Report su trend e scenari tecnologici in ciascuna delle aree tematiche

Deliverable 1.1



Data di consegna prevista
29/02/2024

Data di consegna effettiva
29/02/2024

Data di inizio del progetto
1/9/2023

Work-package relativo al deliverable
WP1 (Creazione dei contenuti)

Autori

Eleonora Barelli
Eleonora Ocello

Sommario

Sommario 2
Introduzione e scopo del documento 7
Tecnologie abilitanti 8
High-Performance Computing 9
High-Performance Computing e Cloud Computing 14
High-Performance Computing as a Service 15
High-Performance Computing e Intelligenza Artificiale 15
High-Performance Computing ed energia 16
Cloud Computing 18
Verso la trasformazione Cloud 21
Cloud e sicurezza informatica 25
Cloud ed energia 26
Storage Cloud 27
Big Data 29
Architetture dati 32
Data governance 37
Big Data as a Service 39
Consumo di dati ed emissioni digitali 40
Data Center 42
Data Center e consumo energetico 46
Tecnologie quantistiche 49
Dai Futures Studies: scenari possibili nelle tecnologie abilitanti 56
Il futuro del cloud computing: 4 scenari tra il 2025 e il 2035 56
L'edge computing sostituisce un modello di cloud centralizzato (2025-2030) 57
Il "supercloud" democratizza l'accesso a soluzioni informatiche avanzate (2025-2035) 58
L'oligopolio dei giganti cloud aumenta i costi IT e la sfiducia nei confronti delle grandi aziende tecnologiche (2025-2030) 59
Il cloud come strumento geopolitico (2025-2032) 60
Il futuro del big data as a service: 4 scenari tra il 2025 e il 2035 61
Le Big Data Analytics penetrano nella società (2025-2030) 62

Servizi Big Data utilizzati solo in casi ad hoc (2025-2029) ... 63
L'analisi dei Big Data fa grandi passi in avanti grazie ai progressi nell'intelligenza artificiale (2025-2029) ... 64
I servizi Big Data sono scarsi a causa della non condivisione di dati e di problemi di sicurezza (2025-2029) 65
Il futuro del Data Center: 6 scenari tra il 2025 e il 2040 ... 66
I Data Center nello spazio come standard ... 66
I Data Center tradizionali con base sulla Terra sono ancora dominanti ... 67
Importanti progressi verso Data Center a emissioni zero ... 67
Differenze regionali nell'espansione dei data center a emissioni zero ... 68
Aumento di Data Center edge più piccoli e diffusi ... 68
I Data Center hyperscaler sfruttano le soluzioni di edge computing ... 69
Il futuro della Platform Economy: 4 scenari tra il 2025 e il 2030 ... 70
Emergono nuovi ecosistemi di valore e i loro forti effetti di rete mantengono i consumatori sulle loro piattaforme e limitano la concorrenza ... 72
Le Big Tech detengono il monopolio sulla Platform Economy ... 74
La regolamentazione dell'economia delle piattaforme si traduce in una maggiore concorrenza tra le piattaforme, in offerte più diversificate e innovative e in prezzi più bassi per i consumatori ... 76
La raccolta, l'utilizzo e la vendita dei dati degli utenti a terze parti diventano il nuovo standard come modello di business ... 78
Salute ... 80
Medicina di precisione ... 81
Terapie digitali ... 87
Dai Futures Studies: scenari possibili in tema salute ... 94
Il futuro degli spazi sanitari: 4 scenari possibili tra il 2025 e il 2050 ... 94
Gli spazi sanitari automatizzati sostituiscono in gran parte i servizi sanitari esistenti e mitigano le crescenti pressioni sul sistema sanitario ... 96
L'attenzione alla condizione e all'umore del paziente, insieme alle modifiche automatizzate dell'ambiente costruito, porta a risultati positivi per la salute ... 98
Crescente disuguaglianza nell'accesso all'assistenza sanitaria ... 100
Lo sviluppo verso spazi sanitari completamente automatizzati è in stallo a causa di preoccupazioni relative alla sicurezza informatica ... 102
Il futuro delle cure mediche: 4 scenari possibili tra il 2025 e il 2035 ... 104

Le analisi basate sull'intelligenza artificiale, la telemedicina e la self-care predominano nel settore sanitario 105
Le informazioni genetiche, l'analisi dei dati e la medicina di precisione dominano nel settore sanitario 106
Una nuova era di innovazione e benessere globale in campo sanitario 107
L'attenzione nel settore sanitario si sposta verso metodi tradizionali incentrati sull'uomo insieme a piani di benessere onnicomprensivi obbligatori per tutti i cittadini 108
Terra e clima 109
Cambiamento climatico 109
Agricoltura di precisone 113
Ottimismo economico 113
Sviluppo Sostenibile Globale 114
Competizione nazionale 115
Sviluppo Sostenibile Nazionale 115
Analisi e conclusioni 116
Gestione delle risorse idriche e dei rischi idrogeologici 117
Rilanciare e consolidare gli strumenti della pianificazione di bacino 119
Le nuove norme sul riutilizzo delle acque 119
La revisione della Direttiva sulla gestione delle acque reflue urbane 120
I depuratori come 'fabbriche verdi' 120
Dai Futures Studies: scenari possibili in tema terra e clima 122
Il futuro del clima: 4 scenari dal 2024 al 2050 122
Un futuro sostenibile e resiliente con un clima stabile limitando l'aumento della temperatura a 1,5°C entro il 2050 123
Un mondo isolazionista in cui la cooperazione globale per combattere il cambiamento climatico diminuisce significativamente e le temperature medie salgono di 3,6°C 125
Un futuro più caldo ma impatti meno gravi dei cambiamenti climatici con temperature in aumento di 2,7°C 127
Un futuro devastante e irreversibile con temperature che raggiungono i 4,4°C sopra i livelli preindustriali 129
Il futuro dell'energia: due scenari tra il 2025 e il 2040 131
Divari regionali nelle capacità di resilienza climatica ed energetica 131
Un'infrastruttura globale resiliente per mitigare i fenomeni meteorologici estremi 132
Il futuro delle tecnologie per la gestione idrica: due scenari tra il 2025 e il 2040 133

Si affronta la crisi della scarsità idrica e si rafforza la resilienza 133
Lo sviluppo limitato e l'adozione di tecnologie di gestione dell'acqua aggravano ulteriormente la crisi idrica 134
Il futuro della sicurezza alimentare: quattro scenari tra il 2025 e il 2040 135
I disordini politici portano a un mercato alimentare globale frammentato e a una migrazione di massa verso l'Europa 136
Il consumo ad alta intensità di risorse della nuova classe media accelera i problemi sanitari, i cambiamenti climatici e mina la sicurezza alimentare 138
I sistemi alimentari globali diventano più resilienti grazie al fiorente commercio globale e alle nuove soluzioni basate sulla tecnologia 140
La sicurezza alimentare globale si deteriora fortemente 142
Manifattura 144
Nuovi materiali 147
Biomateriali 147
Materiali circolari 148
Dispositivi e sistemi 150
Sistemi predittivi e di controllo 155
Dai Futures Studies: scenari possibili in tema manifattura 159
Il futuro del grafene: quattro scenari tra il 2030 e il 2040 159
L'attenzione alla sostenibilità spinge il grafene nel mainstream 161
Il grafene miniaturizza ulteriormente l'elettronica migliorando l'efficienza 162
La superconduttività nel grafene rappresenta una svolta significativa nelle applicazioni high-tech 163
Il grafene rivoluziona ogni aspetto della società 164
Il futuro dell'economia circolare: quattro scenari tra il 2025 e il 2040 165
Transizione globale verso pratiche sostenibili e crescita economica 167
Progressi disomogenei nel mondo 169
Il greenwashing costituisce un ostacolo allo sviluppo di un'economia circolare pienamente funzionante 170
L'economia non circolare rimane dominante a livello globale 172
Società digitali 174
Smart cities 175
Space economy 181
Miniaturizzazione e standardizzazione 187

Frazionamento 188
In-orbit services 188
Dai Futures Studies: scenari possibili in tema società digitali 190
Il futuro delle Smart City: due scenari tra il 2025 e il 2040 190
Le città continuano a svilupparsi in modo sempre più intelligente 190
Le Smart City portano a una progressiva perdita di privacy 190
Gli attacchi alle Smart City del domani: quattro scenari tra il 2026 e il 2035 192
Alti rischi di sicurezza ed alti guadagni in una città completamente digitalizzata 193
Il regolamento sulla privacy ha priorità rispetto alla sicurezza informatica nella protezione delle città intelligenti 194
La pianificazione urbana intelligente è facilitata da un ambiente sicuro e stabile 195
Le Smart City con una sicurezza informatica frammentata causano elevati rischi di furto di dati 196

Introduzione e scopo del documento

Questo documento offre una ricognizione critica della situazione attuale e degli scenari futuri esistenti in tema di sviluppi tecnologici, con particolare riferimento alle tecnologie abilitanti di Big Data, High-Performance Computing e Quantum Computing e alla loro applicazione alle aree tematiche di salute, terra e clima, manifattura, società digitali.

Nel documento si mostrano diverse tipologie di scenari, variegati per orizzonti temporali (dal breve termine sull'arco di pochi mesi, al medio termine su 3-5 anni, fino ad arrivare al lungo termine, oltre i 10 anni), per focus (dal tema economico a quello tecnologico o applicativo), per territorio (a livello nazionale, europeo o internazionale) e per attori considerati (aziende della domanda, aziende dell'offerta, startup e scaleup, mondo della ricerca, amministrazioni pubbliche, società civile).

Un'altra dimensione che caratterizza la diversità degli scenari considerati è quella metodologica. Alcuni scenari sono realizzati come estrapolazione di trend passati e presenti, in modo anche quantitativo. Gli anglofoni, che hanno un vocabolario più ricco in tema di atteggiamento riguardo al futuro, chiamerebbero questo metodo "forecast", una previsione simil-deterministica, assestata sugli elementi di più probabile accadimento. Altri scenari riportati sono invece realizzati con metodologie di "foresight" che in italiano tradurremmo sempre come previsione ma che fa riferimento ad una pluralità di scenari che considerano non solo gli orizzonti più probabili ma anche altri solo possibili, non necessariamente plausibili.

Le fonti considerate sono riportate in dettaglio nel documento ma ne diamo fin d'ora una panoramica.

Di primario rilievo sono i report elaborati dagli Osservatori Digital Innovation della School of Management del Politecnico di Milano, in particolare dagli 8 Osservatori con cui l'Osservatorio ICSC ha stretto una partnership strategica: Osservatorio Artificial Intelligence, Osservatorio Big Data & Business Analytics, Osservatorio Cloud Transformation, Osservatorio Data Center, Osservatorio Life Science Innovation, Osservatorio Quantum Computing & Communication, Osservatorio Smart City, Osservatorio Space Economy. Tali report sono integrati in sezioni apposite del documento.

Per quanto riguarda invece la principale fonte per gli scenari alternativi a medio-lungo termine, la fonte principale considerata è Futures Platform, società fondata da un gruppo di esperti negli studi dei futuri (*futures studies*) che tratteggia scenari a partire dall'identificazione di fattori trainanti strategici, detti *driver.*

Per arricchire la prospettiva del report con autorevoli fonti anche a livello internazionale, nel documento utilizziamo come fonti anche le ricerche di McKinsey & Company, Gartner, OECD (Organizzazione europea per lo sviluppo economico), nonché le ricerche di mercato di società cui Market Reports World, Emergen Research e StartUs insights.

Gli scenari presentati in questo documento non sono certo il termine delle analisi dell'Osservatorio ICSC. Sono anzi la partenza per lo sviluppo di scenari originali, da progettare e discutere in chiave partecipativa con i membri dell'ecosistema.

Tecnologie abilitanti

Il presente capitolo si propone di esplorare scenari attuali e proiezioni sul futuro riguardanti una serie di tecnologie abilitanti che stanno plasmando il panorama tecnologico contemporaneo e influenzando profondamente i settori dell'informatica, della gestione dei dati e dell'economia digitale. Attraverso un'analisi approfondita, ci addentreremo nei temi del Supercalcolo, o High-Performance Computing (HPC), del Cloud Computing, del Big Data, dei Data Center e delle Tecnologie Quantistiche, delineando le sfide, le opportunità e le possibili direzioni evolutive che caratterizzeranno tali ambiti nei prossimi anni.

Inizieremo esplorando il ruolo cruciale che l'High-Performance Computing svolge nel fornire risorse computazionali avanzate, aprendo le porte a nuove frontiere nell'intelligenza artificiale, nell'analisi dei dati e in altri campi ad alta intensità computazionale. Esamineremo inoltre come il Cloud Computing stia ridefinendo il modo in cui le organizzazioni accedono e gestiscono le risorse IT, e analizzeremo le sue implicazioni in termini di sicurezza, consumo energetico e nuove modalità di erogazione dei servizi, tra cui il High-Performance Computing as a Service. Affronteremo poi il tema del Big Data e della sua crescente importanza nel contesto aziendale e sociale a più ampio spettro, discutendo di come le analisi avanzate possano generare valore dai dati e di quali siano le sfide legate alla gestione, alla privacy e alla sicurezza delle informazioni. In parallelo, esploreremo l'evoluzione dei Data Center, dall'ottimizzazione dell'efficienza energetica alla distribuzione geografica e alla loro interazione con le tecnologie emergenti come l'edge computing. Un paragrafo conclusivo sarà dedicato al tema delle tecnologie quantistiche, della computazione, della comunicazione e della sensoristica.

High-Performance Computing

Il supercalcolo, comunemente noto come high performance computing (HPC), è definito come la capacità di effettuare calcoli su larga scala per risolvere problemi complessi che richiedono o l'elaborazione di una grande quantità di dati, o la disponibilità di molta potenza di calcolo. Un'infrastruttura di supercalcolo è composta da migliaia di processori che lavorano in parallelo, in cluster di server, formando nodi per analizzare miliardi di dati e eseguire calcoli migliaia di volte più veloci rispetto a un computer ordinario.

Il supercalcolo fornisce capacità avanzate di calcolo, rete e archiviazione. Attualmente, la potenza di calcolo dei supercomputer è disponibile tramite due tipi di implementazioni: o localmente tramite nodi di server in loco o tramite infrastruttura cloud. Questa tecnologia consente di affrontare sfide importanti all'interno delle nostre società riguardanti cittadini, ricercatori, scienziati e aziende in vari settori industriali.

Si prevede che la domanda di servizi di supercalcolo continuerà a crescere rapidamente nel 2030. Questa crescita sarà guidata da una serie di fattori, tra cui:

- Il crescente utilizzo di applicazioni di intelligenza artificiale (AI) e machine learning (ML), che richiedono grandi quantità di potenza di calcolo.
- La crescita dei big data, che sta determinando la necessità di strumenti di analisi dei dati più potenti.
- La crescente complessità delle simulazioni scientifiche, come quelle utilizzate nelle previsioni meteorologiche e nella modellizzazione climatica.
- Lo sviluppo di nuove tecnologie di supercalcolo, come il calcolo quantistico, che consentirà capacità di calcolo ancora più potenti.

Come risultato di questi fattori, Futures Platform prevede che la domanda di servizi di supercalcolo aumenterà di un fattore pari o superiore a 10 entro il 2030. Questa crescita creerà opportunità significative per le aziende che forniscono servizi di supercalcolo, nonché per quelle che sviluppano tecnologie di supercalcolo.

Secondo Market Reports World[1], la dimensione del mercato globale di HPC è stata valutata 32.876,63 milioni di dollari nel 2021 e dovrebbe espandersi di +8,19% durante il periodo di previsione, raggiungendo 52.731,44 milioni di dollari entro il 2027. Simili sono anche le proiezioni di MarketsandMarkets Research, che prospetta il raggiungimento di 50 miliardi di dollari entro il 2027 per il mercato dell'HPC, con un CAGR del 6,7%.

Analizzando chi detiene la maggior parte della potenza di supercalcolo, o quote di sistema (System Share), la classifica Top500 - un progetto universitario cooperativo tra ricercatori tedeschi e statunitensi che classifica i primi 500 supercomputer nel mondo - afferma che la tecnologia supercomputing è diffusa in 34 paesi dal Nord America all'Asia, inclusa l'Europa e il Medio Oriente. L'ultima classifica disponibile[2], datata novembre 2023, mostra le quote di sistema a livello mondiale, con il 53% delle quote di proprietà di Stati Uniti e Cina, seguiti da Germania e Giappone (si veda Figura 1).

[1] https://www.marketreportsworld.com/enquiry/request-sample/21703161?utm_source=Linkedinroma
[2] https://www.top500.org/statistics/list/

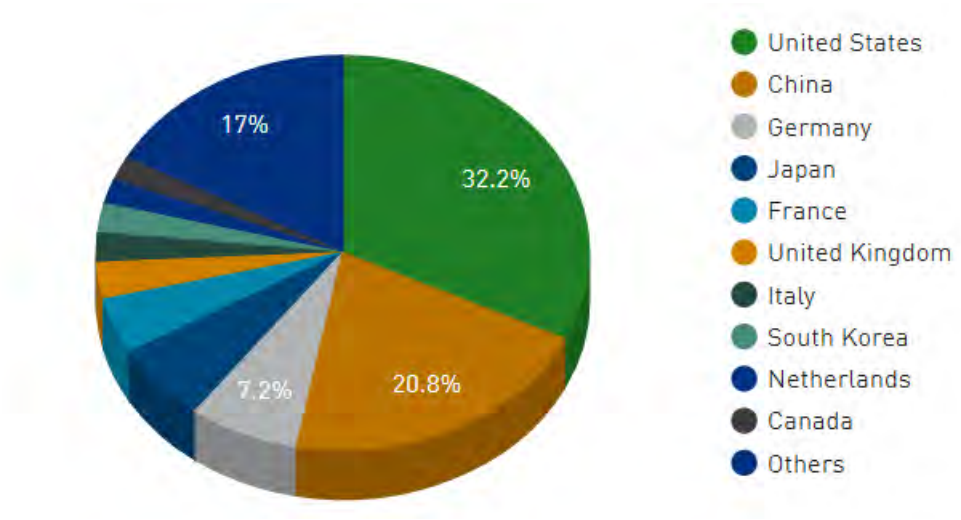


Figura 1. Quote di sistemi HPC per Paese (credits: Top500)

In Tabella 1, si elencano il numero di supercalcolatori nella Top500, la quota di sistema per i primi 10 Paesi e i tre parametri di Rmax[3], Rpeak[4] e numero di processori. Notiamo che l'Italia si posiziona al settimo posto, con 12 computer nella Top500.

Tabella 1. Primi 10 Paesi al mondo per quote di sistemi HPC (credits: Top500)

	Paese	Conteggio	Quota di sistema (%)	Rmax (GFlops)	Rpeak (GFlops)	Numero di processori
1	United States	161	32.2	3,725,850,800	5,711,149,171	40,077,020
2	China	104	20.8	407,239,784	770,545,405	22,605,992
3	Germany	36	7.2	256,265,750	391,132,706	4,292,044
4	Japan	32	6.4	669,834,060	866,458,051	11,374,380
5	France	23	4.6	173,226,000	249,513,264	3,967,832
6	United Kingdom	15	3	81,707,084	142,086,064	2,048,112

[3] Rmax (Maximal LINPACK performance achieved): Rappresenta la massima prestazione ottenuta da un sistema supercomputing durante il test LINPACK, un benchmark standard utilizzato per valutare le prestazioni di calcolo di un sistema. Questo valore riflette la capacità effettiva del supercomputer di risolvere problemi reali e rappresenta la sua potenza computazionale pratica in termini di operazioni di virgola mobile al secondo (FLOPS).

[4] Rpeak (Theoretical peak performance): Rappresenta la massima prestazione teorica che un sistema supercomputing potrebbe teoricamente raggiungere. Questo valore viene calcolato in base alle specifiche hardware del sistema, comprese le caratteristiche del processore, la velocità di clock e il numero di core. Rpeak è un indicatore della capacità massima di calcolo del sistema, ma può essere più elevato della prestazione effettiva ottenuta durante l'uso reale a causa di vari fattori come la complessità degli algoritmi, la latenza della memoria e il parallelismo effettivo delle operazioni.

Fondazione ICSC
"Centro Nazionale di Ricerca in High Performance Computing, Big Data and Quantum Computing"
Codice fiscale: 91449080372
Sede legale:
Via Magnanelli 2, 40033 Casalecchio di Reno (BO)

	Paese	Conteggio	Quota di sistema (%)	Rmax (GFlops)	Rpeak (GFlops)	Numero di processori
7	Italy	12	2.4	351,758,330	463,799,978	4,427,376
8	South Korea	12	2.4	151,323,000	207,845,410	2,021,812
9	Netherlands	10	2	86,851,320	150,917,140	921,120
10	Canada	10	2	41,208,360	71,911,529	845,984

Particolarmente interessante è analizzare i segmenti nei quali i supercalcolatori sono utilizzati. La Figura 2 mostra che il settore principale è quello industriale (41,6%), seguito dalla ricerca (26,8%).

