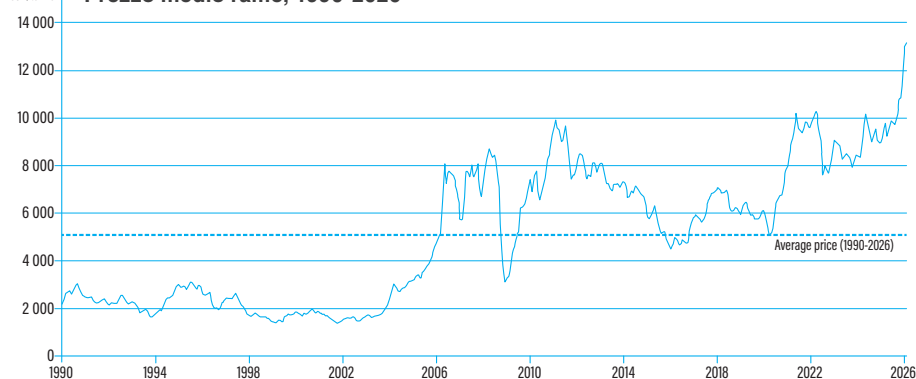
Il rame è un metallo duttile e versatile, qualità grazie alle quali ha accompagnato lo sviluppo della nostra specie nel corso dei millenni, ricoprendo diverse applicazioni: armi e utensili dal IV millennio a.C., monete dal V secolo a.C., copertura di edifici nel Medioevo, fino a giungere alle rivoluzioni industriali dove, in virtù della sua eccellente conducibilità termica ed elettrica, si è affermato come l'elemento principe della trasmissione di potenza e dei segnali elettrici, oltre che come uno dei metalli più efficienti per lo scambio di calore.

Oggi, oltre appunto alle infrastrutture connesse alla transizione energetica, è fondamentale nella produzione delle moderne batterie per le auto elettriche e per l'alimentazione dei data center. Di conseguenza, quello che un tempo era "l'oro dei poveri" è finito al centro della contesa tra grandi gruppi, e quindi delle potenze di stazza continentale che ne incarnano gli interessi, provocando una turbolenta corsa all'approvvigionamento delle catene di fornitura. Le accelerazioni e le frenate della transizione energetica ne hanno fatto oscillare fortemente il prezzo nel corso degli ultimi anni, fino alle recenti fiammate dovute ai giganteschi investimenti per l'intelligenza artificiale, il riarmo e l'espansione della rete elettrica.

Osservando il grafico riportato, possiamo notare come il Sud America, con Cile e Perù, rappresenti il principale estrattore mondiale, seguito dalla Repubblica Democratica del Congo, mentre la Cina è per distacco il principale raffinatore.

Il *Financial Times* sostiene che per il 2030 l'offerta di rame è a rischio di deficit strutturale e dunque prezzi sostenuti che potrebbero persistere per decenni. Secondo la IEA entro il 2035 le miniere operative o in costruzione copriranno solo il 70% della domanda. Per Grupo México, multinazionale leader del settore minerario, per i data center dedicati all'IA occorreranno tra le 27 e le 33 tonnellate di rame per MW di potenza di calcolo, ovvero più del doppio dei data center tradizionali. La spesa mondiale per la difesa nel 2024 ha registrato un +9,4%, raggiungendo i 2.700 miliardi di dollari e diventando una delle principali voci di ingresso per i più importanti gruppi industriali. Il rame è componente utilizzato nella costruzione di vari tipi di bombe e

USD/tonne **Prezzo medio rame, 1990-2026**



DRC= Democratic Republic of the Congo

Fonte: IEA, Global Critical Minerals Outlook 2025

ordigni bellici. La Cina nel 2025 ha assorbito il 58% del consumo mondiale di rame, in larga parte destinato alla costruzione dell'infrastruttura elettrica, con India e Sud est asiatico che inseguono.

Oggi 20 megaimpianti producono un terzo del rame concentrando i rischi. Aprire una grande miniera significa affrontare mediamente un iter di almeno dieci anni tra rilevamenti, richieste di permessi, miliardi di investimenti e confronto con le comunità locali. Le nuove scoperte di grandi giacimenti negli ultimi dieci anni sono state dieci contro le 239 del decennio 1990-2000. Qualora si riuscisse a completare l'implementazione di una nuova miniera, ci si dovrebbe confrontare con gli elevati costi dell'energia per l'estrazione, con i possibili danni ambientali da questa provocati e soprattutto con il mercato, ovvero con i ridotti margini imposti dalla concorrenza cinese. Si intrecciano processi di concentrazione nel settore minerario e lotte di capitali tra le big tech americane e le utility elettriche.