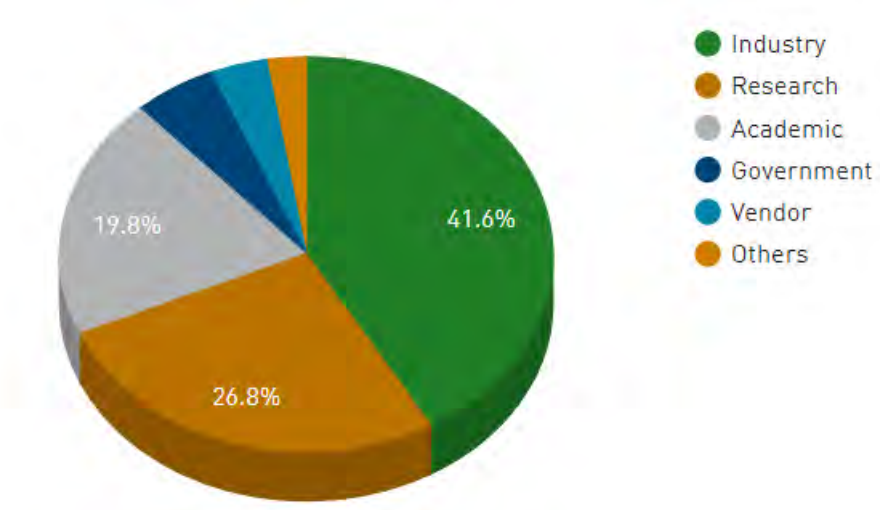


Figura 2. Segmenti di utilizzo dei sistemi HPC (credits: Top500)

La ricerca di StartUs Insights[5] del 2023 mostra i 10 trend principali relativi all'ambito del Supercalcolo a partire dal censimento di 549 startup e scaleup in ambito High-Performance Computing. Questi sono: Intelligenza Artificiale, Cloud Computing, Simulazione e gemelli digitali, Informatica scalabile, Edge Computing, Blockchain, Quantum Computing, Calcolo distribuito, Sicurezza informatica, Gestione termica.

Organizzando questi trend in termini di impatto, StartUs elabora la mappa in Figura 3. L'Intelligenza Artificiale si mostra fattore strategico per il traino dello sviluppo di sistemi HPC.

[5] https://www.startus-insights.com/innovators-guide/high-performance-computing-trends/

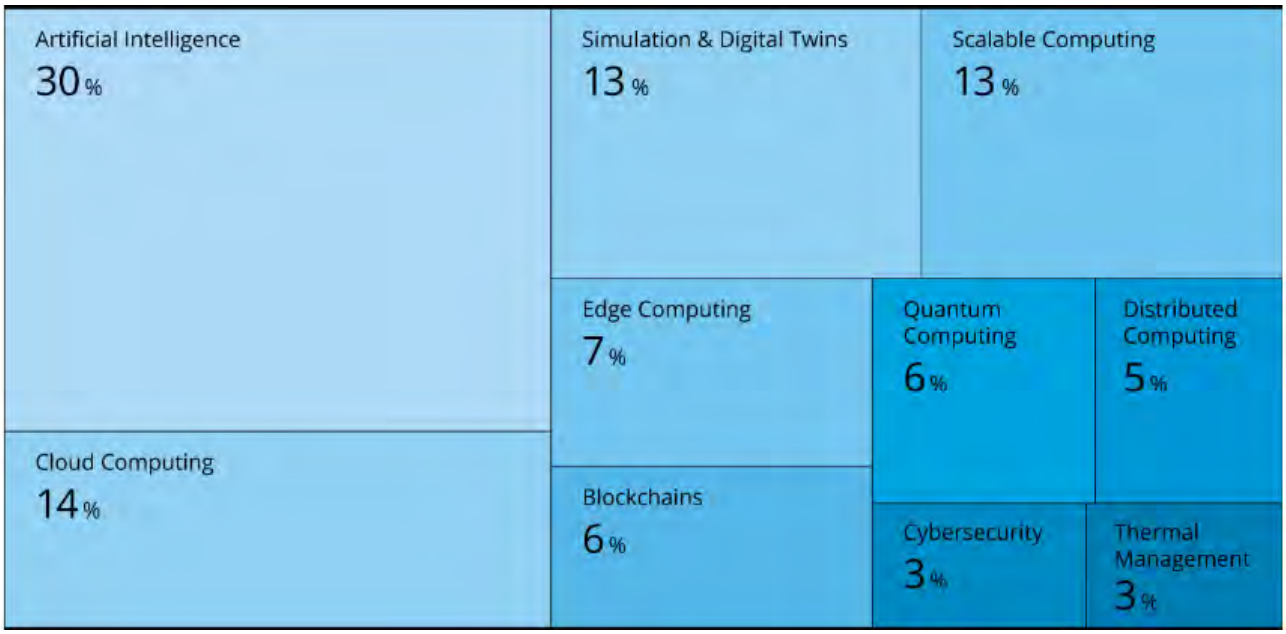


Figura 3. Mappa di impatto delle tendenze in ambito HPC (credits: StartUs Insights)

Quanto agli ambiti applicativi, Emergen Research[6] quantifica l'evoluzione del mercato di applicazioni dell'HPC come prevalente nell'ambito salute: è infatti quello che si prevede registri la maggiore crescita entro il 2030 (si veda Figura 4).

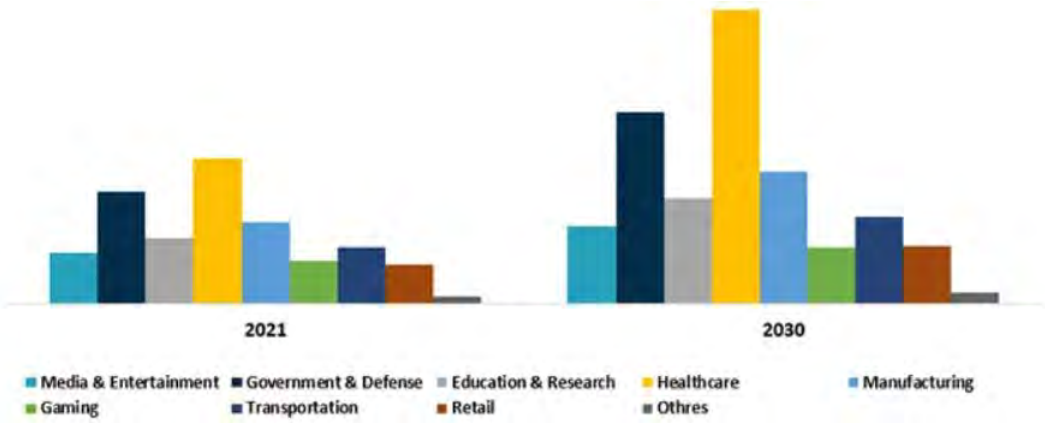


Figura 4. Evoluzione delle applicazioni di HPC (credits: Emergen Research)

Diversi progetti a livello europeo, focalizzati sulla ricerca in ambito HPC, hanno avuto negli ultimi anni il compito di delineare traiettorie di sviluppo non solo di progetti ma anche delle stesse linee di finanziamento dell'Unione Europea rispetto a queste tematiche. Il report del 2020 del progetto Eurolab4HPC, dal titolo "Eurolab4HPC Long-Term Vision on High-Performance Computing (2nd Edition)"[7], individua tre trend che stanno cambiando il panroama dell'HPC e dei supercalcolatori.

[6] https://www.emergenresearch.com/industry-report/high-performance-computing-market

[7] https://www.eurolab4hpc.eu/media/public/vision/vision_final.pdf

La prima tendenza è l'emergere dell'analisi dei dati che integra la simulazione nella scoperta scientifica. Sebbene la simulazione rimanga ancora un pilastro importante per la scienza, ci sono enormi volumi di dati scientifici che ora vengono raccolti da sensori che aumentano i dati della simulazione disponibili per l'analisi. L'analisi dei dati ad alte prestazioni (HPDA) completerà la simulazione nelle future applicazioni HPC.

La seconda tendenza è l'emergere del cloud computing e dei warehouse-scale computer (noti anche come data center). I data center sono costituiti da server di elaborazione, rete e archiviazione di volumi a basso costo, che mirano a una manipolazione dei dati economicamente vantaggiosa su scala senza precedenti. La scala con cui ospitano e manipolano i dati (ad esempio personali, aziendali) ha portato a scoperte fondamentali nell'analisi dei dati. Esistono una miriade di sfide da affrontare per l'analisi di dati di massa, tra cui la gestione di origini dati altamente distribuite e il monitoraggio della provenienza dei dati, la convalida dei dati, la mitigazione delle distorsioni di campionamento e dell'eterogeneità, la diversità e l'integrità del formato dei dati, l'integrazione, la sicurezza, la privacy, la condivisione, la visualizzazione e algoritmi massivamente paralleli e distribuiti per analisi incrementali e/o in tempo reale. I grandi data center sono fondamentalmente diversi dai supercomputer tradizionali nella progettazione, nel funzionamento e nelle strutture software. In particolare, le applicazioni Big Data nei data center e nei centri di cloud computing richiedono algoritmi diversi e differiscono in modo significativo dalle tradizionali applicazioni HPC, tanto che potrebbero non richiedere le stesse strutture informatiche. Poiché le moderne piattaforme HPC vengono sempre più costruite utilizzando server a volume (ovvero, ad un server corrisponde un ruolo), esistono numerose funzionalità condivise tra i computer warehouse-scale e le moderne piattaforme HPC, tra cui l'allocazione e la gestione dinamica delle risorse, l'utilizzo elevato, la parallelizzazione e la accelerazione, robustezza e costi infrastrutturali. Queste preoccupazioni serviranno da incentivi per la convergenza delle piattaforme. Esistono, nel frattempo, diversi aspetti in cui i tradizionali sistemi HPC differiscono dai moderni computer su warehouse-scale: virtualizzazione efficiente, topologie di rete e strutture avverse nelle piattaforme cloud, memoria e larghezza di banda di archiviazione ridotte nei server di volume. I fornitori di HPC devono adattarsi per coesistere con i servizi cloud; Gli operatori informatici su scala di magazzino devono innovare le tecnologie per supportare il carico di lavoro e la piattaforma all'intersezione tra l'informatica commerciale e quella scientifica. Non è chiaro se si verificherà una convergenza dell'HPC con le applicazioni di big data analytics. Lo studio delle strutture hardware e software mirate a tale convergenza è di grande interesse commerciale e di ricerca. Tuttavia, alcune applicazioni HPC verranno eseguite in modo più economico nei data center. I supercomputer Exascale e post-Exascale potrebbero diventare una nicchia per le applicazioni HPC.

La terza tendenza nasce dall'intelligenza artificiale (AI) e dalle reti neurali profonde (DNN) per l'apprendimento di modelli complessi, che sono emerse come nuove tecniche che penetrano in diverse aree di applicazione. L'apprendimento DNN richiede prestazioni elevate e viene spesso eseguito su supercalcolatori. Infatti, gli acceleratori GPU sono considerati molto efficaci per l'elaborazione con reti neurali. Si presume che verrà ampiamente applicato alle future auto autonome, aprendo così un segmento di mercato molto ampio per l'HPC integrato. Le DNN verranno applicate anche nelle simulazioni ingegneristiche tradizionalmente eseguite su supercomputer HPC.

La gestione del consumo di energia e del calore è considerata altamente importante per i futuri sviluppi: ridurre le emissioni di CO2 e il consumo energetico complessivo deve diventare una assoluta priorità. Le nuove tecnologie, come la computazione neuromorfica, resistiva e quantistica, potrebbero avere un effetto importantissimo sul software di sistema e sui modelli di programmazione. Questi sviluppi porteranno a una maggiore complessità del

software e richiederanno più intelligenza nell'ambiente di programmazione. Le reti ottiche e le connessioni basate su Terahertz potrebbero eliminare la necessità di conservare la località dei dati. Inoltre, le memorie di classe storage potrebbero ridurre i costi di checkpointing o eliminarli del tutto nell'ambito dell'HPC; tuttavia, le attuali astrazioni (es. OpenMP) continueranno a evolversi in modo incrementale e saranno utilizzate ancora per decenni.

Aurolab4HPC conclude fornendo alcune raccomandazioni di priorità in termini di finanziamenti di programmi HPC nell'Unione Europea nel prossimo futuro:

- Convergenza di HPC e HPDA:
  - Data Science, Cloud Computing e HPC: i Big Data incontrano l'HPC
  - Interoperabilità e integrazione
  - Limitazioni del cloud per HPC
  - Edge Computing: calcolo locale per l'elaborazione in prossimità dei sensori
- Impatto delle nuove memorie non volatili (Non-Volatile Memory – NVM), in alternativa al CMOS:
  - Gerarchie di memoria basate su NVM
  - Elaborazione near- ed in-memory: pre- e post-elaborazione in NVM
  - Software di sistema HPC basato su nuove gerarchie di memoria
  - Impatto sul checkpointing e sulla resilienza
- Programmabilità:
  - Nascondere nuovi strati di memoria e acceleratori hardware agli utenti attraverso astrazioni
  - Gestione degli ambienti software e di programmazione sempre più complessi
  - Monitoraggio di un trilione di thread
  - Tecniche di tolleranza ai guasti basate su algoritmi all'interno dell'applicazione e spostamento del carico di rilevamento dei guasti alla libreria, ad esempio, libreria di messaggistica tollerante ai guasti
- ICT verde ed energia:
  - Integrazione di sottosistemi di raffreddamento e elettrici
  - Supercomputer come sistema completo per l'ICT sostenibile

High-Performance Computing e Cloud Computing

Come mostrato in Figura 5, ci si aspetta che il mercato dei server supercomputing on-premises cresca del 7-8% all'anno, mentre ci si attende che il supercomputing nel cloud cresca del 17,6% nei prossimi 5 anni. Secondo Hyperion Research[8], il fatturato della distribuzione nel cloud supererà gli 11 miliardi di dollari nel 2026.

Uno studio del 2022 di Gartner, dal titolo "Ripensare il Supercomputing per un'era digitale", afferma che, sebbene i modelli operativi attuali del supercomputing siano relativamente statici nel loro schema di distribuzione, la distribuzione on-premises continuerà a generare la maggior parte dei ricavi nel mercato globale. Tuttavia, questo mercato si sta gradualmente spostando verso un "modello di distribuzione ibrido" che combina infrastrutture on-premises e applicazioni supercomputing basate su cloud al fine di ridurre i costi operativi e aumentare l'agilità e la flessibilità fornite dalle infrastrutture cloud. È importante notare che la distribuzione on-premises continua a

8 https://hyperionresearch.com/wp-content/uploads/2023/05/Hyperion-Research-ISC23-HPC-Market-Update-Breakfast-Briefing_May-23-2023.pdf

generare il maggior contributo al fatturato a causa del fatto che istituzioni governative e grandi società sono preoccupate di mantenere i dati sensibili in loco a causa di preoccupazioni sulla sicurezza e processi operativi.

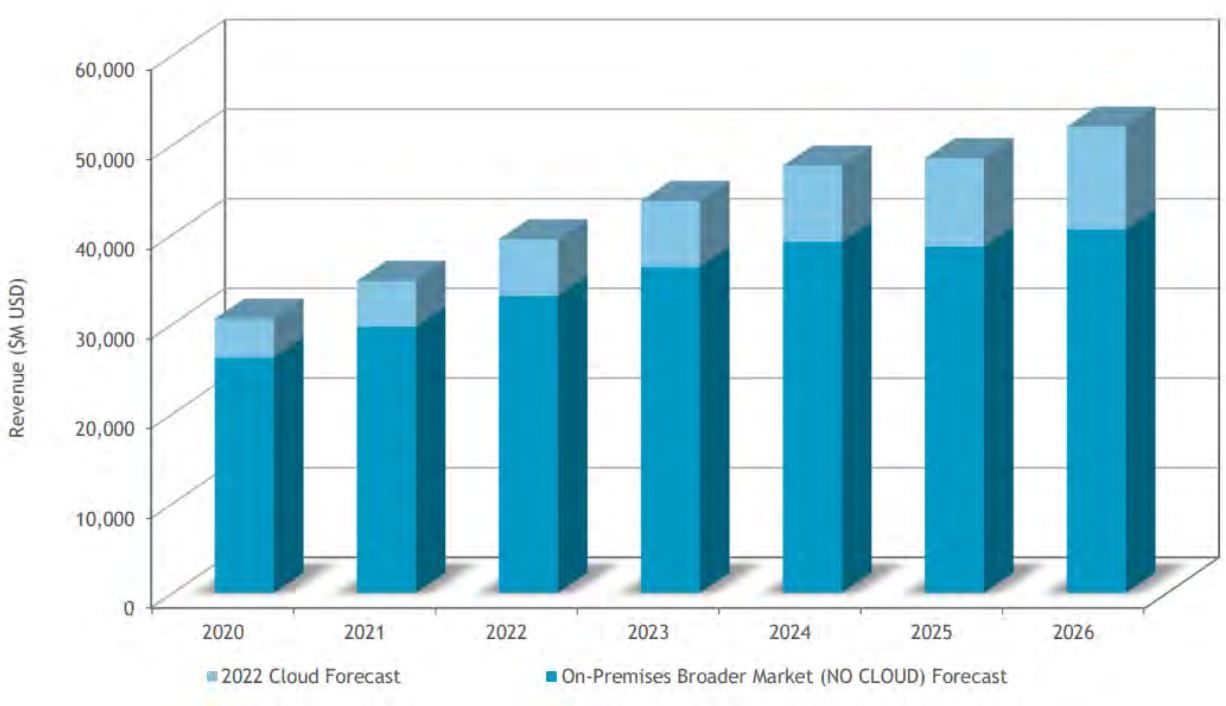


Figura 5. Analisi e proiezioni di mercato di HPC scomposto su soluzioni on-premises e cloud (credits: Hyperion Research)

High-Performance Computing as a Service

Quando si analizzano da vicino le dinamiche di mercato del supercomputing in termini di implementazione tecnologica e sviluppo dei servizi, si può notare che i fornitori di servizi cloud hanno iniziato a offrire soluzioni supercomputing chiavi in mano mirate alle specifiche esigenze delle aziende, sviluppando il segmento di mercato identificato come "HPC as a Service" (HPCaaS). Questa tendenza è guidata da una crescente domanda da parte dei clienti che necessitano di affrontare carichi di lavoro ad alta intensità di dati generati nella nostra società sempre più orientata ai dati. Secondo Gartner, "aziende all'avanguardia stanno elaborando strategie di supercomputing digital-native e sfruttando il supercomputing per catalizzare la trasformazione digitale e la creazione di nuovi valori". Tuttavia, la migrazione dei carichi di lavoro verso piattaforme cloud richiede un nuovo set di competenze per i gestori dei centri e i ricercatori.

Secondo Databridge Market Research[9], si prevede che il segmento di mercato HPCaaS raggiungerà i 20,62 miliardi di dollari entro il 2029.

High-Performance Computing e Intelligenza Artificiale

Secondo lo studio di mercato di Hyperion Research, lo sviluppo del supercalcolo come servizio (HPCaaS) ha avviato un aumento dell'uso di applicazioni accelerato e alimentate da intelligenza artificiale (IA) in combinazione con tecnologie di edge computing. L'aumento dell'uso dell'IA è guidato dalla diversità dei carichi di lavoro, dello sviluppo

[9] https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-high-performance-computing-as-a-service-hpcaas

delle applicazioni e dei progetti di sistema che si sono spostati per incorporare funzionalità favorevoli all'IA. L'incorporazione di modelli e piattaforme di intelligenza artificiale all'interno dei carichi di lavoro tradizionali consente una migliore preparazione dei dati, pulizia e simulazioni.

Questo trend porterà ad una crescita annua del 22% in termini di valore generato dai sistemi HPC utilizzato per scopi di IA (si veda Figura 6).

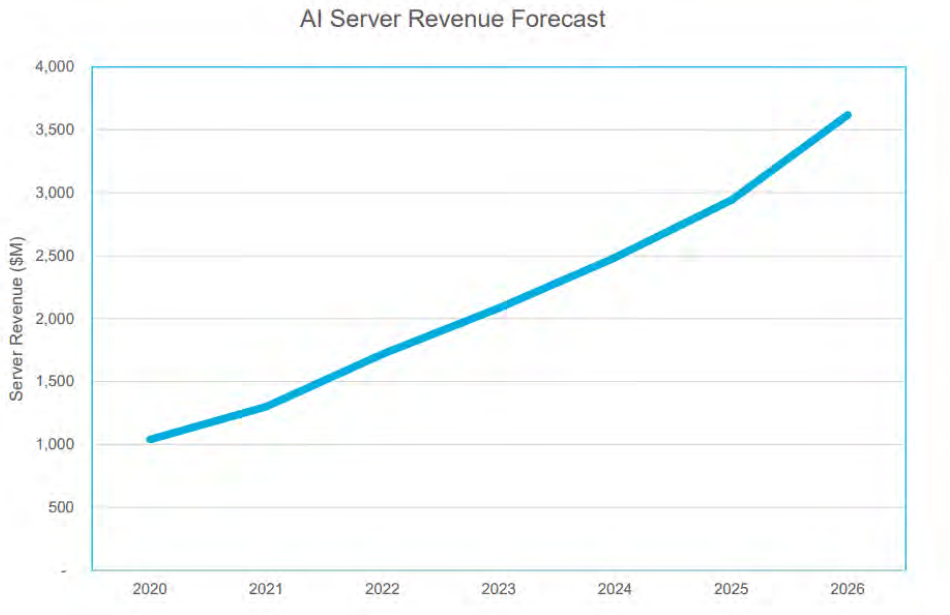


Figura 6. Previsione del valore generato dai server HPC per applicazioni di IA (credits: Hyperion Research)

High-Performance Computing ed energia

Nell'articolo del 2024 di Silva e colleghi, intitolato "A review on the decarbonization of high-performance computing centers"[10], si mostra che il processo di decarbonizzazione dell'HPC passa attraverso cinque dimensioni: hardware, software, servizio, infrastruttura e KPI (si veda Figura 7).

Il consumo energetico dei centri di supercalcolo è principalmente correlato alle loro risorse di calcolo (server, apparecchiature di comunicazione e memorizzazione) e alle risorse fisiche legate all'infrastruttura (raffreddamento, alimentazione elettrica, illuminazione e altri sistemi). Il raffreddamento può rappresentare fino al 33% - 40% del consumo di energia dei data center a seconda della posizione e della densità di potenza e consuma centinaia di miliardi di galloni d'acqua all'anno negli Stati Uniti. Di conseguenza, la maggior parte degli sforzi relativi all'efficienza energetica sono concentrati sul calcolo stesso (hardware) e su nuove attrezzature e tecnologie di raffreddamento, sulla loro configurazione e sulle possibili applicazioni per il recupero del calore residuale. Le misure di efficienza energetica riducono il consumo complessivo di energia elettrica associato al funzionamento di un sistema HPC.

[10] https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114019

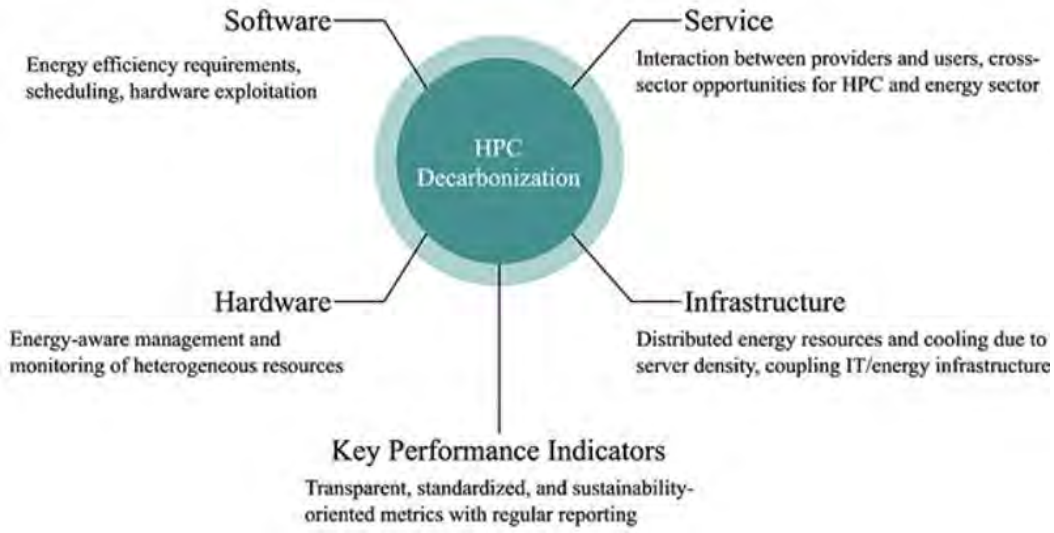


Figura 7. Dimensioni della decarbonizzazione dell'HPC (credits: Silva et al., 2024)

Cloud Computing

Il cloud computing si riferisce a risorse informatiche virtuali, software, piattaforme e infrastrutture fornite su Internet come servizio. Poiché non vi è alcun capitale direttamente legato ai server o alla manutenzione, i servizi cloud possono fornire flessibilità e resilienza nello sviluppo e nell'esecuzione di applicazioni e nell'archiviazione dei dati.

Quando ci si riferisce al mondo cloud possiamo considerare diverse tipologie che differiscono per il modo in cui vengono ospitati e gestiti i servizi di cloud computing, ma anche per il grado di controllo e flessibilità che offrono alle organizzazioni che le utilizzano. In particolare, citiamo i seguenti quattro modelli di distribuzione dei servizi di cloud:

- Cloud pubblico: i servizi di cloud computing sono forniti da fornitori di servizi cloud pubblici tramite Internet. Le risorse, come server, storage e software, sono gestite e mantenute dal fornitore di servizi e condivise tra più clienti. È un'opzione scalabile e flessibile, in cui i clienti pagano solo per le risorse di cui hanno bisogno e possono facilmente aumentare o diminuire le risorse in base alle esigenze;
- Cloud privato: le risorse di cloud computing sono dedicate a un singolo cliente e sono gestite all'interno dell'infrastruttura IT di quell'organizzazione. Questo modello offre maggiore controllo, sicurezza e personalizzazione rispetto al cloud pubblico, ma richiede un investimento più elevato iniziale per l'infrastruttura e le risorse;
- Cloud ibrido: combina elementi del cloud pubblico e del cloud privato, consentendo alle organizzazioni di utilizzare entrambi i tipi di infrastruttura. Questo modello consente alle aziende di mantenere alcune applicazioni e dati sensibili all'interno del cloud privato per motivi di sicurezza e compliance, mentre utilizzano il cloud pubblico per altre applicazioni che richiedono scalabilità e flessibilità;
- Cloud su data center: le organizzazioni utilizzano il proprio data center per ospitare servizi di cloud computing. In questo caso, l'organizzazione gestisce e mantiene l'infrastruttura di cloud computing all'interno del proprio data center anziché affidarsi a un fornitore esterno. Questo modello offre un maggiore controllo e personalizzazione, ma può richiedere investimenti significativi iniziali e competenze tecniche per la gestione dell'infrastruttura.
-

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Cloud Transformation della School of Management del Politecnico di Milano, nel report del 2023 "Cloud (r)evolution: il tempo della consapevolezza", mostra un consolidarsi del mercato Cloud in Italia con un tasso di crescita del +19%, per un valore complessivo di 5,51 miliardi di Euro (si veda Figura 8).

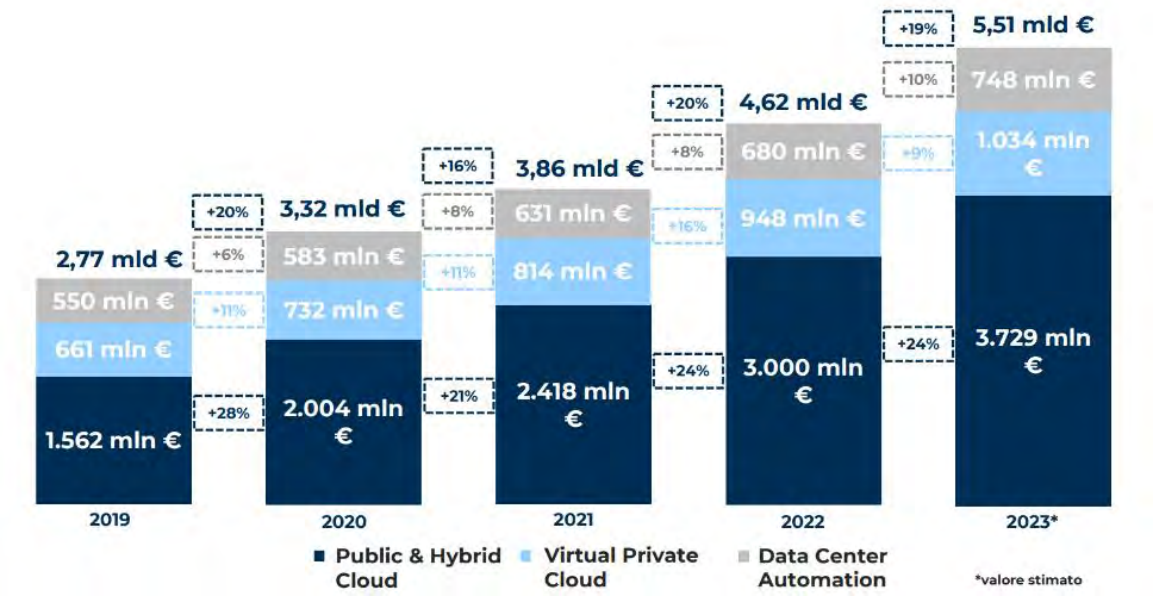


Figura 8. Evoluzione del mercato Cloud in Italia dal 2019 al 2023 (credits: Osservatorio Cloud Transformation 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Nel corso dell'ultimo anno, in Italia, la componente di cloud pubblico ed ibrido ha continuato a mostrare una crescita significativa, raggiungendo una spesa totale di 3,729 miliardi di euro, con un aumento del 24% rispetto al 2022. All'interno di questa componente, la Infrastructure as a Service (IaaS)[11] ha registrato la maggior parte della crescita, raggiungendo un valore di 1,511 miliardi di euro (+29% rispetto al 2022) e rappresentando il 41% del mix complessivo, in linea con la quota dei servizi Software as a Service (SaaS)[12] che sono tradizionalmente più diffusi.

L'incremento dell'IaaS è stato trainato principalmente dal Container Management[13], legato alla progressiva necessità di guadagnare maggiore efficienza e dinamicità nella gestione dei carichi di lavoro aziendali in Cloud, e dalle Virtual Machine per ambienti di sviluppo, test e produzione. Queste ultime sono fondamentali per lo sviluppo e la sperimentazione di nuovi servizi digitali, inclusa l'AI generativa, che ha visto un aumento di popolarità dopo il

[11] Per IaaS si intende un modello di servizio Cloud computing in cui i fornitori di servizi Cloud mettono a disposizione degli utenti un'intera infrastruttura IT virtualizzata attraverso internet. Questa infrastruttura può includere server virtuali, dispositivi di storage, reti, e altri componenti necessari per eseguire applicazioni e gestire dati.

[12] Con SaaS di intende un modello di distribuzione del software basato su Cloud in cui le applicazioni software vengono fornite agli utenti tramite Internet come un servizio gestito da un provider. Gli utenti possono accedere a queste applicazioni direttamente da un browser web, senza la necessità di installare o gestire il software sul proprio computer.

[13] Container Management è la pratica che riguarda la gestione e l'orchestrazione dei container software. Un container è una tecnologia di virtualizzazione che consente di impacchettare un'applicazione e tutte le sue dipendenze (come librerie e configurazioni) in un ambiente isolato e portatile. Tra le diverse attività includiamo: la creazione, la distribuzione, l'orchestrazione, il monitoraggio e gli aggiornamenti del container.

lancio del famoso ChatGPT di Open AI l'anno precedente. Il Cloud è diventato quindi un elemento chiave per il training e l'implementazione di questi servizi.

Segue in termini di crescita il Platform as a Service (PaaS). Questo è cresciuto del 27%, raggiungendo un totale di 686 milioni di euro, trainato dalle opportunità legate all'Intelligenza Artificiale e all'Analytics, oltre che dalle iniziative di modernizzazione del parco applicativo. Il Software as a Service (SaaS) ha registrato una crescita del 19%, raggiungendo un valore totale di 1,532 miliardi di euro.

Riguardo alla distribuzione della spesa Public Cloud italiana tra le varie classi di impresa, l'87% del mercato è rappresentato dalle grandi organizzazioni, che hanno riconosciuto l'importanza di investire non solo nella adozione di nuovi servizi digitali, ma anche nel consolidamento di quelli esistenti. Le PMI, seppur in minoranza, stanno registrando una forte crescita, raggiungendo nel 2023 una spesa di 478 milioni di euro (+34% rispetto al 2022), grazie a iniziative come i fondi del PNRR. Le PMI possono guardare alle grandi imprese ormai basate sul Cloud come modelli da seguire per una trasformazione più ampia che vada oltre la mera adozione di tecnologie.

L'impatto più significativo del cloud computing per le aziende è l'accesso alle tecnologie più recenti a costi contenuti. Aiuta ad archiviare, elaborare e analizzare grandi quantità di dati, fondamentali per l'utilizzo dei big data e gli sviluppi associati all'IoT, all'Industria 4.0, all'intelligenza artificiale e all'apprendimento automatico. Una delle più recenti macchine virtuali basate sull'intelligenza artificiale nel cloud è la GPU NVIDIA L4 Tensor Core, che appartiene alla famiglia di macchine G2 di Google Cloud. Consente l'apprendimento automatico affinché i clienti possano eseguire la propria infrastruttura di produzione nel cloud per una varietà di applicazioni come modelli linguistici, classificazione di immagini, rilevamento di oggetti, riconoscimento vocale automatizzato e traduzione linguistica. Questa vastità di applicazioni ha portato ad un incremento progressivo del numero di aziende che utilizzano servizi cloud, con una maggiore diffusione presso le grandi aziende ma con trend in forte crescita anche per PMI; tale trend si prevede che possa continuare anche nei prossimi anni (si veda Figura 9).

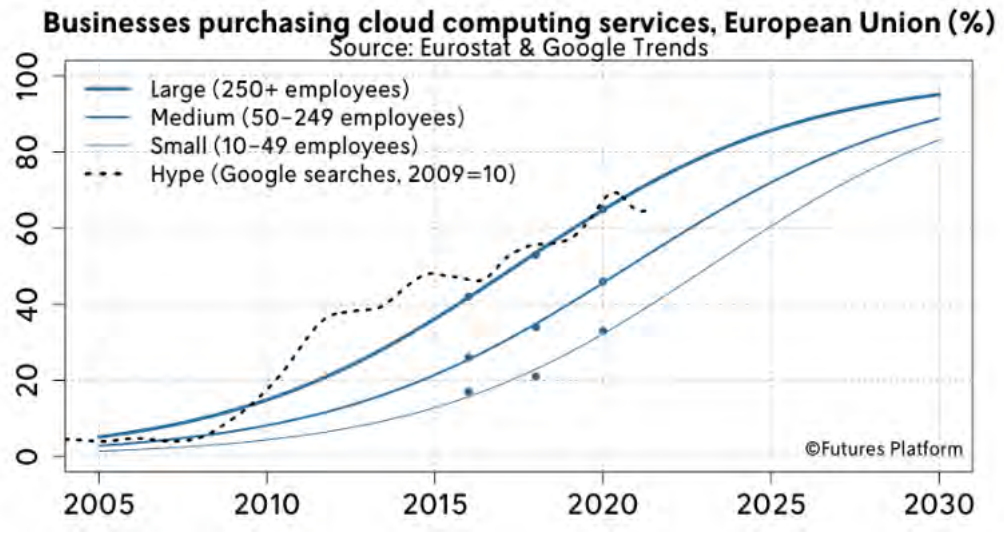


Figura 9. Percentuale di aziende dell'Unione Europea che acquistano servizi cloud (credits: Futures Platform)

Verso la trasformazione Cloud

Al di là del numero di aziende che hanno effettivamente investito su servizi di cloud computing, un dato importante riguarda l'intenzione di potenziarli, da parte delle aziende che già li utilizzano. La ricerca dell'Osservatorio Cloud Transformation della School of Management del Politecnico di Milano, nel sopramenzionato report, afferma che "ben il 65% delle grandi imprese ha intenzione di lavorare, come priorità assoluta, sull'ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse e dei costi del cloud nei prossimi dodici mesi" (p. 12).

Quali sono però gli elementi chiave per una vera e propria "trasformazione cloud" nelle imprese, che non si limiti all'adozione di alcuni servizi in modo discontinuo e non integrato?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Cloud Transformation della School of Management del Politecnico di Milano, nel report del 2023 "Cloud (r)evolution: il tempo della consapevolezza", dedica una riflessione agli elementi che caratterizzano una "trasformazione cloud", alcuni dei quali sono emersi solamente di recente.

In Figura 10, elaborata dall'Osservatorio Cloud Transformation, sono rappresentate le tre macro-dimensioni scelte per descrivere la trasformazione cloud: i) infrastruttura e risorse applicative; ii) governance e strategia; iii) competenze e gestione del cambiamento.

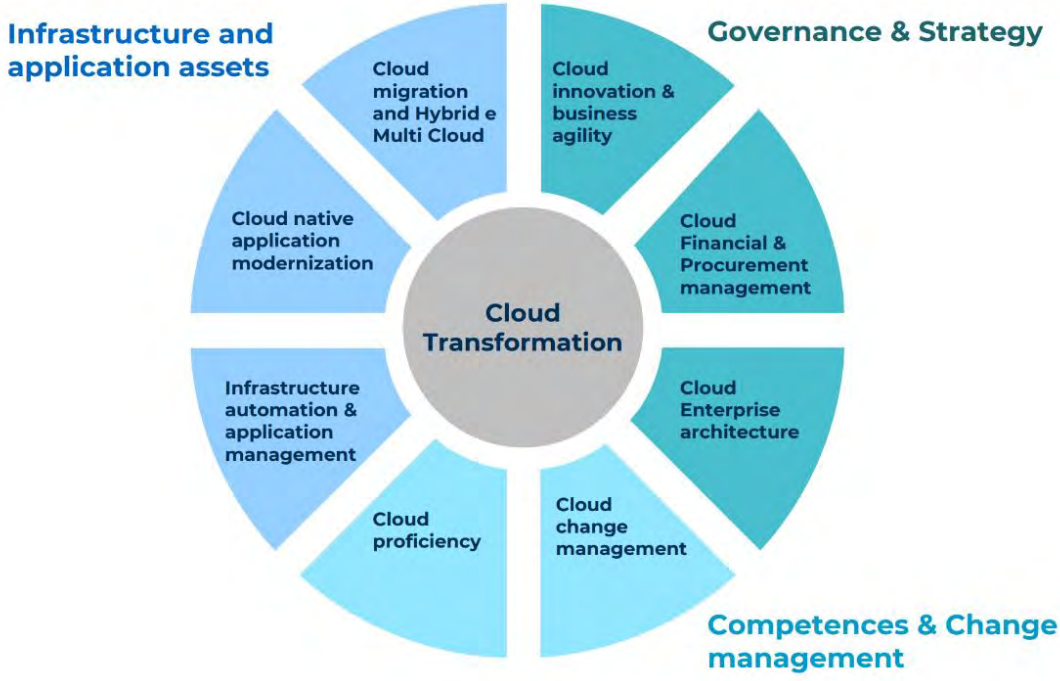


Figura 10. Dimensioni della trasformazione cloud (credits: Osservatorio Cloud Transformation 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Rispetto alla dimensione di Governance e strategia, si affaccia una nuova sfida che riguarda il cosiddetto "Cloud Financial Management". Ad oggi, il 74% delle imprese continua a gestire le risorse e i costi del cloud secondo le logiche tradizionali dei sistemi on-premises che mal si adattano alla variabilità e dinamicità dei modelli di pricing del cloud. Invece, sarebbe urgente l'ispirazione a paradigmi collaborativi come il FinOps[14], volto a favorire una maggiore responsabilizzazione dei dipendenti e ad identificare spazi di efficientamento nell'uso delle risorse Cloud e dei relativi costi. Tuttavia, l'adozione di queste metodologie rimane bassa, nonostante l'urgenza percepita: nel 2023 solo il 5% delle organizzazioni ha iniziato a lavorare davvero secondo le pratiche FinOps, mentre il 21% ha accennato i primi passi lavorando soprattutto sull'utilizzo di tool tecnologici.

L'assenza di un'evoluzione nei processi di IT Financial Management sta portando a una gestione inefficace della spesa nel cloud computing: il 54% delle aziende nel campione ha dichiarato di aver superato il budget inizialmente previsto per l'anno in corso. Nel 70% dei casi, le variazioni sono state inferiori al 5%. Sebbene possa sembrare un dato positivo, in realtà evidenzia un problema: l'incapacità di prevedere con precisione il fabbisogno di risorse cloud e la mancanza di flessibilità nel riadattare i budget una volta in corso d'opera. Questo porta a una riduzione della spesa una volta superato il budget previsto, il che comporta un blocco dei fondi destinati al cloud, soprattutto per i progetti innovativi. Di conseguenza, i progetti di innovazione vengono rimandati, mentre l'attenzione si concentra sul mantenimento delle applicazioni core per garantire la continuità dei servizi in produzione.

Un paradigma alternativo a quello identificato dall'Osservatorio Cloud Transformation del Politecnico di Milano è fornito da McKinsey[15] che identifica i pool di valore per l'adozione del cloud in tre dimensioni:

- Rejuvenate: approccio che descrive una rottura rispetto agli approcci legacy tradizionali utilizzando il cloud per ridurre costi e rischi nell'IT e nelle operazioni principali;
- Innovate: approccio che prevede lo sfruttamento del cloud per accelerare o consentire l'innovazione utilizzando tecnologie come analisi avanzate, IoT e automazione su larga scala. Questi forniscono alle aziende modi per perseguire una crescita guidata dall'innovazione e ottimizzare i costi per le operazioni aziendali. La gamma di potenziale valore è ampia e riflette il fatto che non tutte le organizzazioni hanno la maturità del cloud necessaria per raggiungere un livello simile di innovazione;
- Pioneer: prevede l'estensione del valore del cloud una volta raggiunto un certo livello di maturità dell'organizzazione. In questa fase, le aziende possono sfruttare il cloud per sperimentare nuove tecnologie, come blockchain, calcolo quantistico, realtà aumentata e virtuale e stampa 3D.

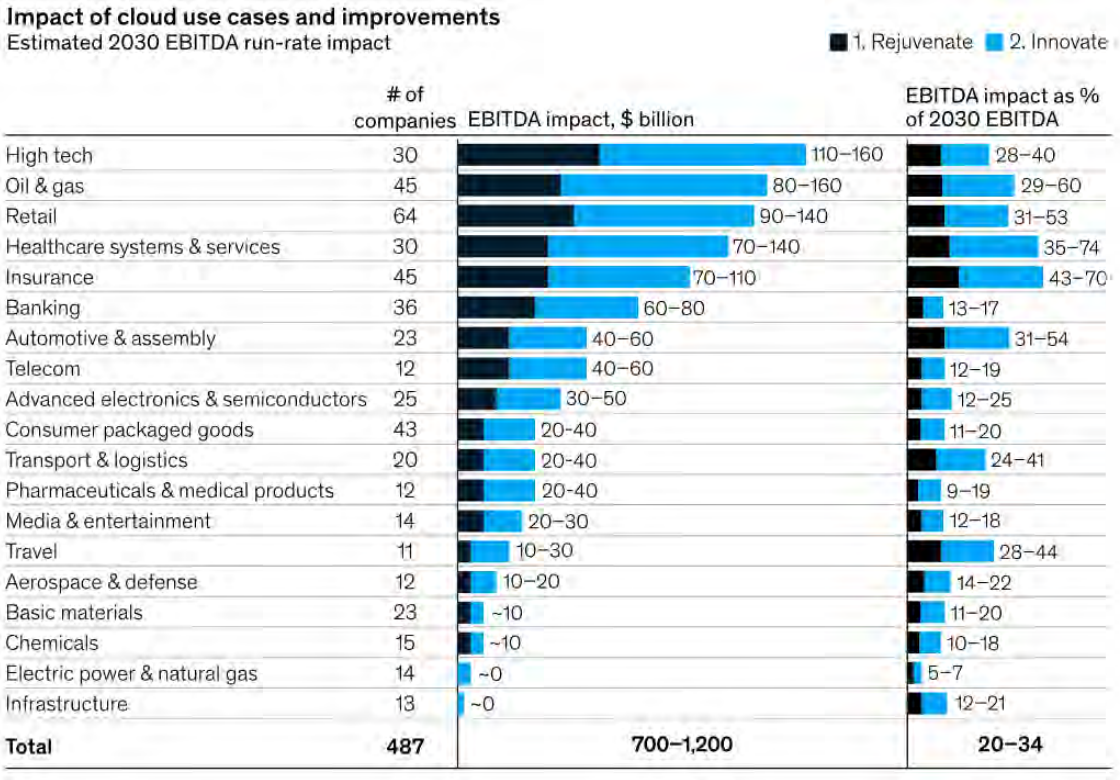
Complessivamente, al 2030 il mercato nelle tre dimensioni di trasformazione cloud è previsto dell'ordine del trilione di dollari.