Amazon Web Services (AWS) a inizio anno in USA ha messo a segno un accordo strategico con RIO TINTO (colosso anglo-australiano nel settore delle risorse minerarie) per la fornitura di rame necessaria per la sua infrastruttura cloud dedicata alla IA. In Europa ha annunciato ulteriori 33,7 mld di euro di investimenti per data center in Spagna, oltre ai 7,8 già annunciati in Germania. L'infrastruttura europea mira ad essere scollegata da quella americana sia per quanto riguarda i dati che per quanto riguarda i metadati, ovvero le informazioni strutturate che descrivono le risorse archiviate o i servizi eseguiti. L'operazione ha lo scopo di separare queste infrastrutture da quelle statunitensi nell'ottica della autonomia strategica europea anche in ambito digitale.

Il rame è dunque arruolato nella battaglia per la competitività dei grandi gruppi economici intenti, a spartirsi i mercati non solo a colpi di investimenti, ma anche di bombe, come testimoniato ogni giorno dagli altri oltre cinquanta teatri di guerra nel mondo.

DATA CENTER INFRASTRUTTURE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE



Le tecnologie di IA generativa sono al centro della rivoluzione digitale, tanto da essere intese come sinonimo stesso di intelligenza artificiale.

Lungo tutto il ciclo di vita del loro funzionamento necessitano di una notevole potenza di calcolo.

In una prima fase gli *LLM* (Large Language Model) devono essere addestrati: vengono loro forniti dati di test in input e, confrontando l'output con il dato atteso, si regolano i pesi per ottenere un risultato migliore. Si consideri che i moderni modelli si basano su reti neurali con miliardi di parametri e vengono addestrati su volumi di dati da migliaia di terabyte.

Anche una volta addestrati il loro impiego richiede una discreta capacità di calcolo. Per ottenere tempi di risposta accettabili non è possibile eseguire questi software sul proprio dispositivo, anche se ben attrezzato.

Sono poche le aziende che possono permettersi di gestire autonomamente il supporto di calcolo fisico necessario all'esecuzione e soprattutto all'addestramento di un *LLM*.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla potenza di calcolo generata dai *provider in cloud*.

Dall'avvento del cloud computing, e ancora più con l'introduzione delle nuove soluzioni di IA, la tendenza è quella di affidare la gestione di questa infrastruttura a pochi grandi operatori. Un ristretto numero di compagnie controlla i *data center* detti *Hyperscale*, infrastrutture in grado di offrire come servizio al pubblico una potenza di calcolo scalabile su richiesta.

I *data center* sono edifici interamente dedicati e attrezzati ad ospitare un gran numero di server, fornendogli la connettività e l'energia necessaria. Si parla di *Hyperscale data center* quando i server si contano a decine di migliaia, se non a milioni. Le superfici necessarie sono nell'ordine delle centinaia di migliaia di metri quadrati (paragonabili ad un terminal passeggeri d'aeroporto) e richiedo-

no una potenza elettrica intorno ai 50MW (simile a quella richiesta da 50mila abitazioni).