[14] Il FinOps nasce come una combinazione di finanza e DevOps. Il termine sottolinea che i team di IT, finanza e business debbano collaborare per introdurre nel cloud la responsabilità finanziaria e per prendere decisioni consapevoli e basate sui dati di utilizzo delle risorse.

[15] https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/clouds-trillion-dollar-prize-is-up-for-grabs

Aziende di ogni settore possono ottenere valore dal cloud, ma questo non è distribuito in modo uniforme (si veda Figura 11). Il settore dell'high tech, il settore petrolifero e del gas, il commercio al dettaglio, i sistemi e i servizi sanitari, il settore assicurativo e bancario sono quelli posizionati per generare il maggior valore nel 2030, secondo le misure di impatto sul margine operativo lordo (EBITDA – Earning Before Interest Tax Depreciation Amortization), anche se quasi tutte le industrie all'interno del Fortune 500 mostrano un potenziale per un aumento medio dell'EBITDA superiore al 20%. In Figura 11, si distinguono i processi di utilizzo Cloud secondo le due categorie di "rejuvenate" e "innovate", lasciando da parte la dimensione "pioneer" in quanto ancora marginale nel presente.

È probabile che questa distribuzione del valore cambi con l'evoluzione dell'impatto del cloud. L'accesso democratizzato al potere computazionale e alle infrastrutture potrebbe rimodellare il panorama in settori che storicamente non sono stati altamente competitivi. Come diverse innovazioni tecnologiche precedenti, il cloud sposta le barriere all'ingresso in molti mercati dalla scala alle competenze ("from scale to skills"), consentendo alle aziende più piccole con le giuste competenze di ampliare le attività sulle infrastrutture più recenti senza preoccuparsi dei costi iniziali, creando così una minaccia per gli operatori storici più lenti.



	# of companies	EBITDA impact, $ billion	EBITDA impact as % of 2030 EBITDA
High tech	30	110–160	28–40
Oil & gas	45	80–160	29–60
Retail	64	90–140	31–53
Healthcare systems & services	30	70–140	35–74
Insurance	45	70–110	43–70
Banking	36	60–80	13–17
Automotive & assembly	23	40–60	31–54
Telecom	12	40–60	12–19
Advanced electronics & semiconductors	25	30–50	12–25
Consumer packaged goods	43	20-40	11–20
Transport & logistics	20	20-40	24–41
Pharmaceuticals & medical products	12	20-40	9–19
Media & entertainment	14	20–30	12–18
Travel	11	10–30	28–44
Aerospace & defense	12	10–20	14–22
Basic materials	23	~10	11–20
Chemicals	15	~10	10–18
Electric power & natural gas	14	~0	5–7
Infrastructure	13	~0	12–21
Total	**487**	**700–1,200**	**20–34**

Figura 11. Evoluzione del margine operativo lordo rispetto all'utilizzo del Cloud in diversi settori (credits: McKinsey)

McKinsey identifica inoltre sette driver che possono generare valore a partire dal Cloud, su cui si consiglia di focalizzarsi in vista degli sviluppi futuri preventivati. Questi driver, di complessità crescente, aderiscono alle diverse dimensioni di trasformazione cloud, come rappresentato in Figura 12.

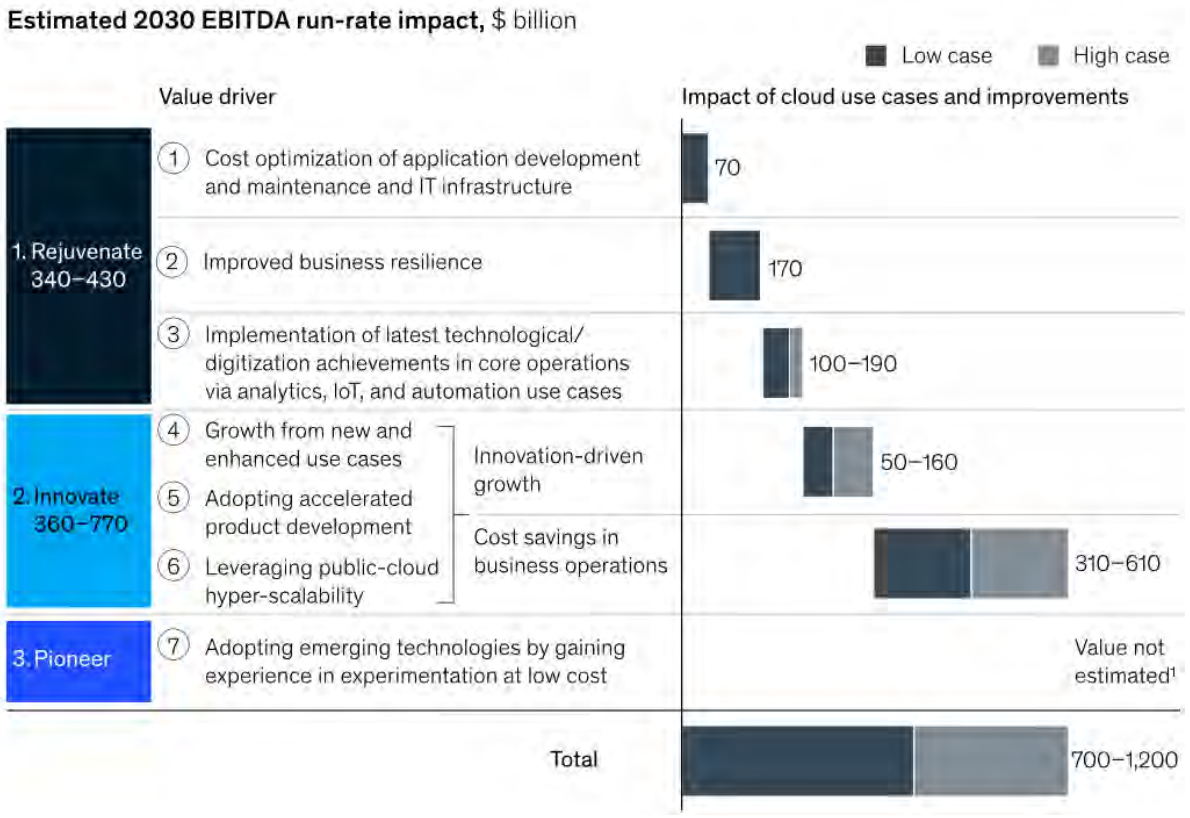


Figura 12. Sette driver per l'estrazione di valore dal Cloud e quantificazione al 2030 in termini di EBITDA (credits: McKinsey)

Confrontando aziende con un'elevata maturità del cloud, si può notare che esse mostrano una mentalità di adozione diversa rispetto alle loro concorrenti. Una ricerca di McKinsey condotta da terzi su 705 utenti di cloud pubblico indica che le aziende con una maggiore maturità del cloud condividono una serie di caratteristiche: sono le prime ad adottare tecnologie all'avanguardia (71%), innovano in modo aggressivo (72%) e vedono la tecnologia come un differenziatore competitivo e fattore chiave per il lancio e la creazione di nuove imprese (79%). Essendo le prime a trasferirsi su sistemi Cloud, queste organizzazioni acquisiscono una notevole esperienza sul cloud, superando i loro colleghi in termini di risultati (si veda Figura 13).



Figura 13. Confronto tra la media di aziende e quelle con maggiore maturità Cloud (credits: McKinsey)

Cloud e sicurezza informatica

Nel cloud computing, i problemi legati alla sicurezza informatica persisteranno negli anni a venire, ma vengono continuamente intraprese azioni per mitigare questi problemi.

In generale il tema della sicurezza e della gestione del rischio è molto sentito. Secondo Gartner[16], la spesa mondiale degli utenti finali per la sicurezza e la gestione del rischio ammonterà a 215 miliardi di dollari nel 2024, con un aumento del 14,3% rispetto al 2023. In particolare, nel macro-ambito di security and risk management, i settori della data privacy e della sicurezza del cloud saranno quelli che attireranno i maggiori investimenti nel 2024, con ciascun segmento in aumento di oltre il 24% su base annua (si veda Tabella 2).

Tabella 2. Spesa degli utenti finali per la sicurezza e la gestione dei rischi per tutti i segmenti, a livello mondiale, 2022-2024 in Milioni di dollari USA (credits: Gartner)

Segment	2022 Spending	2022 Growth (%)	2023 Spending	2023 Growth (%)	2024 Spending	2024 Growth (%)
Application Security	5,047.6	10.9	5,765.2	14.2	6,670.3	15.7
Cloud Security	4,487.4	24.0	5,616.7	25.2	7,002.6	24.7
Data Privacy	1,129.2	9.9	1,338.7	18.5	1,667.3	24.6
Data Security	3,072.9	21.4	3,692.1	20.1	4,333.3	17.4
Identity Access Management	13,944.1	13.6	16,169.1	16.0	18,556.5	14.8
Infrastructure Protection	24,089.0	19.9	28,359.6	17.7	33,319.6	17.5
Integrated Risk Management	5,157.3	9.6	5,687.1	10.3	6,277.7	10.4
Network Security Equipment	18,932.5	11.9	21,383.6	12.9	24,360.1	13.9
Security Services	73,394.7	3.9	80,835.7	10.1	89,996.7	11.3
Consumer Security Software	7,443.4	2.9	7,901.7	6.2	8,406.7	6.4
Others	8,029.8	50.1	11,365.4	41.5	14,362.8	26.4
Total	**164,728.0**	**10.6**	**188,114.8**	**14.2**	**214,953.7**	**14.3**

La continua crescita dei servizi cloud pubblici rafforzerà la spesa per gli strumenti di sicurezza del cloud. Nel segmento della sicurezza cloud, si prevede che la spesa combinata per i software dei broker di sicurezza per l'accesso al cloud (CASB) e le piattaforme di protezione del carico di lavoro cloud (CWPP) ammonterà a 7 miliardi di dollari nel 2024, in aumento del 24,7% rispetto al 2023. La domanda di soluzioni di rilevamento e risposta basate sul cloud – come il

16 https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-09-28-gartner-forecasts-global-security-and-risk-management-spending-to-grow-14-percent-in-2024

rilevamento e risposta degli endpoint (Endpoint Detection and Response - EDR) e il rilevamento e risposta gestiti (Managed Detection and Response - MDR) – dovrebbero aumentare nel 2024.

Dopo anni di lavoro con grandi organizzazioni su programmi di sicurezza informatica nel cloud e dopo aver parlato con i leader della sicurezza informatica, McKinsey[17] identifica le seguenti quattro pratiche per aiutare le aziende a sviluppare un approccio coerente ed efficace alla sicurezza informatica nel cloud pubblico:

- Sviluppo di un modello di sicurezza informatica incentrato sul cloud. Le aziende devono fare delle scelte su come gestire il proprio perimetro nel cloud e quanto riprogettare le applicazioni in modo che si allineino alla loro tolleranza al rischio, all'architettura applicativa esistente, alle risorse disponibili e alla strategia cloud complessiva.
- Riprogettare l'intero set di controlli di sicurezza informatica per il cloud pubblico. Per ogni singolo controllo, le aziende devono determinare chi deve fornirlo e quanto devono essere rigorosi.
- Chiarire le responsabilità interne per la sicurezza informatica, rispetto a ciò che faranno i fornitori. Il cloud pubblico richiede un modello di sicurezza condiviso, in cui i fornitori e i loro clienti sono ciascuno responsabili di funzioni specifiche. Le aziende devono comprendere questa suddivisione delle responsabilità (sembrerà molto diversa da un tradizionale accordo di outsourcing) e riprogettare i processi interni di conseguenza.
- Applicazione di DevOps alla sicurezza informatica. Se uno sviluppatore riesce ad avviare un server in pochi secondi, ma deve attendere due settimane affinché il team di sicurezza approvi la configurazione, ciò attenua il valore dell'agilità del cloud pubblico. Le aziende devono mettere a disposizione degli sviluppatori servizi di sicurezza altamente automatizzati tramite API, proprio come stanno facendo per i servizi infrastrutturali.

Cloud ed energia

Si prevede che il cloud computing avrà un impatto significativo sulla domanda di energia in futuro. Poiché sempre più aziende e privati si affidano ai servizi cloud, la domanda di data center e altre infrastrutture cloud aumenterà. Questa crescita porterà ad un aumento del consumo di energia, in particolare di elettricità.

Per mitigare l'impatto ambientale del cloud computing, molti fornitori di cloud stanno investendo in fonti di energia rinnovabile e tecnologie ad alta efficienza energetica. Inoltre, alcuni fornitori di servizi cloud offrono programmi di compensazione delle emissioni di carbonio per aiutare i clienti a ridurre la propria impronta di carbonio.

Ecco alcuni modi specifici in cui si prevede che il cloud computing influenzi la domanda di energia:

- Aumento della domanda di data center: i data center sono strutture di grandi dimensioni che ospitano server e altre apparecchiature necessarie per fornire servizi cloud. Con la crescita della domanda di servizi cloud, aumenterà anche la domanda di data center. Questa crescita porterà ad un aumento del consumo di energia, in particolare di elettricità.
- Maggiore efficienza energetica: i fornitori di servizi cloud stanno investendo in tecnologie ad alta efficienza energetica per ridurre i costi operativi. Queste tecnologie includono l'utilizzo di server, sistemi di

[17] https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/McKinsey%20Solutions/Cyber%20Solutions/Perspectives%20on%20transforming%20cybersecurity/Transforming%20cybersecurity_March2019.ashx

raffreddamento e illuminazione più efficienti. Inoltre, molti fornitori di servizi cloud utilizzano fonti di energia rinnovabile, come l'energia solare ed eolica.

- Programmi di compensazione delle emissioni di carbonio: alcuni fornitori di servizi cloud offrono programmi di compensazione delle emissioni di carbonio per aiutare i clienti a ridurre la propria impronta di carbonio. Questi programmi consentono ai clienti di acquistare compensazioni di carbonio per compensare le emissioni associate all'utilizzo del cloud.

Nel corso dei prossimi tre anni, i fornitori di servizi cloud saranno sottoposti a crescenti pressioni affinché abbiano una strategia climatica trasparente e una roadmap di sostenibilità chiara. Gartner[18] prevede infatti che entro il 2025 le emissioni di carbonio dei servizi cloud su vasta scala costituiranno uno dei tre criteri principali nelle decisioni di acquisto del cloud.

Storage Cloud

Poiché le reti di dati hanno guadagnato larghezza di banda e le tecnologie di archiviazione sono diventate più efficienti, la popolarità dello storage nel cloud sta aumentando rapidamente sia tra le aziende che tra i privati (si veda Figura 14). Mentre il rischio di perdere dati a causa di guasti hardware o software locali diminuisce, vi è grande preoccupazione su quanto siano sicuri i dati durante il trasferimento nel cloud e, una volta lì, siano al sicuro.

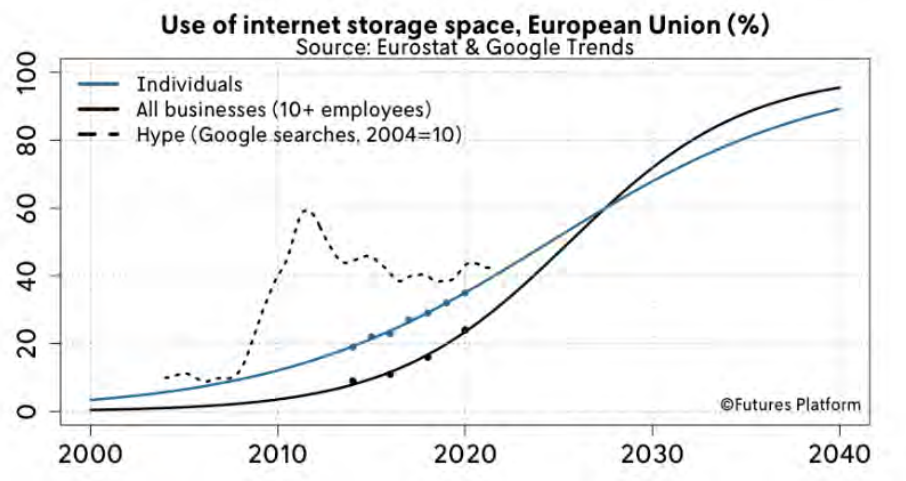


Figura 14. Percentuale di utilizzo di cloud-based storage nell'Unione Europea da parte di singoli ed organizzazioni con più di 10 dipendenti (credits: Futures Platform)

L'utilizzo del cloud storage non è privo di sfide. Se la connettività di rete viene a mancare, soprattutto durante le situazioni di crisi, l'accesso ai dati può essere interrotto o perso. Se la connessione di trasferimento non è crittografata, i dati non sono sicuri durante lo spostamento.

18 https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-01-24-gartner-predicts-hyperscalers-carbon-emissions-will-drive-cloud-purchase-decsions-by-2025

Non solo i file vengono archiviati nel cloud; sempre più spesso anche il software e persino il cloud computing basato sull'intelligenza artificiale operano parzialmente o completamente nel cloud. Ciò offre meno controllo sul software da parte dell'utente e maggiori opportunità per i produttori di software di creare prezzi mensili.

I fornitori di servizi per l'archiviazione nel cloud esistono in tutto il mondo. Gli aspetti legali dei servizi distribuiti sono impegnativi. In che modo l'ubicazione della società di archiviazione cloud o del server influisce sulla privacy dei dati o sull'archiviazione e distribuzione di materiale protetto da copyright?

Ad esempio, in Finlandia in precedenza esisteva una tassa sul copyright incorporata nei supporti di memorizzazione video e audio, a partire dalle cassette video e c e successivamente dai dischi CD-R e DVD-R e dai dischi rigidi. La legge è stata modificata nel 2015 in modo che lo Stato risarcisca l'utilizzo di materiale protetto da copyright dal proprio budget a musicisti e registi.

In termini di impatti, è probabile che il cloud storage sposti sempre più l'attività di archiviazione dei dati dall'hardware al software e dai fornitori locali agli operatori internazionali che controllano le piattaforme di distribuzione, ovvero i sistemi operativi (Apple, Microsoft). Gli accordi di licenza con l'utente finale (EULA) sono complessi già oggi. I consumatori si troveranno di fronte a scelte complesse per quanto riguarda la sicurezza dei dati e l'archiviazione a lungo termine. È possibile che ci siano aziende che offrono servizi di cloud storage allo stesso modo dell'elettricità e delle polizze assicurative.

Big Data

I Big Data sono un concetto ampio e in evoluzione che può essere semplificato per indicare la trasformazione di enormi quantità di dati non strutturati in una forma facilmente comprensibile e presentabile. Pertanto, il fulcro del fenomeno sta nella gestione, analisi e diffusione dei dati. La rivoluzione dei big data è guidata da sviluppi tecnologici come i supercomputer, il cloud e l'edge computing, l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico. Ci muoviamo costantemente verso un'analisi dei dati in tempo reale, anticipatoria e intelligente. Ciò significa anche che dobbiamo prestare maggiore attenzione alle minacce che lo sviluppo pone, ad esempio, alla privacy, alla sicurezza e all'uguaglianza.

Nel 2022 il mercato globale dei big data era già stimato a 162 miliardi di dollari e si prevede che raggiungerà i 273 miliardi di dollari entro il 2026. Non solo banche, servizi finanziari e il settore assicurativo stanno già utilizzando i big data, ma diverse tecniche di analisi dati sono diventate frequenti anche nella sanità, nella vendita al dettaglio e nell'industria manifatturiera, oltre ad innumerevoli altri ambiti applicativi.

I big data hanno già cambiato il modo in cui operano le organizzazioni e la loro importanza come preziosa fonte di informazioni è generalmente riconosciuta. I Big Data rappresentano un notevole vantaggio competitivo per gli early adopters e per i grandi attori che hanno le risorse per investire in soluzioni di analisi aziendale sempre più potenti e intelligenti. Tuttavia, le organizzazioni di piccole e medie dimensioni possono trarre notevoli vantaggi dal modello Big Data-as-a-Service (BDaaS), che garantisce i vantaggi dei Big Data senza la necessità di ingenti investimenti.

I dati costituiranno una fonte di entrate sempre più importante per tutte le aziende poiché il mercato dei dati cresce di pari passo con lo sviluppo di algoritmi migliori per il suo utilizzo. L'utilizzo di proprie metodologie e tecniche di analisi dei big data o l'acquisto tramite il modello BDaaS può apportare numerosi vantaggi. Ottimizzando le catene di approvvigionamento, l'analisi dei big data può ridurre non solo i costi ma anche le emissioni. Può migliorare la soddisfazione del cliente offrendo motori di raccomandazione efficaci o aiutando a monitorare le piattaforme di social media. Potrebbe anche migliorare l'assistenza sanitaria con il rilevamento precoce delle malattie e trattamenti personalizzati.

Il mercato del Big Data Management & Analytics è, per i motivi sopra elencati, in continua evoluzione e in sempre maggior diffusione. L'Osservatorio Big Data & Business Analytics della School of Management del Politecnico di Milano, nel report di novembre 2023 dal titolo "Data Strategy: mercato e maturità delle aziende italiane nel 2023", parte dall'esplosione nel 2023 dell'Intelligenza Artificiale Generativa e dalla formulazione del Data Governance Act e parte analizzando le seguenti domande chiave: Quanto vale il mercato Data Management & Analytics in Italia nel 2023? Quali sono gli ambiti di spesa di maggior interesse?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Big Data & Business Analytics della School of Management del Politecnico di Milano, nel report di novembre 2023 dal titolo "Data Strategy: mercato e maturità delle aziende italiane nel 2023", esplora il mercato della gestione e analisi dei dati in Italia.

Nel 2023 è proseguita, seppur ad un ritmo lievemente inferiore del 2022, la crescita della spesa delle aziende italiane in risorse infrastrutturali, software e servizi connessi alla gestione e analisi dei dati, registrando una variazione attesa del +18% (si veda Figura 15).

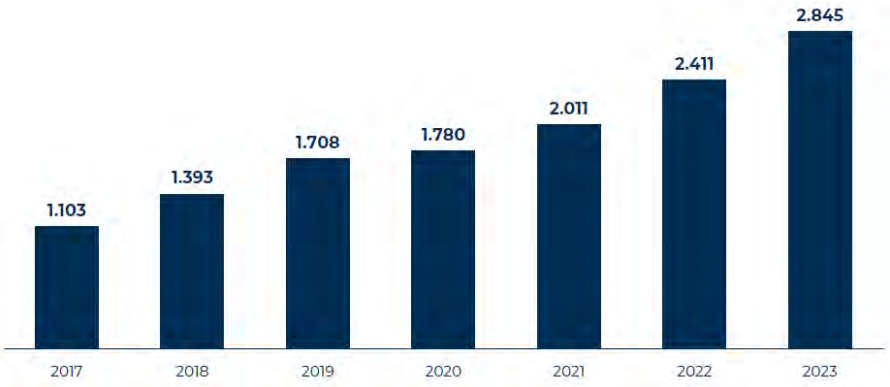


Figura 15. Mercato relativo alla gestione e analisi dati in Italia tra il 2017 e 2023. Il valore del mercato è espresso in milioni di Euro (credits: Osservatorio Big Data & Business Analytics 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Il mercato può essere scorporato in 14 voci di spesa, ciascuna rientrante in una delle tre macrocategorie: risorse infrastrutturali, software e servizi. In Figura 16**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, è riportato il dettaglio la dinamica ed il peso delle voci di spesa, rispetto al budget totale e al tasso di crescita rispetto al 2022.

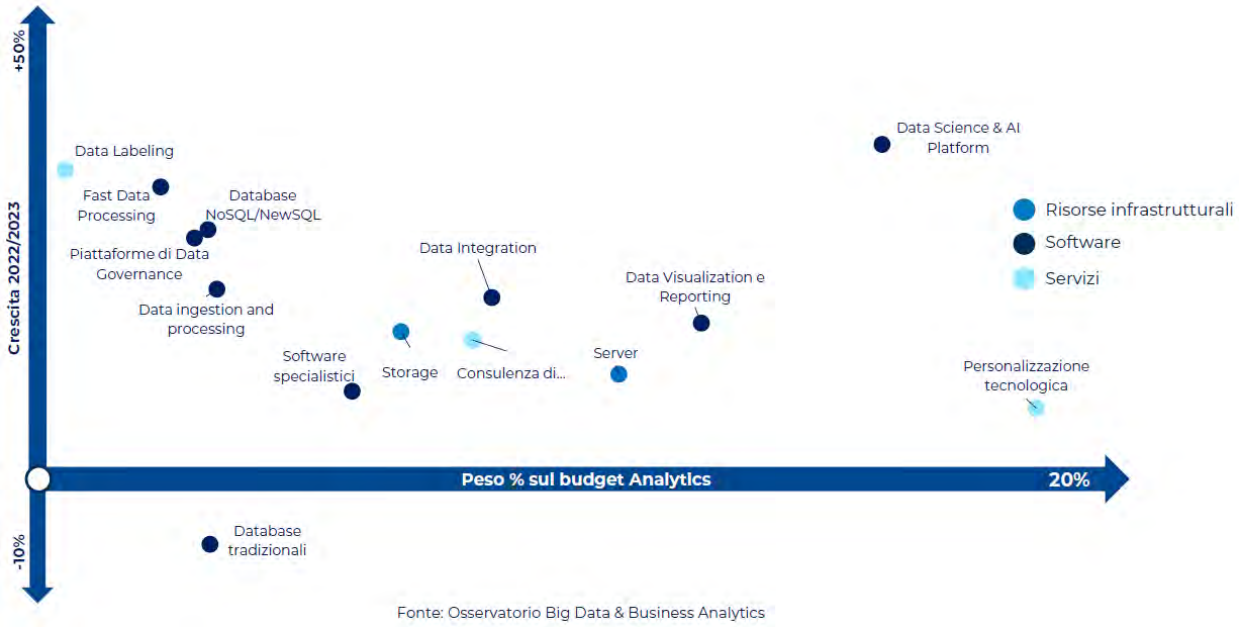


Figura 16. Componenti di spesa del mercato di gestione e analisi dati in Italia nel 2023 (credits: Osservatorio Big Data & Business Analytics 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Tra le voci di spesa in ambito software che registrano la dinamica più elevata, troviamo sia strumenti abilitanti lo sviluppo di progettualità di Advanced Analytics e specifiche classi di soluzioni di Artificial Intelligence, ad esempio

piattaforme di Data Science e strumenti per l'analisi di testi o immagini (+39%), sia tecnologie innovative a supporto della gestione dei dati, come soluzioni di Fast Data Processing (+36%) e Database NoSQL/NewSQL (+29%). La maggior parte delle componenti di spesa in ambito software mantengono un tasso di crescita paragonabile o superiore al ritmo di mercato - con variazioni attese pari o superiori al 18% - fatta eccezione per i software di analisi dati verticali per funzione aziendale (+10%) e i database tradizionali.

Tra i servizi, personalizzazione tecnologica e consulenza di processo crescono anche quest'anno ad un ritmo inferiore della media del mercato, rispettivamente del +8% e del +16%. Le attività di personalizzazione tecnologica rappresentano però una quota rilevante del mercato, circa il 18% del totale del budget. Parlando invece di tendenze future, prosegue l'aumento della spesa in servizi di Data Labeling (+39%), un ambito che oggi rappresenta una piccolissima parte sul totale degli investimenti ma di certo avrà un ruolo sempre più centrale.

Le spese in risorse infrastrutturali come storage e server rappresentano il 18% degli investimenti delle organizzazioni italiane con una dinamica di crescita abbastanza sostenuta, pari al +18% per le risorse di storage e del +12% per i server. Si conferma l'elevata attenzione che le organizzazioni danno al tema della Cloud Transformation, un'evoluzione tecnologica ormai ritenuta necessaria per perseguire gli obiettivi di Data Strategy. Il budget Data Management & Analytics destinato a servizi in Public Cloud pesa nel 2023 circa il 27% della spesa, per un valore di circa 756 milioni di euro (+27% rispetto al 2022).

Sebbene tutti i comparti merceologici registrino un aumento nella spesa in Data Management & Analytics, non tutti i settori stanno crescendo allo stesso modo. Infatti, più del 50% del mercato è occupato dai settori finanziario e manifatturiero, con i rimanenti settori che si dividono la restante metà (scarsa) della torta.

Oltre l'investimento, qual è la maturità ad oggi delle aziende italiane in ambito dati?

Essendo un tema particolarmente articolato, è importante scorporare la maturità in diverse dimensioni. L'Osservatorio Big Data & Business Analytics ne individua tre: i) Business Intelligence e analisi descrittive, ii) architetture e gestione dati, iii) data science.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Big Data & Business Analytics della School of Management del Politecnico di Milano, nel report di novembre 2023 dal titolo "Data Strategy: mercato e maturità delle aziende italiane nel 2023", analizza la maturità complessiva in ambito dati di 114 grandi aziende italiane. Il risultato è rappresentato graficamente in Figura 17 e mostra un trend in complessivo miglioramento. Si precisa che nella ricerca 2023, l'Osservatorio Big Data & Business Analytics considera grandi aziende quelle con un numero di addetti superiore a 249.

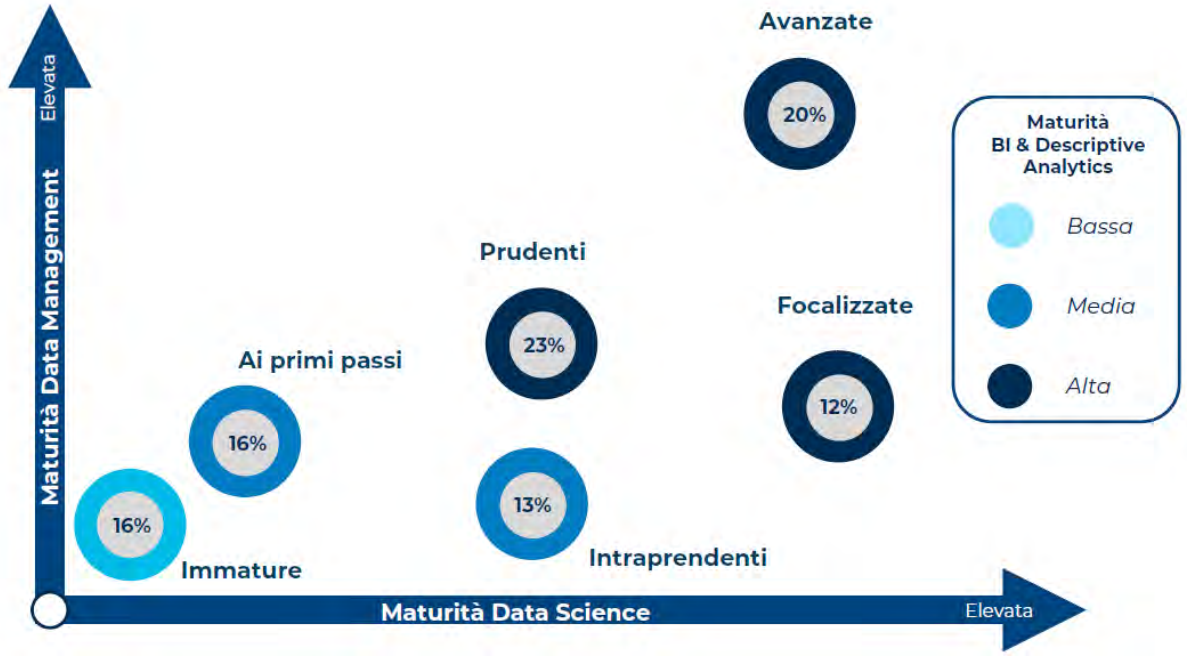


Figura 17. Distribuzione di 114 grandi aziende italiane secondo la maturità in ambito dati (credits: Osservatorio Big Data & Business Analytics 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Per le PMI (ossia con numero di addetti tra 10 e 249), invece, l'Osservatorio nota che la maggior parte delle PMI svolge analisi sporadiche, senza figure professionali specializzate.
Migliora la dotazione tecnologica delle PMI: la presenza di strumenti di Data Visualization & Reporting cresce rispetto al 2022 (+8%). Ad oggi, il 57% delle piccole e medie imprese li utilizza. È necessario tuttavia sottolineare che, nonostante questi strumenti stiano progredendo velocemente verso un'esperienza self-service, risultano ancora di fatto strumenti per utenti specializzati; ne consegue che i fogli elettronici rappresentano ancora il principale strumento di analisi nelle attività operative condotte dagli utenti di business.
Un secondo sviluppo riguarda un nuovo impulso nella conduzione di analisi predittive: il 50% delle PMI sta infatti sperimentando nel campo delle analisi predittive, quota in crescita rispetto agli anni passati. Ciò è anche frutto dell'evoluzione dell'offerta tecnologica, con strumenti di business intelligence e software specialistici per i dipartimenti aziendali che permettono di sperimentare in questo campo con investimenti molto limitati. L'86% delle aziende che conducono analisi predittive utilizza le informazioni per ottimizzare decisioni di business, in funzioni come il marketing, le vendite e la produzione. Il 14% residuo, invece, concentra la propria attenzione esclusivamente sulla pianificazione economica e finanziaria.

Architetture dati

Nonostante l'importanza dei dati, riconosciuta da ogni tipo di organizzazione (dalla ricerca alle realtà imprenditoriali), secondo CIOinsight[19] solo il 10% delle organizzazioni ritiene di gestire in modo eccellente i propri dati analitici. Riconoscendo questo importante dislivello nell'utilizzo dei dati e volendolo colmare, le organizzazioni hanno iniziato a implementare architetture di dati moderne. Queste possono essere definite come framework strutturati e sistemi

[19] https://www.cioinsight.com/big-data/why-many-organizations-dont-trust-their-data/

che definiscono come organizzare, integrare e fornire accesso ai dati all'interno di un'organizzazione. L'architettura imposta il riferimento e stabilisce delle linee guida per i dati e per come devono fluire attraverso i sistemi di archiviazione. In questo paragrafo ne esamineremo le principali.

La Data Warehouse è un sistema di data management progettato per abilitare e supportare le attività di business intelligence (BI), in particolare gli analytics. I data warehouse servono esclusivamente a eseguire query e analisi e spesso contengono grandi quantità di dati storici. I dati all'interno di un data warehouse sono generalmente derivati da una vasta gamma di origini come i file di registro dell'applicazione e le applicazioni di transazione. Un data warehouse centralizza e consolida grandi quantità di dati da più origini. Le sue capacità analitiche consentono alle organizzazioni di ricavare importanti insight sul business dai loro dati per migliorare il processo decisionale. Nel tempo, crea un record storico che può risultare prezioso per i data scientist e i business analyst. Grazie a queste funzionalità, un data warehouse può essere considerato un'unica fonte affidabile di dati aziendali. Nonostante le potenzialità, le data warehouse hanno tre principali limiti. Il primo è che spesso i data warehouse si trasformano in silos di dati, nei quali diversi dipartimenti o team mantengono esclusivamente i propri set di dati isolati, portando a incoerenze e a dati duplicati. Come secondo punto, i dati devono passare attraverso diversi passaggi e processi prima di essere disponibili per le analisi, e questo ha un grosso impatto sulle performance dei data warehouse. Infine, implementare dei data warehouse è complesso e costoso a causa dei limiti di hardware. Richiede anche una grande esperienza nella modellazione dei dati, processi ETL (Extract, Trasform, Load: estrarre i dati dai sistemi sorgente, trasformarli per assicurarne la coerenza, caricarli nel warehouse) e gestione dei database, rendendo così difficile gestire una crescita esponenziale di dati.

Un Data Lake è invece un luogo destinato all'archiviazione, analisi e correlazione di dati strutturati e non strutturati (da quelli del CRM ai post dei social media, dai dati ERP alle info delle macchine di produzione), in formato nativo. La sua peculiarità è di consentire il recupero e l'organizzazione del dato secondo il tipo di analisi che si intende effettuare. Questa novità, rispetto ai tradizionali sistemi di Big Data Analytics, rappresenta una semplificazione e un notevole potenziamento dello strumento. Il Data Warehouse infatti è un metodo che esige il modellamento dei dati prima che possano essere immagazzinati, non consentendo quindi di sfruttarne a pieno il valore.

Le architetture di Data Mesh offrono un'alternativa all'architettura centralizzata di un data lake: sono infatti architettura dati decentralizzate che organizzano i dati secondo lo specifico dominio di business. I team di dominio diventano responsabili dei loro dati e prodotti, migliorando la qualità e la governance dei dati. I data lake tradizionali mostrano spesso i loro limiti di scalabilità e performance quando devono gestire grandi volumi di dati. L'architettura data mesh risolve questi problemi di scalabilità grazie alla sua infrastruttura dati decentralizzata e self-service. Poiché ogni dominio ha l'autonomia di scegliere le tecnologie e gli strumenti che rispondono meglio ai loro bisogni, l'architettura data mesh permette ai team di scalare indipendentemente i loro storage di dati e i sistemi di elaborazione. Gli elementi fondanti un data mesh sono raffigurati in Figura 18.

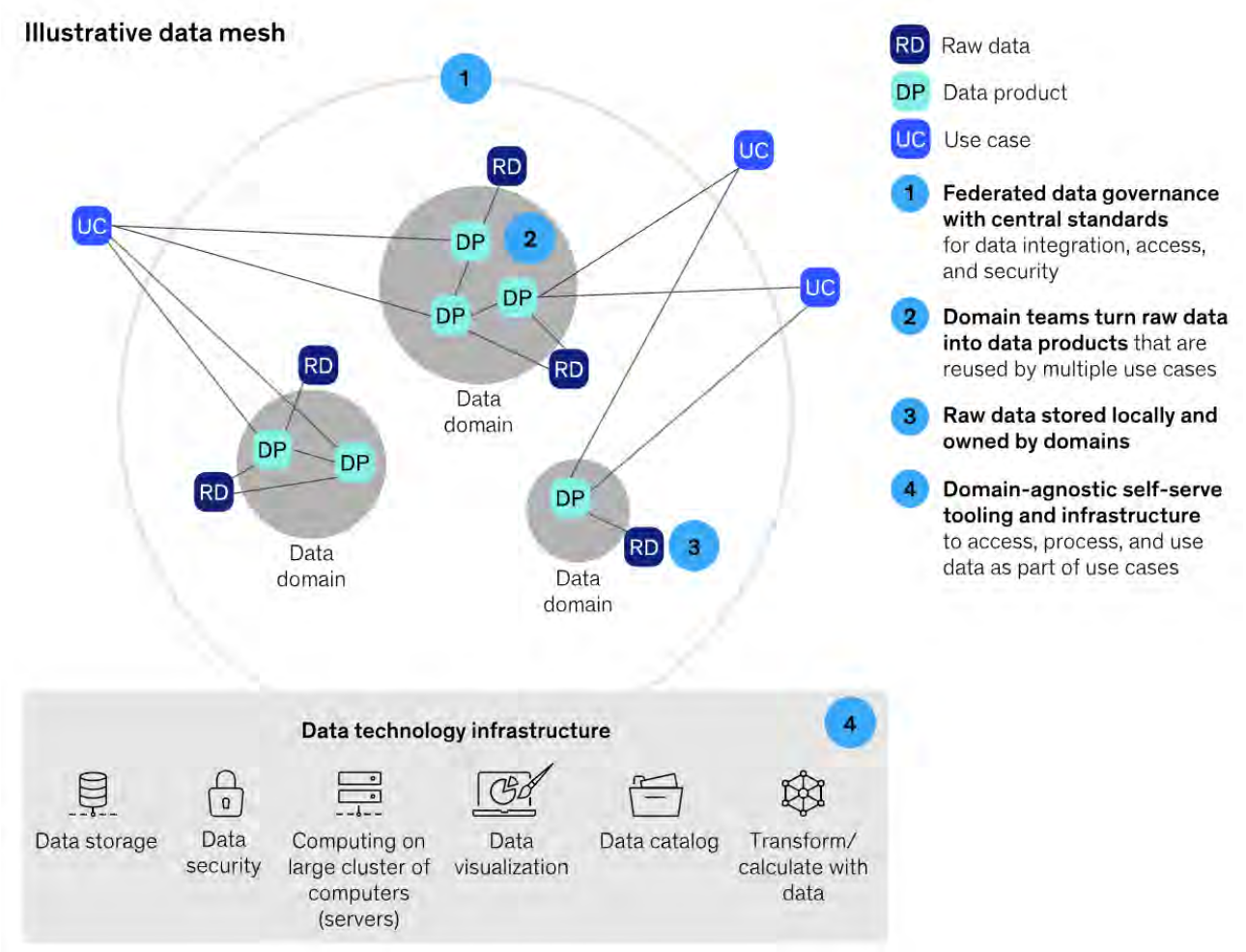


Figura 18. Fondamenta concettuali di un Data Mesh (credits: McKinsey)

Un'ulteriore tipologia di architettura dati è invece quello della Data Fabric, termine con il quale si indica un'architettura di dati integrata adattiva, flessibile e sicura. È un approccio architetturale e un framework tecnologico che risponde alle sfide poste dai data lake fornendo una vista dei dati unificata e integrata attraverso diverse sorgenti. L'architettura data fabric permette un accesso ai dati più rapido e più efficiente astraendo la complessità tecnologica coinvolta nei processi di integrazione, trasformazione e movimento dei dati, in modo che chiunque possa utilizzarli.

Secondo Gartner[20], si è assistito ad un'evoluzione nell'ambito delle architetture dati, riassunto in Figura 19, dalla Enterprise Data Warehouse (EDW) era, alla Logical Data Warehouse (LDW), ai giorni nostri con l'era degli Active Metadata.