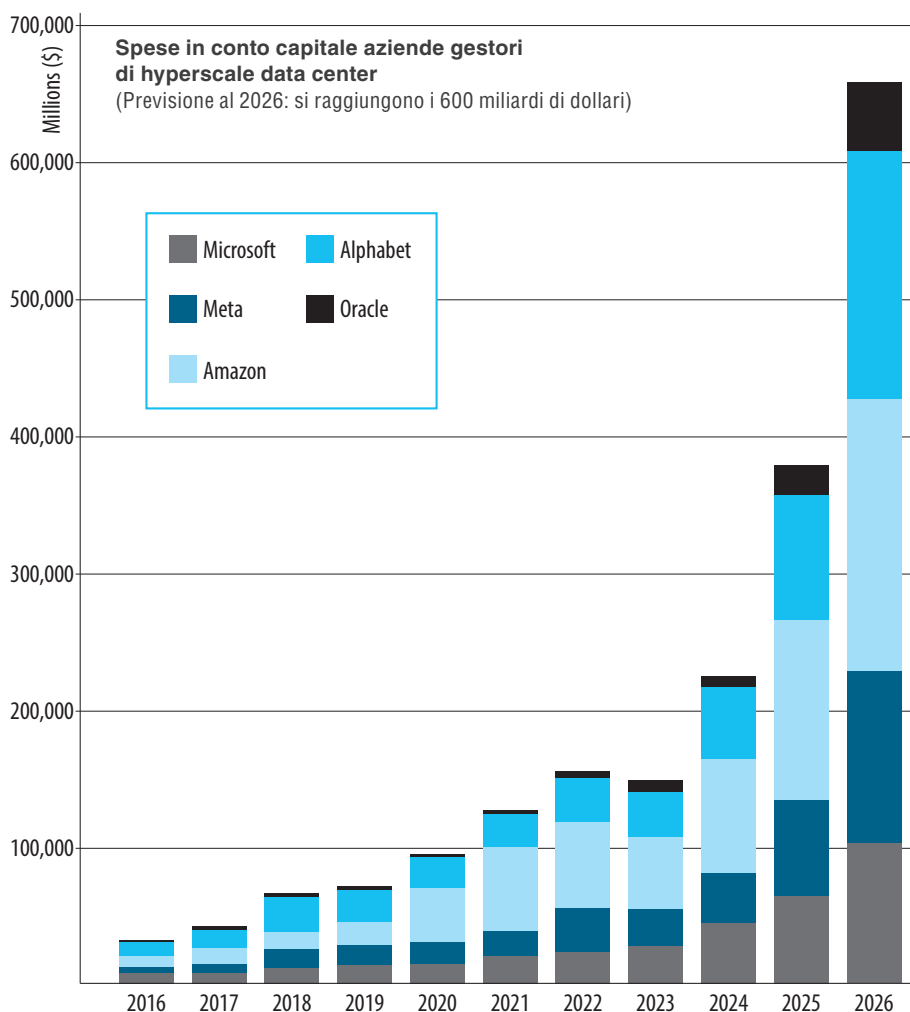
Tra le aziende in questione la fanno da padrone i tre principali cloud provider, ovvero Microsoft Azure, GCP (Google Cloud Provider) e AWS (Amazon Web Services), in misura minore altri big dell'IT, come Meta (Facebook), Alibaba, Tencent, Apple, ByteDance, IBM e Oracle.

A inizio 2025 si contavano 1.297 data center di queste dimensioni, un numero 3 volte superiore a quello registrato nel 2018. Questa tendenza va consoli-

dandosi: si contano 770 nuovi progetti in corso a vario stadio di sviluppo.

Più della metà delle infrastrutture sono dislocate geograficamente negli Stati Uniti; Europa e Cina se ne spartiscono il 30%.

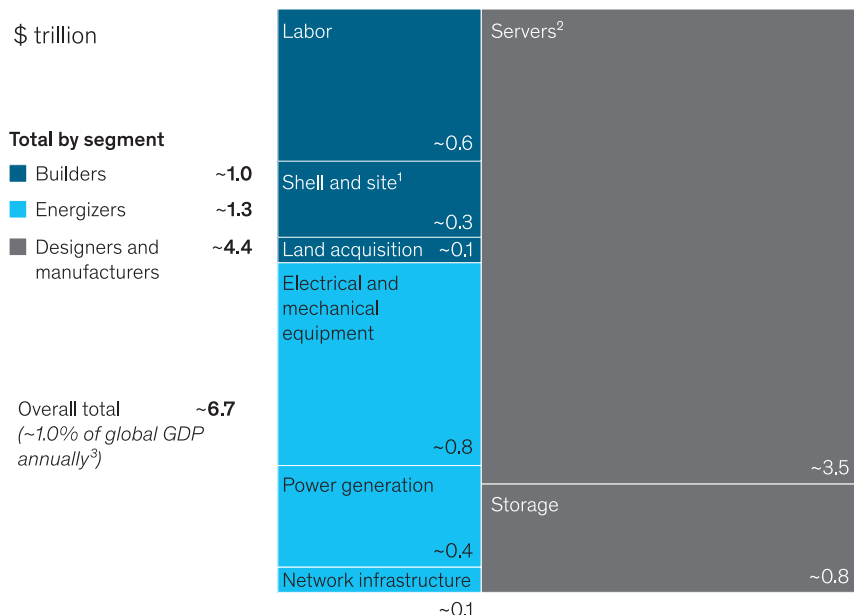
Gli investimenti delle compagnie in Hyperscale Data Center, che raggiungevano i 100 miliardi di dollari già nel 2020, hanno continuato a crescere con l'avvento dell'IA generativa, passando a 200 miliardi nel 2024, 400 miliardi nel 2025 e si prevede che possa raggiungere i 700 miliardi nel 2026.



Source: LPL Research, Bloomberg 02/10/26

Disclosures: Based on median 2026 estimates for fiscal year ends. Estimates are subject to change and may not materialize as expected, and past performance is no guarantee of future results.