[20] https://www.gartner.com/en/data-analytics/topics/data-architecture

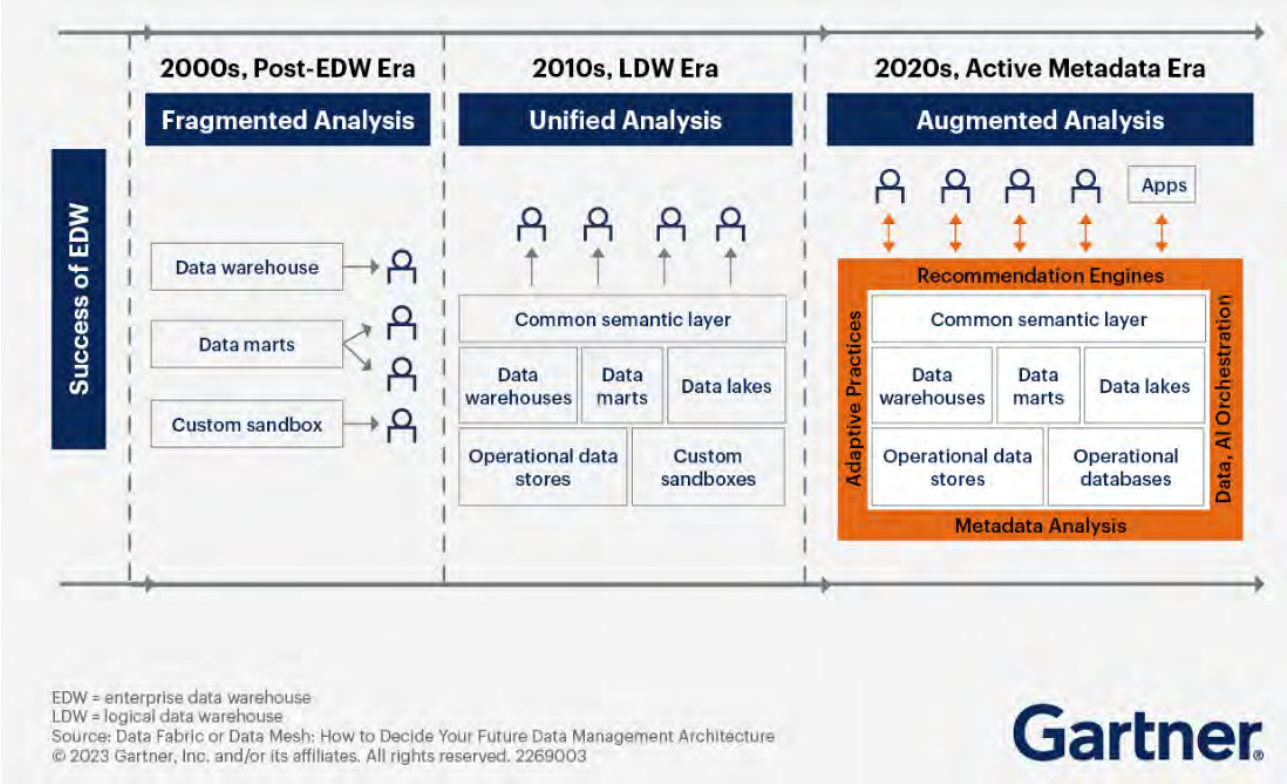


Figura 19. L'evoluzione delle Architetture Dati (credits: Gartner)

Il nostro decennio, secondo questa lettura, è caratterizzato dai metadati, distinti in metadati "passivi" che le organizzazioni raccolgono ma non analizzano attivamente, e metadati "attivi" che identificano azioni attraverso due o più sistemi che utilizzano gli stessi dati. I metadati attivi possono abilitare l'automazione, fornire insights e ottimizzare l'engagement degli utenti ed è un elemento chiave per l'analisi self-service. Tuttavia, per realizzare il suo potenziale, è necessaria un'architettura dati che bilanci i requisiti di ripetibilità, riutilizzabilità, governance, autorità, provenienza e consegna ottimizzata. I leader dell'analisi dei dati a livello internazionale vedono due opzioni per far evolvere la propria architettura dati dall'era del data warehouse logico (LDW), in cui operano oggi, verso l'era dei metadati attivi. Queste opzioni sono il data fabric o il data mesh. Questi concetti separati condividono l'obiettivo di fornire un accesso più facile ai dati per tutti coloro che li utilizzano, compresi data scientist, data analyst e data engineer, oltre ai consumatori di dati. Sebbene molti leader dei dati parlino di data fabric e data mesh come approcci di architettura dati concorrenti, sono visti più accuratamente come complementari.

Nonostante l'attenzione per i metadati e il progressivo spostamento verso le data mesh e data fabrics, il mercato dei data lake è previsto in aumento considerevole nei prossimi anni. Il valore di mercato nel 2023 è stato quantificato da Global Market Insights[21] a 15.2 Miliardi USD e si è prevista una registrazione di CAGR di oltre il 20% tra il 2024 e il 2032 (si veda Figura 20).

[21] https://www.gminsights.com/industry-analysis/data-lake-market

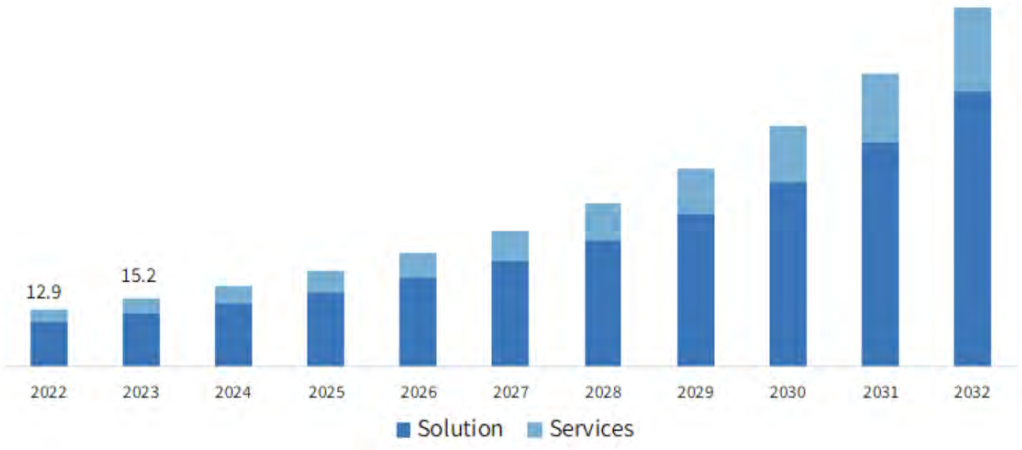


Figura 20. Proiezione di valore del mercato del Data Lake (credits: Global Market Insights)

Se questa è la situazione a livello internazionale, qual è il quadro attuale nel nostro Paese?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Big Data & Business Analytics della School of Management del Politecnico di Milano, nel report di novembre 2023 dal titolo "Data Strategy: mercato e maturità delle aziende italiane nel 2023", analizza le scelte di architetture dati delle grandi aziende italiane (si veda Figura 21).

Il 41% (+6% rispetto al 2022) delle grandi organizzazioni si è dotata un Data Lake, nell'80% dei casi affiancandolo o integrandolo in una architettura dati che comprende anche un data warehouse. Rimane stabile la quota di realtà (3%) che rimane ancorata in un approccio a silos. Infine, il 5% delle grandi realtà si è mossa verso scelte tecnologiche più complesse, come l'utilizzo del data lakehouse (soluzione che, tramite specifiche componenti tecniche, si pone l'obiettivo di combinare la struttura dati e le funzionalità del data warehouse alla flessibilità e convenienza di un data lake) o combinazioni di tutte le soluzioni sopra citate.

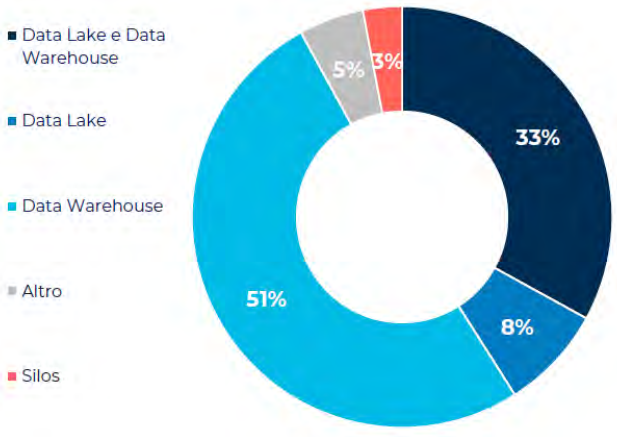


Figura 21. Architetture dati scelte da 114 grandi aziende italiane (credits: Osservatorio Big Data & Business Analytics 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Data governance

Nel 2024, le aziende sono più determinate che mai a migliorare i loro programmi di Data Governance. Secondo Atlan[22], circa il 60% dei leader aziendali ha prioritizzato la Data Governance come asset per lo sviluppo aziendale. Ciò non sorprende se si pensa alla progressiva importanza alla regolamentazione in tema di dati ed alle minacce in tema di cybersicurezza. Complessivamente, secondo OpenPR[23], il mercato della Data Governance è atteso in ascesa ad un CAGR superiore al 22% al 2029.

A livello internazionale, Gartner[24] ha mappato le soluzioni di Data Governance messe in campo da grandi aziende. Su 300 executives nel settore IT, più della metà dei partecipanti alla survey ha risposto di aver istituito un framework di governance dei dati e il 32% sta attuando una roadmap per raggiungerlo (si veda Figura 22).

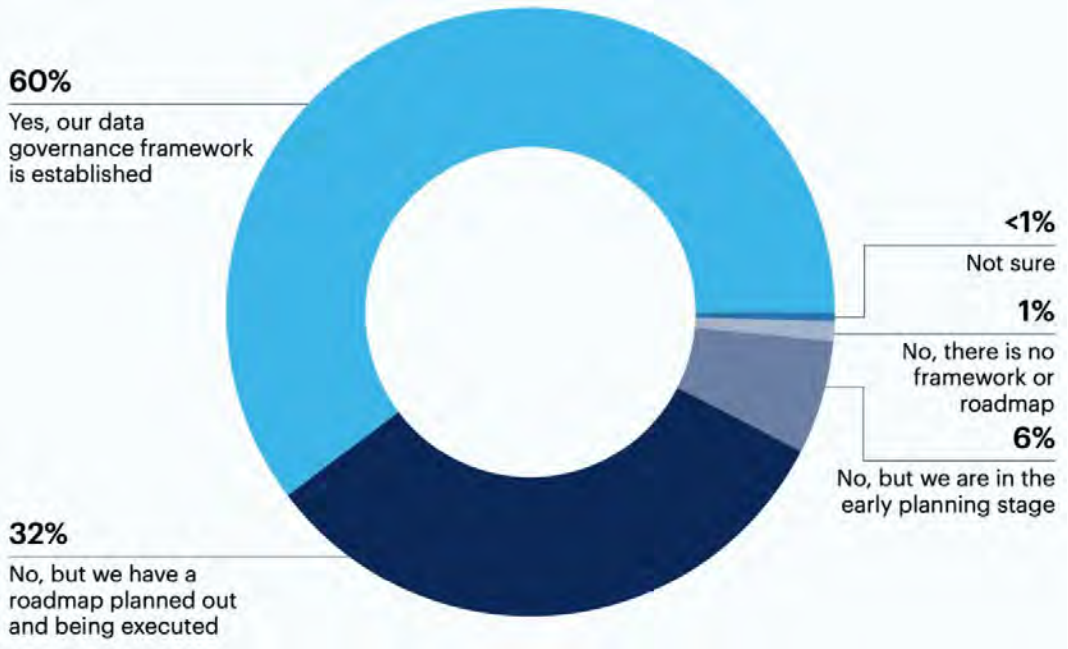


Figura 22. Risposte di 300 executives IT alla domanda: 'Avete in atto framework di Data Governance?' (credits: Gartner)

I framework di governance dei dati forniscono benefici in termini di sicurezza una volta stabiliti, come raffigurato in Figura 23: più della metà dei partecipanti riconosce una migliore sicurezza dei dati (66%) e una riduzione delle violazioni di conformità (52%) come benefici derivanti dall'avere messo in campo un framework di governance dei dati.

[22] https://humansofdata.atlan.com/2023/03/future-of-data-analytics-2023/

[23] https://www.openpr.com/news/2820581/data-governance-market-size-and-growth-development-2023

[24] https://www.gartner.com/peer-community/oneminuteinsights/data-governance-frameworks-challenges-hbo



Figura 23. Benefici dell'applicazione di framework di Data Governance in ambito aziendale, secondo 300 executives IT (credits: Gartner)

Mettere in campo delle strategie e una vera e propria policy di Data Governance porta però con sé delle barriere. In Figura 24, mostriamo come le sfide principali siano quelle di gestione delle persone (62%), di istituzione delle migliori pratiche di gestione dei dati (58%) e di comprensione della conformità di terze parti (44%).

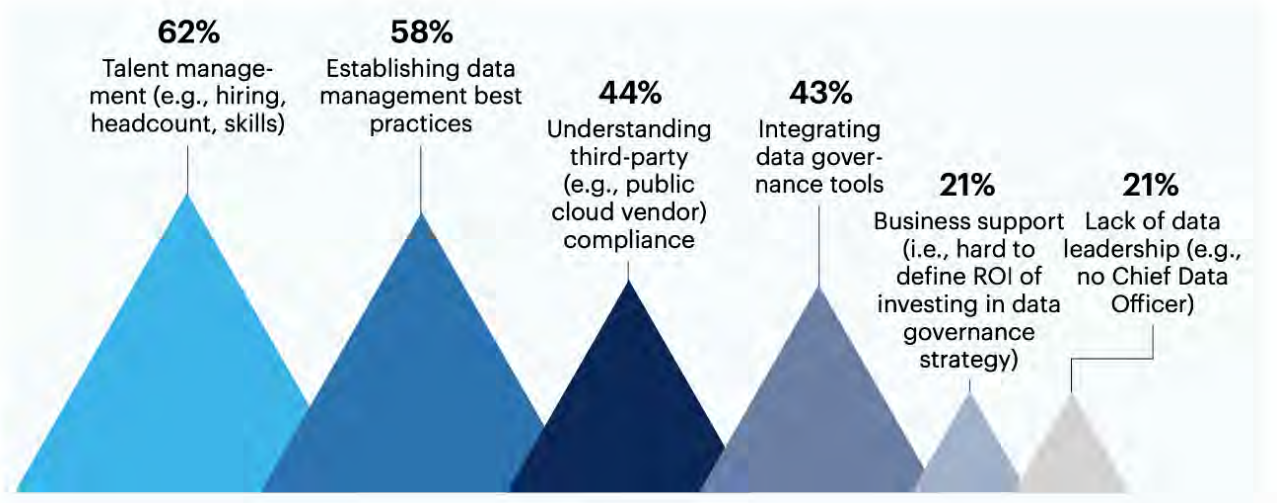


Figura 24. Principali sfide nello stabilire strategie di Data Governance nelle organizzazioni (credits. Gartner)

Per affrontare queste sfide, si ritiene che sempre più spesso le aziende si rivolgeranno alla Governance dei Dati come Servizio (DGaaS) che consente alle organizzazioni di stabilire una Governance dei Dati efficace rispettando il budget disponibile, appaltandola, appunto, ad un servizio. Esempi di servizi di DGaaS sono: classificazione e mappatura dei dati esistenti, archiviazione dei dati con una piattaforma basata su cloud che ben si integri con gli strumenti automatizzati; conduzione dell'osservabilità dei dati per ottimizzare lo spostamento dei dati; creazione di un quadro di Governance dei Dati completo, sfruttando competenze ed esperienza.

Quanto agli scenari futuri, Gartner dà un'indicazione rispetto al budget che verrà investito nei prossimi 12 mesi nelle strategie che riguardano la Data Governance. Il 78% del campione dichiara di aver interesse nell'investire ulteriormente nella Data Gocvernance nel prossimo anno, mentre il 19% non pensa che si verificherà un cambiamento rispetto agli investimenti attuali.

Dopo aver analizzato la situazione a livello internazionale, restringiamo il nostro focus al contesto italiano. Quali sono gli approcci di Data Governance adottati dalle grandi aziende italiane?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Big Data & Business Analytics della School of Management del Politecnico di Milano, nel report di novembre 2023 dal titolo "Data Strategy: mercato e maturità delle aziende italiane nel 2023", analizza le scelte di data governance delle grandi aziende italiane.

Il report mostra che sono ancora una minoranza le grandi organizzazioni con un approccio maturo alla gestione dei dati: solo il 19% dichiara di riuscire a garantire un'alta fruibilità e qualità dei dati in tutti i domini aziendali. Per le restanti organizzazioni, l'affidabilità dei dati viene garantita solo per determinate aree aziendali o, addirittura, non sono presenti linee guida per il monitoraggio della data quality.

Ciononostante, rispetto al 2022 si registra un notevole cambio di passo per quanto riguarda la diffusione di ruoli e responsabilità relativi alla Data Governance. Negli ultimi due anni – dal 2021 al 2023 – sono quasi raddoppiate le grandi organizzazioni che hanno introdotto ruoli e responsabilità di Data Governance (41% vs 25%). La gran parte di queste aziende sono però all'inizio del percorso. Analizzando nello specifico le aziende che hanno definito ruoli e responsabilità, la maggior parte (il 59%) non ha introdotto policy di accesso ai dati nei diversi domini aziendali e il 43% non ha alcuno strumento tecnologico specifico per gestire, almeno parzialmente, le classiche attività di Data Management.

Un ulteriore dato interessante viene, infine, dalla diffusione di responsabilità di Data Stewardship e Data Ownership e, per quanto riguarda le tecnologie specifiche, dalla diffusione del Data Catalog come tool di gestione dei metadati, volto a creare un "inventario" dei dati all'interno dell'organizzazione.

Big Data as a Service

Big Data-as-a-Service è una combinazione di tecnologie Big Data e piattaforme di cloud computing riguardanti l'archiviazione, l'elaborazione e l'analisi di grandi volumi di dati. Il settore bancario, finanziario e assicurativo (BFSI – Banking, Financial Services, and Insurance) sono i principali motori della crescita del mercato, ma anche l'assistenza sanitaria, la vendita al dettaglio, il manifatturiero e altri settori utilizzano sempre più questi servizi. Si prevede una rapida crescita soprattutto per il segmento delle piccole e medie imprese. L'utilizzo dell'analisi dei big data può apportare vantaggi significativi a quasi tutte le organizzazioni, garantendo la crescita del business, la riduzione dei costi e il rinnovamento dei processi.

A causa degli elevati costi iniziali e della mancanza di competenze, le organizzazioni si rivolgono ai fornitori BDaaS invece di investire esse stesse negli strumenti analitici. Si prevede che il mercato BDaaS crescerà rapidamente, raggiungendo i 103 miliardi di dollari entro il 2027, con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) pari al 22,1% nel periodo di previsione 2022-2027. L'elaborazione del linguaggio naturale (NLP) e i recenti sviluppi nell'intelligenza artificiale e nell'apprendimento automatico hanno un grande potenziale per spingere il settore ad essere ancora più importante. Tuttavia, il data mining criminale è in aumento e anche gli operatori del crimine come servizio utilizzano i big data. Pertanto, la sicurezza informatica diventa ancora più critica quando le organizzazioni esternalizzano la gestione dei loro set di dati strategici.

Consumo di dati ed emissioni digitali

Secondo Statista, nel 2018, la quantità totale di dati generati, acquisiti, copiati e consumati a livello globale era di 33 zettabyte (ZB). Nel 2020 è salito a un nuovo record, raggiungendo i 59 zettabyte. La crescita è stata superiore a quanto previsto in precedenza a causa, ad esempio, dell'aumento della domanda di servizi di streaming stimolata dalla pandemia. Tuttavia, rispetto ai dati attuali, si prevede addirittura un aumento vertiginoso del consumo di dati. Si stima che raggiungerà i 180 zettabyte già nel 2025 e accelererà successivamente. Le tecnologie emergenti ancora in fase iniziale che potrebbero causare sono IoT, big data, mondi virtuali immersivi, produzioni video deepfake in tempo reale, realtà aumentata, cloud computing, traffico robotico, comprese automobili e droni, motori di ricerca molto più intelligenti, tecnologie generative IA e altri servizi basati sull'intelligenza artificiale.

Uno dei motori principali di questo megatrend è lo sviluppo dell'intelligenza artificiale. Ad esempio, i modelli linguistici e le IA generative come ChatGPT di OpenAI hanno proceduto rapidamente. Avranno un impatto profondo in tutta la società poiché tali funzionalità di intelligenza artificiale si adattano alla generazione di testo intelligente simile a quella umana, nonché alla generazione di immagini, video, audio e codice e possono essere integrate in varie altre applicazioni. Questi includono motori di ricerca come Bing di Microsoft, editor di testo intelligenti che assomigliano a veri giornalisti e ricercatori, chatbot e molto altro. Tutto questo utilizzo dell'intelligenza artificiale richiede ricerche web, indicizzazione e collegamenti esponenziali, apprendimento automatico, cloud computing, archiviazione e trasmissione di dati. Pertanto, il maggiore utilizzo delle applicazioni più intelligenti porterà a un consumo di dati maggiore rispetto ai normali e più semplici motori di ricerca come Google.

Mondi virtuali immersivi, video deepfake in tempo reale, realtà aumentata, IoT e big data contribuiranno prima o poi a un massiccio aumento dell'utilizzo dei dati. Più dispositivi saranno connessi a Internet. I sistemi e i dispositivi IoT diventano più comuni in tutti i settori. Un maggior numero di funzioni avrà luogo nei mondi virtuali. E le persone vorranno più conoscenza in tempo reale e intrattenimento personalizzato. Tutto ciò significa che verranno generate, trasmesse, elaborate e consumate grandi quantità di dati. Di conseguenza, è probabile che si verifichi un enorme aumento degli investimenti nei servizi di data center, nella potenza di calcolo e nella capacità di archiviazione, nei satelliti e nei sistemi di cavi sottomarini per soddisfare la crescente domanda e supportare il funzionamento dei nuovi sistemi tecnologici.

La sfida ambientale legata all'elaborazione e all'analisi di questa enorme quantità di dati è che richiede un'incredibile quantità di energia a causa del consumo energetico dei data center, che sono responsabili dell'archiviazione e dell'elaborazione di questi dati. Tutti i segnali di un crescente consumo di dati indicano che il consumo energetico

globale dei data center sta per salire alle stelle e contribuire notevolmente alle emissioni di gas serra e ai rifiuti digitali. In breve, la crescita esponenziale dell'utilizzo dei dati sta aumentando costantemente le emissioni digitali, e gli impatti sull'ambiente saranno drammatici a meno che non arriviamo a tecnologie che consumano ed emettono meno emissioni.

Data Center

I data center sono diventati una parte essenziale dell'infrastruttura digitale in un mondo sempre più connesso. Man mano che le tecnologie emergenti come l'intelligenza artificiale e l'IoT vengono adottate sempre più ampiamente, sarà necessaria una maggiore potenza di calcolo per analizzare dati sofisticati, il che aumenta la domanda di spazio fisico nei data center e crea maggiori opportunità di crescita per il mercato dei data center.

Inoltre, un numero crescente di aziende sta migrando verso servizi cloud poiché gli utenti cloud possono gestire le proprie operazioni senza la responsabilità di mantenere e aggiornare hardware e software. Gli impatti della pandemia di Covid-19, come la cultura del lavoro da casa, hanno ulteriormente accelerato questa tendenza.

Secondo IDC, entro il 2025 il 49% dei dati risiederà in ambienti cloud pubblici. Oggi, i data center iperscalabili gestiti da importanti player del cloud rappresentano i principali motori di crescita nel mercato dei data center. Inoltre, i mercati dei data center stanno emergendo come un'opzione di edge hosting alimentata dal passaggio ai dati in tempo reale. Poiché l'intelligenza artificiale e altre applicazioni emergenti richiedono una latenza estremamente bassa, il mondo si sta muovendo verso l'edge computing per consentire tempi di risposta della rete molto più rapidi.

Il rapporto 2023 di McKinsey "Investing in the rising data center economy"[25], anticipa che la domanda di Data Center negli Stati Uniti potrebbe crescere del 10% all'anno fino al 2030 (si veda Figura 25). Scorporando la crescita tra i diversi tipi di player, vediamo che le aziende di colocation continueranno a mantenere una posizione forte sul mercato; gli hyperscalers hanno ancora bisogno di loro per soddisfare la domanda in rapida crescita, e le piccole imprese dipendono dai loro servizi specialistici.

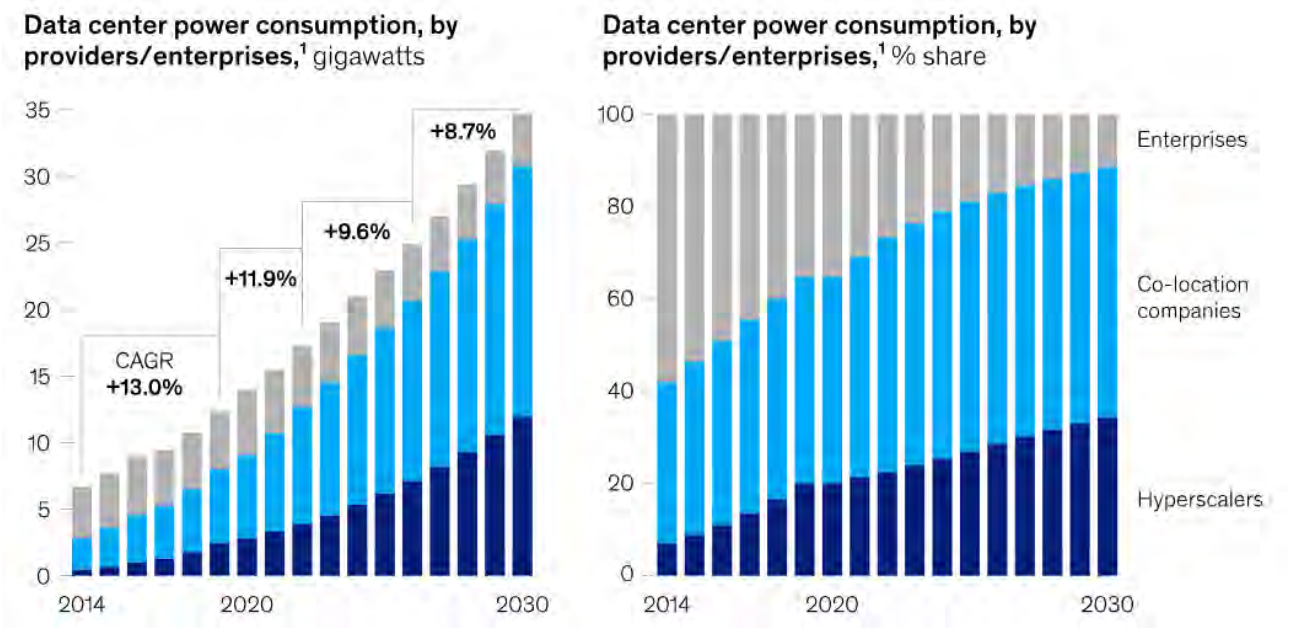


Figura 25. Consumo di potenza da Data Center per diverse tipologie di player (credits: McKinsey)

[25] https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/investing-in-the-rising-data-center-economy

Questo trend e previsione di crescita emerge anche guardando al forecast di spesa globale nella costruzione di Data Center (si veda Figura 26): tra il 2022 e il 2030 si prevede un CAGR di +5,4%.

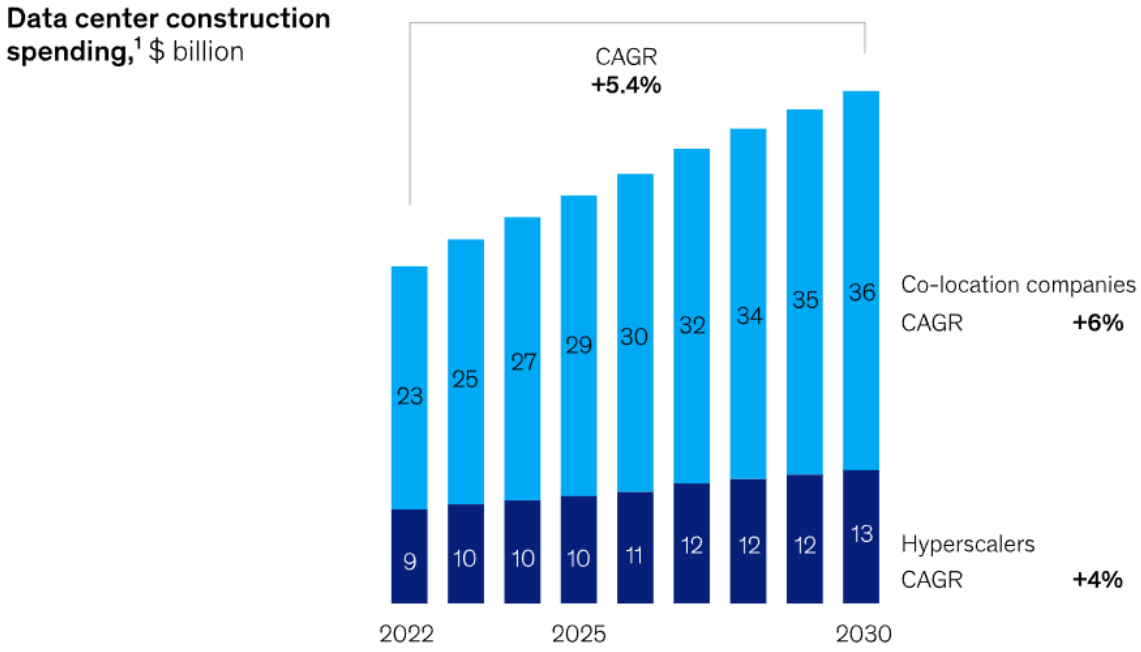


Figura 26. Previsione di spesa globale per la costruzione di Data Center per diverse tipologie di player (credits: McKinsey)

Se questo è vero in generale per il contesto internazionale, quali sono le specificità dell'Italia nell'evoluzione dello scenario Data Center? A questa domanda ha tentato di dare una risposta l'Osservatorio Data Center della School of Management del Politecnico di Milano, nel report di Gennaio 2024 intitolato "Lo scenario Data Center in Italia nel 2023".

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Data Center della School of Management del Politecnico di Milano, nel report del 2024 "Lo scenario Data Center in Italia nel 2023", esplora i trend evolutivi nell'ambito dei Data Center a livello italiano e internazionale, con un focus specifico sugli investimenti in infrastrutture, sulle tipologie di player del mercato, sulla filiera e sul mercato di "Colocation".

Lo scenario Data Center italiano sta vivendo un momento di grande fermento, con diversi nuovi attori pronti ad entrare nel mercato e investimenti per l'apertura e il consolidamento di nuove infrastrutture sul territorio. Quattro sono i fattori principali che stanno caratterizzando lo scenario attuale:

- Il rallentamento dei mercati FLAPD (Francoforte, Londra, Amsterdam, Parigi, Dublino), le cinque città che hanno rappresentato storicamente i maggiori centri di sviluppo del continente per quanto i Data Center. Ora, dopo anni di incessante crescita, stanno giungendo a saturazione, spostando l'interesse degli investitori verso mercati emergenti, tra cui l'Italia;

- La politica e le direttive del Governo italiano verso l'adozione di un approccio di Cloud Sovereignty, in linea con altri governi a livello internazionale, con l'obiettivo di mantenere dati, in particolare se sensibili, all'interno dei confini nazionali per obiettivi normativi e strategici;
- I fondi del PNRR e il percorso di modernizzazione della Pubblica Amministrazione che sta razionalizzando le proprie infrastrutture e creando un Polo Strategico Nazionale per la gestione dei dati e delle applicazioni critiche;
- La sempre maggiore distribuzione della capacità di calcolo verso l'Edge Computing e la creazione di infrastrutture di prossimità per ridurre la latenza e mantenere i dati sul territorio.

In un contesto di forte accelerazione dello scenario infrastrutturale, 23 organizzazioni (di cui 8 società nuove entranti sul mercato italiano) hanno annunciato l'apertura di 83 nuove infrastrutture Data Center nel periodo 2023-2025, la cui messa in produzione comporterà un investimento potenziale complessivo di circa 15 miliardi di euro. La dinamica di crescita registrata è esponenziale e potrà portare a un importante sviluppo del mercato infrastrutturale italiano e dei mercati digitali correlati.

Come rappresentato in Figura 27 ad opera dell'Osservatorio Data Center, sono 66 le aziende operanti sul territorio italiano con Data Center attualmente attivi: 8 nuove aziende hanno effettuato il proprio ingresso nel mercato nel 2023 e altri 8 lo hanno annunciato entro il 2025, confermando la dinamicità della filiera Data Center italiana e l'attrattività del territorio.

Si conferma però la mancanza di una specializzazione su un singolo modello di business da parte degli attori, che preferiscono combinare offerta di housing e cloud per differenti tipologie di clienti. Questo approccio è confermato anche dai nuovi player entranti nel 2023, dove metà di essi ha un modello focalizzato e metà possiede un modello ibrido. Tra gli attori entranti negli ultimi due anni sul territorio sono presenti Cloud Provider internazionali che hanno intrapreso piani di apertura pluriennali di nuovi Data Center, con possibili nuovi ingressi nei prossimi anni di nuovi attori del mercato Cloud.



Figura 27. Evoluzione del numero di player operanti nel mercato Data Center italiano (credits: Osservatorio Data Center 2024, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Il mercato colocation italiano (si veda Figura 28) vale, nel 2023, 654 milioni di euro, in crescita del +10% rispetto al 2022. Si tratta di un mercato altamente concentrato, con i primi 10 attori che detengono il 78% del totale. Costituisce la base del mercato Public e Private Cloud, dal valore totale di 4,8 miliardi di euro, che finora è stato spesso erogato da ecosistemi esteri più sviluppati dal punto di vista infrastrutturale, e dei principali mercati legati ai servizi software e ai trend del digitale.

Approfondendo l'analisi del mercato, emerge come siano due le principali categorie di colocation: da un lato la colocation retail, dall'altro la colocation wholesale. Si tratta di due tipologie di business molto differenti tra di loro, sia per la tipologia di clienti, solitamente piccole aziende della filiera digitale o PMI multisettoriali nel caso retail, cloud provider o grandi realtà che offrono servizi ICT e digitali nel caso wholesale, sia per le dinamiche di prezzo, solitamente più alto nel retail, più contenuto e basato su economie di scala nel wholesale. Dall'analisi del mercato, emerge come la colocation wholesale ricopre il 55% del totale (357 milioni di euro), grazie alle strategie dei principali player attivi sul territorio, in cui è presente come business primario. Il restante 45% di colocation retail (297 milioni di euro) è caratterizzata da realtà più piccole con una proporzione mista tra colocation e servizi a valore aggiunto.

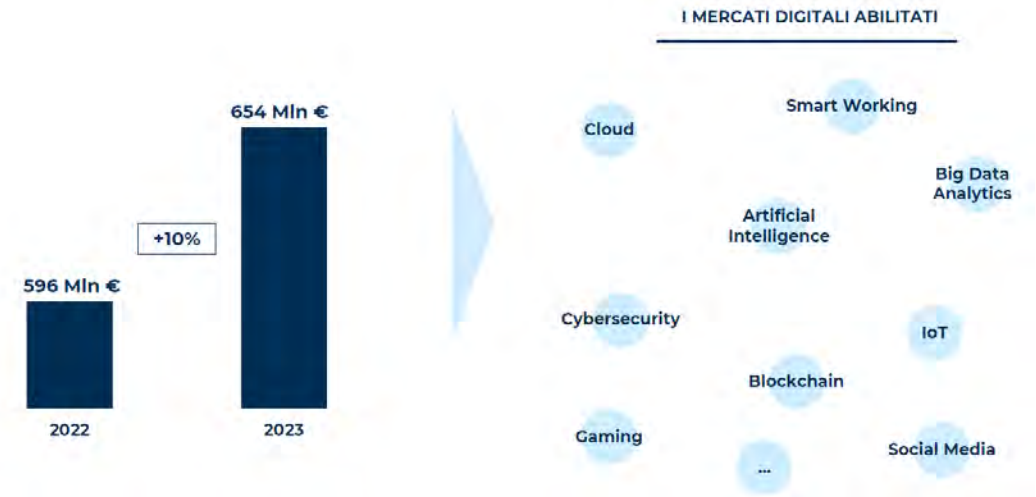


Figura 28. Trend del mercato di colocation di Data Center in Italia tra il 2022 e 2023 e mercati digitali abilitati da questa evoluzione (credits: Osservatorio Data Center 2024, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Dall'analisi degli annunci di nuovi Data Center sul territorio è possibile ipotizzare tre scenari futuri per lo sviluppo del mercato colocation nei prossimi anni (si veda Figura 29). In particolare, il mercato potrà raggiungere un valore compreso tra 1.041 e 1.413 milioni di euro nel 2025. Variabili fondamentali per la crescita del mercato saranno i tempi di apertura e di approvazione dei nuovi progetti Data Center sul territorio.



Figura 29. Tre scenari di evoluzione futura del mercato colocation, in termine di valori del mercato (credits: Osservatorio Data Center 2024, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Data Center e consumo energetico

Uno dei trend che gli analisti ritengono più significativo nell'ambito Data Center è quello dei Data Center a emissioni zero. Oggi i data center emettono solo il 2-3% della carbon footprint mondiale, determinando un impatto non così elevato come quello di altri settori. Restingendo il campo alle sole emissioni "tecnologiche", secondo un'indagine di McKinsey[26], i dispositivi degli end-users (e.g. laptop, tablet, smartphone e stampanti) generano da 1,5 a 2,0 volte più carbonio a livello globale rispetto ai data center (si veda Figura 30). Uno dei motivi è che le aziende dispongono di un numero significativamente maggiore di dispositivi per end-users rispetto a server nei Data Center. Inoltre, i dispositivi citati in genere vengono sostituiti molto più spesso: gli smartphone hanno un ciclo di aggiornamento medio di due anni, i laptop di quattro anni e le stampanti di cinque anni. In media, i server vengono sostituiti ogni cinque anni, anche se il 19% delle organizzazioni attende più a lungo. La cosa più preoccupante è che le emissioni dei dispositivi degli end-users sono destinate ad aumentare a un CAGR del 12,8% annuo. Gli sforzi per affrontare questo problema potrebbero colpire le principali cause delle emissioni di questi dispositivi. Circa tre quarti delle emissioni provengono dalla produzione, dal trasporto a monte e dallo smaltimento. Infatti, una fonte significativa di queste emissioni sono i semiconduttori che alimentano i dispositivi.

26 https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-green-it-revolution-a-blueprint-for-cios-to-combat-climate-change

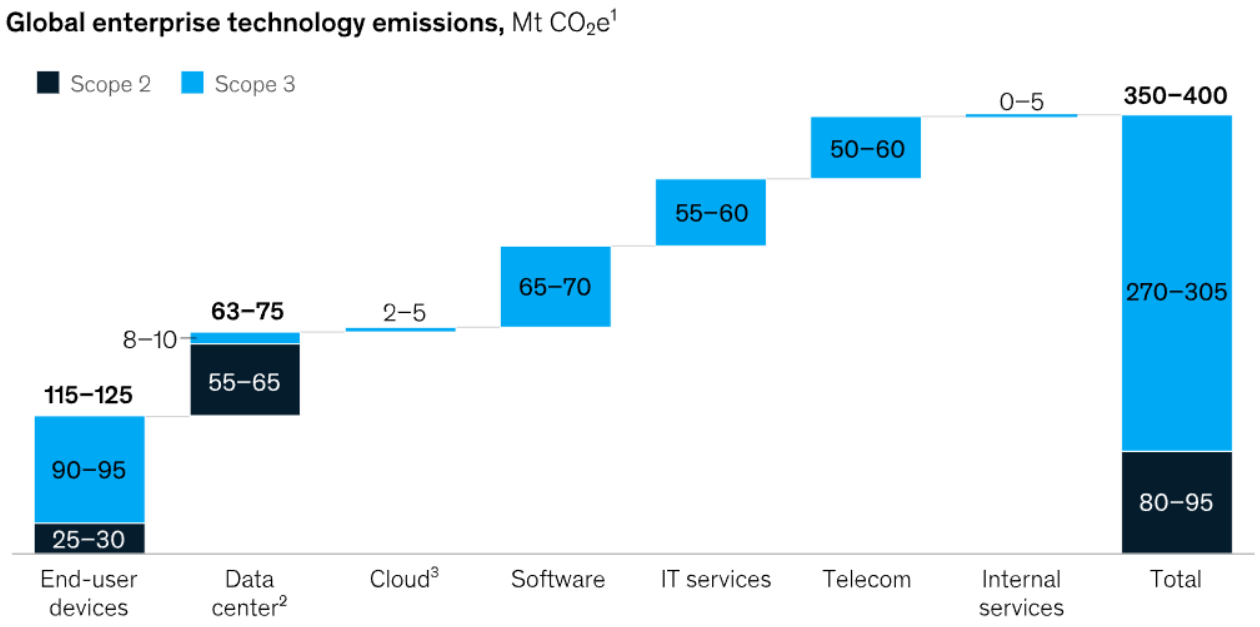


Figura 30. Emissioni nei settori tecnologici in Milioni di tonnellate di CO2 equivalente; scope 2: emissioni dirette; scope 3: emissioni indirette (credits: McKinsey)

Tuttavia, con la crescente adozione di tecnologie emergenti come l'intelligenza artificiale, l'analisi dei big data e l'IoT, i data center potrebbero rappresentare circa il 13% del consumo totale di elettricità del pianeta entro il 2030.

Pertanto, sempre più aziende stanno migrando verso data center ecologici per massimizzare l'efficienza energetica e ridurre al minimo l'impronta di carbonio. Man mano che i pionieri del cloud computing avanzano nell'efficienza energetica e adottano sempre più fonti di energia rinnovabile, i data center verdi saranno di enorme importanza nel raggiungimento dell'obiettivo finale dei data center a emissioni zero.

Questa attenzione per un futuro con Data Center più green contrasta con il trend osservabile dagli ultimi quindici anni ad oggi. Infatti, secondo una ricerca McKinsey[27], allo stato attuale, l'efficienza di utilizzo di energia (PUE – Power Usage Effectiveness) - la quantità di energia utilizzata dall'equipaggiamento informatico in un data center rispetto al suo consumo totale di energia - è diminuita notevolmente rispetto ai livelli del 2007, ma i progressi si sono appiattiti nell'ultimo decennio (si veda Figura 31). Anche gli hyperscalers che utilizzano progetti e tecnologie di raffreddamento avanzati faticano a migliorare significativamente: ad esempio, il PUE riportato dei data center di Google è diminuito solo marginalmente negli ultimi sette o otto anni.

Negli ultimi anni l'attenzione sull'azione per il clima si è rafforzata con i grandi attori del cloud che si sono impegnati a raggiungere gli obiettivi di energia zero. Google, Microsoft, Facebook e Apple sono leader nella gestione dei propri data center con energia rinnovabile. Ad esempio, Microsoft si è impegnata a diventare carbon negative entro il 2030. Inoltre, la società ha studiato se i data center sottomarini sono sostenibili dal punto di vista ambientale ed economico. Poiché l'acqua di mare naturale funge da refrigerante, i data center sottomarini sembrano essere altamente efficienti

27 https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/investing-in-the-rising-data-center-economy

dal punto di vista energetico. Inoltre, promuovono anche la biodiversità agendo come barriere coralline artificiali. Nel frattempo, Amazon ha annunciato un'ambiziosa roadmap per passare al 100% di energia rinnovabile entro il 2025. Tale obiettivo, tuttavia, non può essere raggiunto senza una significativa accelerazione dell'uso delle energie rinnovabili.

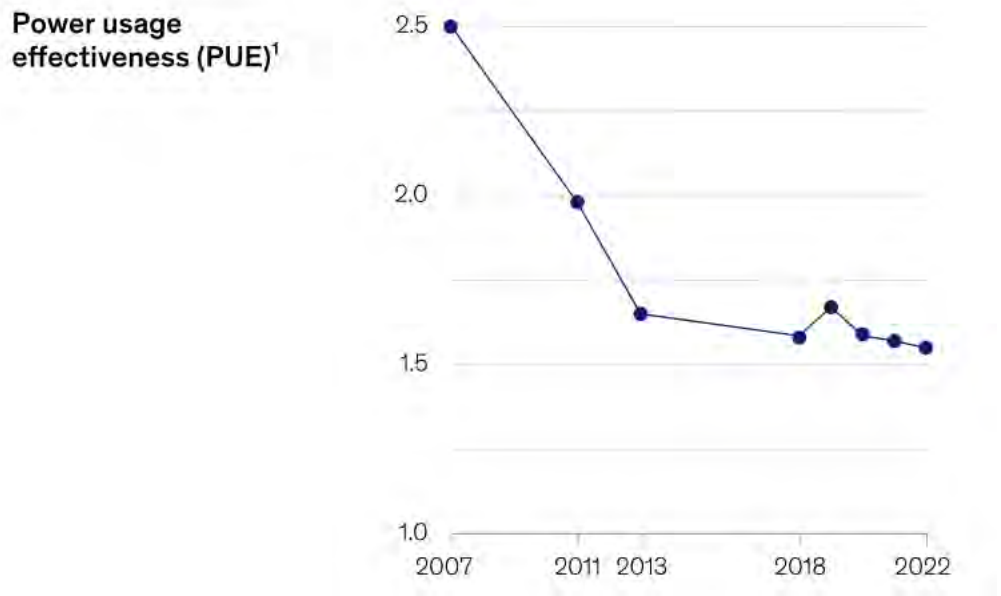


Figura 31. Efficienza di utilizzo energetico nei Data Center negli ultimi 15 anni. Efficienza massima è pari a 1 (credits: McKinsey)

Tecnologie quantistiche

Il calcolo quantistico è un paradigma informatico che sfrutta i principi della meccanica quantistica per eseguire calcoli esponenzialmente più veloci e più potenti dei computer classici. Infatti, a differenza dei computer classici, che operano su un sistema binario di bit che possono essere 0 oppure 1, i computer quantistici utilizzano qubit che possono esistere in più stati contemporaneamente, un fenomeno noto come sovrapposizione.