Previsione di distribuzione globale degli investimenti lungo tutti i settori che compongono la catena del valore dei data center 2025-2030

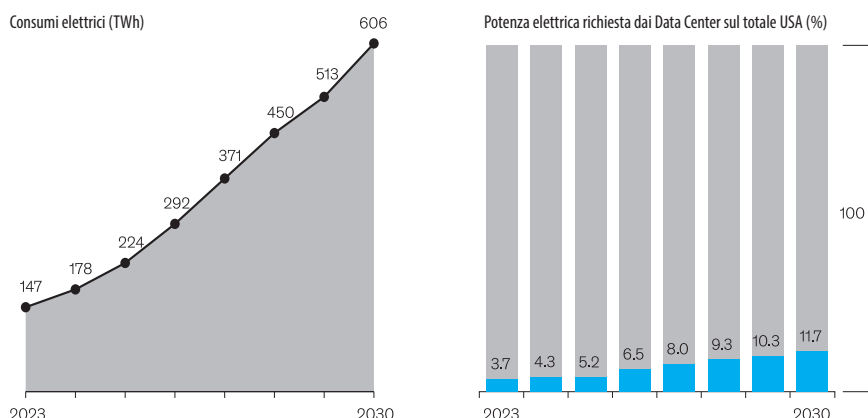

¹Includes mechanical, electrical, and plumbing.

²Including graphics processing units (GPUs) and central processing units (CPUs).

³Global GDP: \$106 trillion (2023).

Source: Goldman Sachs; S&P Capital IQ; McKinsey Data Center CAPEX TAM & Demand model; analyst reports; expert interviews

Consumo energia e potenza data center in USA (Scenario Mediano)



Source: Global Energy Perspective 2023, McKinsey, October 18, 2023; McKinsey analysis

Un volume d'investimenti enorme, alimentato dall'entusiasmo finanziario per l'intelligenza artificiale, con ricadute su diversi settori.

Parte dei capitali sono destinati all'acquisizione di terreni, alla costruzione degli edifici, oltre che agli apparati di rete e all'infrastruttura elettrica per garantire l'a-

DATA CENTER AMAZON SOTTO ATTACCO

I danni a tre strutture di Amazon Web Services in Medio Oriente colpiti dagli attacchi dei droni iraniani evidenziano la rapida crescita dei data center nella regione, così come la vulnerabilità del settore al conflitto.

AWS ha dichiarato il 2 marzo che due DC negli Emirati Arabi Uniti sono stati "colpiti direttamente" e anche un'altra struttura in Bahrain è stata danneggiata.

Attacchi che hanno causato danni strutturali, interrotto l'erogazione di energia all'infrastruttura e, in alcuni casi, hanno richiesto attività di soppressione degli incendi che hanno provocato ulteriori danni causati dall'acqua.

I DC hanno anche guardie di sicurezza, recinzioni, sistemi di videosorveglianza e allarme, ma sono progettate per tenere fuori gli intrusi piuttosto che difendersi dagli attacchi missilistici. Enormi strutture sono difficili da nascondere, e sono vulnerabili a tutti i tipi di scenari disastrosi. La prevenzione da attacchi aerei è un elemento in più da considerare per chi pianifica la costruzione dei DC.

limentazione e la connettività. Più della metà degli investimenti vanno in server e supporti di memoria. Nel conto bisogna includere anche l'acquisto dei moderni processori di calcolo parallelo (GPU), che permettono di addestrare ed eseguire le reti neurali in tempi ragionevoli.

I server hanno bisogno di energia elettrica per operare. Negli Stati Uniti il loro consumo si è attestato a 147 TWh richiedendo il 3,7% della potenza elettrica disponibile. Nel 2030 si prevede che la domanda possa passare a 606 TWh, l'11,7% della potenza.

Infine, nonostante l'alto grado di automazione di questi centri, sarà richiesto un investimento in manodopera specializzata per la messa in opera e il mantenimento di questi impianti.

Le aspettative sulle nuove tecnologie di IA sono tante, gli investimenti anche, ma molte sono le sfide necessarie per garantire questo tipo di infrastruttura.

Probabilmente l'IA cambierà molti ambiti del mondo del lavoro, ma prima ancora i capitali investiti rivoluzioneranno i molti settori coinvolti nella creazione dei data center.

Il Coordinamento è nato perché ci accomuna la consapevolezza di lavorare in territori e aziende che sono "cuori pulsanti" dell'Europa. Per la nostra professione siamo i protagonisti dei successi delle società per cui lavoriamo, eppure poco rappresentati e riconosciuti. Operiamo in settori interconnessi ma non esiste un ambito dove approfondire assieme le tematiche che, partendo dallo spirito del tecnico produttore, ci possano portare ad alzare lo sguardo sul mondo, per affrontare le contraddizioni che anche nelle nostre professioni sono sempre più evidenti.

Partecipa alle iniziative e per informazioni o contributi scrivi alla redazione: coordinamento.ingtec@gmail.com


<https://ing-tec.it>