Ciò consente ai computer quantistici di elaborare grandi quantità di dati e risolvere problemi complessi che attualmente sono intrattabili per i computer classici. L'informatica quantistica ha il potenziale per rivoluzionare vari campi, tra cui la crittografia, l'ottimizzazione, la scoperta di farmaci e l'intelligenza artificiale. Tuttavia, lo sviluppo di computer quantistici su vasta scala è ancora nelle fasi iniziali e deve affrontare sfide significative, come la decoerenza e la correzione degli errori.

Secondo gli scenari più diffusi, i computer quantistici non sostituiranno i computer classici e saranno utilizzati principalmente da aziende e accademici piuttosto che dal grande pubblico. Poiché i computer quantistici sono estremamente sensibili alle interferenze e devono essere ridotti quasi allo zero assoluto, le aziende e gli accademici riceveranno i servizi di calcolo quantistico in remoto tramite fornitori di servizi cloud. I giganti della tecnologia come Google, Microsoft, Amazon e IBM, così come i potenti colossi economici cinesi, stanno attualmente gareggiando per sviluppare computer quantistici sufficientemente potenti.

Il report McKinsey del 2023 dal titolo "Quantum Technology Monitor"[28] ha mappato lo stato dell'arte delle tecnologie quantistiche e del loro valore di mercato nel 2023, ipotizzando un'evoluzione al 2040 (si veda Figura 32). In particolare, si considerano le tecnologie quantistiche come articolate in tre sottocampi:

- Calcolo quantistico: una nuova tecnologia per la computazione che sfrutta le leggi della meccanica quantistica per fornire un miglioramento delle prestazioni esponenziale per alcune applicazioni e potenzialmente consentire completamente nuovi territori della computazione. Alcuni dei primi prodotti hardware quantistici sono i computer quantistici specializzati, anche chiamati simulatori quantistici.
- Comunicazioni quantistiche: sono il trasferimento sicuro di informazioni quantistiche attraverso lo spazio. Potrebbe garantire la sicurezza delle comunicazioni, abilitata dalla crittografia quantistica, anche di fronte a un potere di calcolo (quantistico) illimitato.
- Sensoristica quantistica: è la nuova generazione di sensori costruiti da sistemi quantistici. Potrebbe fornire misurazioni di varie grandezze (ad esempio, gravità, tempo, elettromagnetismo) che sono ordini di grandezza più sensibili rispetto ai sensori classici.

28 https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/quantum%20technology%20sees%20record%20investments%20progress%20on%20talent%20gap/quantum-technology-monitor-april-2023.pdf



Figura 32. Quantificazione del mercato delle tecnologie quantistiche al 2040, includendo il mercato di calcolo quantistico, comunicazione quantistica e sensoristica quantistica (credits: McKinsey)

Sebbene l'informatica quantistica sia ancora agli inizi, è fondamentale che le organizzazioni inizino a prepararsi per l'era quantistica. Quando un computer quantistico diventerà sufficientemente potente, potrebbe essere in grado di infrangere gli schemi di crittografia odierni, ponendo una notevole minaccia di attacchi informatici violando i dati crittografati e persino minacciando la sicurezza della blockchain. Pertanto, nei prossimi anni sarà necessaria una transizione dagli schemi di crittografia esistenti agli schemi di crittografia post-quantistica. La crittografia post-quantistica consiste in nuovi tipi di algoritmi in grado di resistere agli attacchi quantistici. La pressione per sviluppare la crittografia post-quantistica è forte e il processo di implementazione può richiedere molto tempo. Le organizzazioni si aggiorneranno gradualmente a sistemi e servizi quantum-resistenti per proteggere dati e infrastrutture strategiche.

Secondo McKinsey[29], gli investimenti annuali totali nelle startup QT hanno raggiunto il livello più alto di sempre, sebbene siano cresciuti solo dell'1% annuo (si veda Figura 33). Questo ha però permesso di arrivare a 2.35 miliardi di dollari investiti durante il 2022 in startup. Il 75% di questi investimenti è rivolto all'ambito della computazione quantistica; solo il 25% si suddivide tra sensoristica e comunicazione quantistiche.

29

https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/quantum%20technology%20sees%20record%20investments%20progress%20on%20talent%20gap/quantum-technology-monitor-april-2023.pdf

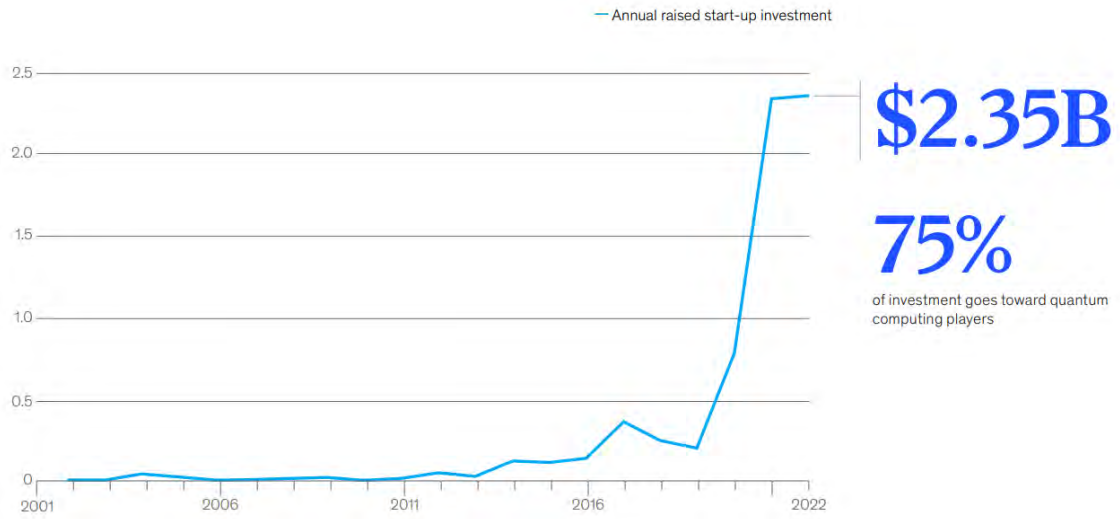


Figura 33. Investimenti annui in startup nell'ambito delle tecnologie quantistiche (credits: McKinsey)

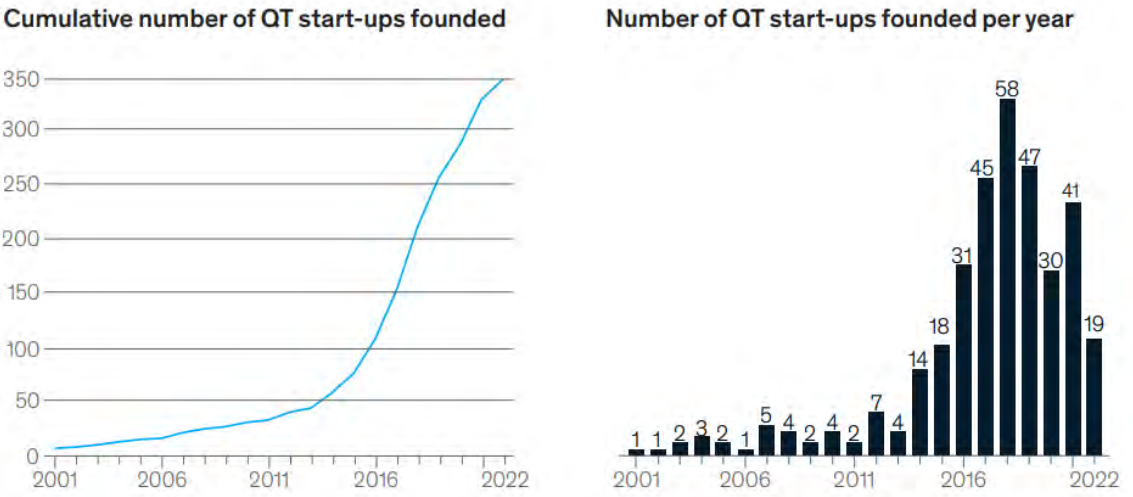


Figura 34. Numero cumulativo e annuo di startup fondate nell'ambito delle tecnologie quantistiche (credits: McKinsey)

Nonostante gli investimenti record, il tasso di creazione di startup nelle tecnologie quantistiche è rallentato nel 2022 (si veda Figura 34). Sono state avanzate alcune ipotesi sulle cause di questa frenata. La prima à la mancanza di talenti: la maggior parte degli specialisti esperti (generalmente accademici con un focus di ricerca nelle tecnologie quantistiche) lavora già in una startup. La seconda è la limitata quantità di casi d'uso funzionanti o non sufficientemente sviluppati per l'implementazione commerciale, specialmente nell'ambito della sensoristica quantistica. Una terza ipotesi riguarda il comportamento degli investitori che preferiscono investire in scale-up e startup in fase avanzata, limitando il capitale per un'azienda in fase di avvio.

La maggior parte degli investimenti è rivolto ad aziende statunitensi, principalmente guidati da investitori privati (si veda Figura 35). In particolare, come mostrato in Figura 36, le venture capital ed altri finanziamenti privati (es. angel investors) costituiscono circa l'80% degli investimenti nelle tecnologie quantistiche e sono in crescita.

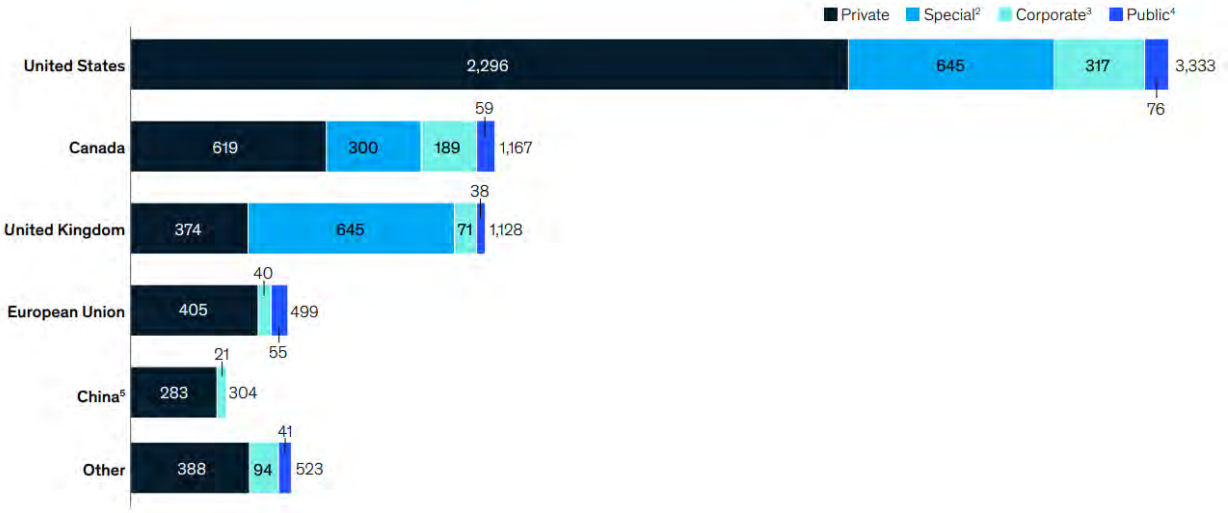


Figura 35. Investimenti totali (in milioni di dollari USA) in startup nell'ambito delle tecnologie quantistiche, per collocamento e tipologia di investitori (credits: McKinsey)

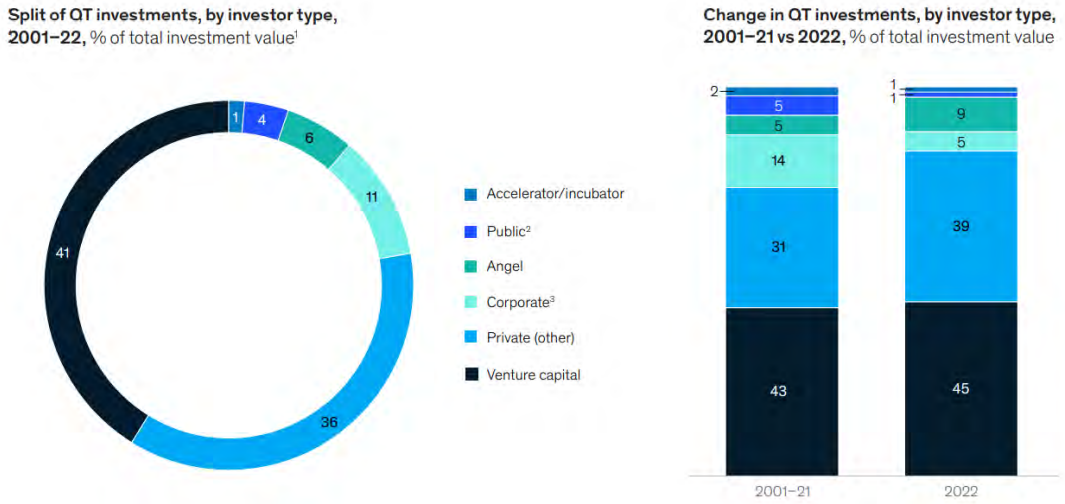
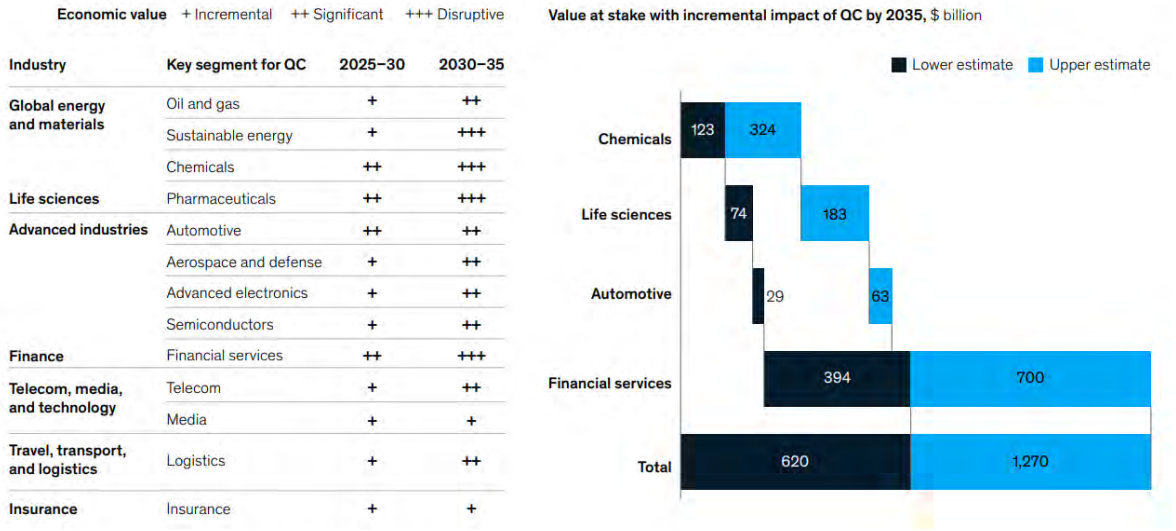


Figura 36. Suddivisione degli investimenti in tecnologie quantistiche a seconda della tipologia di investitori e cambiamento negli ultimi tre anni (credits: McKinsey)

A seguito di valutazioni di mercato e di interviste con esperti, McKinsey[30] stima a 1,3 trilioni di dollari il valore in gioco nel 2035 per la computazione quantistica nelle quattro industrie per le quali è previsto un impatto più a breve termine: servizi finanziari, automotive, scienze della vita, industria chimica (si veda Figura 37).

30 https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/quantum%20technology%20sees%20record%20investments%20progress%20on%20talent%20gap/quantum-technology-monitor-april-2023.pdf



Economic value + Incremental ++ Significant +++ Disruptive

Industry	Key segment for QC	2025–30	2030–35
Global energy and materials	Oil and gas	+	++
	Sustainable energy	+	+++
	Chemicals	++	+++
Life sciences	Pharmaceuticals	++	+++
Advanced industries	Automotive	++	++
	Aerospace and defense	+	++
	Advanced electronics	+	++
	Semiconductors	+	++
Finance	Financial services	++	+++
Telecom, media, and technology	Telecom	+	++
	Media	+	+
Travel, transport, and logistics	Logistics	+	++
Insurance	Insurance	+	+

Figura 37. Impatto delle tecnologie quantistiche sui settori industriali al 2035 (credits: McKinsey)

Anche guardando alle tipologie di problemi affrontabili con le tecnologie quantistiche, riportati in Figura 38, i casi d'uso più probabili di avere un impatto maggiore nel lungo termine sono quello finanziario e delle scienze della vita.

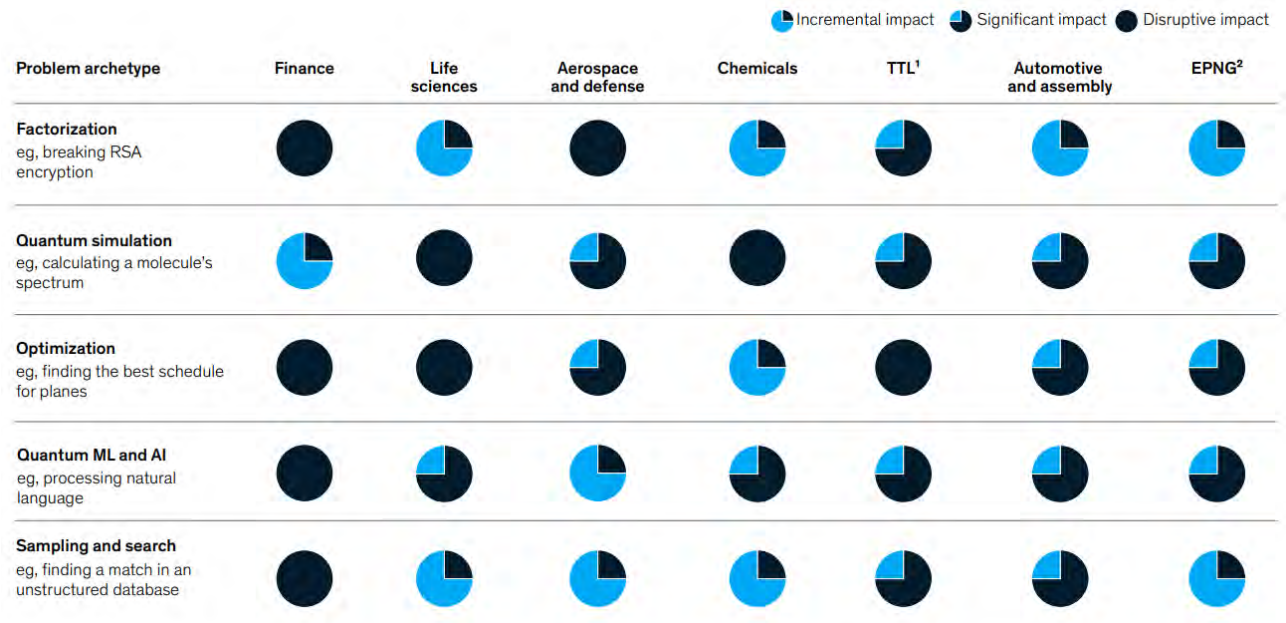


Figura 38. Impatti dell'applicazione di casi d'uso nei settori finanziario, delle scienze della vita, aerospazio e difesa, industria chimica, trasporti e logistica, automotive, energia elettrica e gas naturale (credits: McKinsey)

Fino a qui abbiamo presentato la situazione a livello internazionale delle aziende della domanda e dei progetti annunciati negli ultimi anni. E in Italia cosa sta succedendo?

A livello di finanziamenti pubblici nell'ambito del PNRR, due sono le grandi iniziative che hanno avviato un processo di creazione di un ecosistema nazionale sul calcolo quantistico. La prima è quella del Centro Nazionale per la ricerca in High-Performance Computing, Big Data e Quantum Computing, a cui il nostro Osservatorio sulle tendenze e le

applicazioni del Supercalcolo afferisce. Lo Spoke 10 del Centro riguarda completamente la computazione quantistica e coinvolge 15 enti di ricerca e 15 aziende italiane. Ha un budget assegnato di 30 Milioni di Euro e opera su tre linee di ricerca: la prima consiste nella realizzazione di applicazioni che sfruttino i calcolatori quantistici come acceleratori per risolvere problemi altrimenti insolubili; la seconda si focalizza sulla realizzazione di strumenti hardware e software che facilitino la programmazione dei calcolatori quantistici e la loro interoperabilità con i calcolatori tradizionali; la terza ha come obiettivo la progettazione di computer quantistici di grandi dimensioni e scalabili. La seconda iniziativa pubblica da menzionare è quella del National Quantum Science and Technology Institute, un Partenariato Esteso completamente dedicato alla ricerca fondamentale nell'ambito delle tecnologie quantistiche, anch'esso con un budget complessivo di 20 Milioni di Euro.

Nonostante l'avvio di queste iniziative pubbliche sia un segnale complessivamente positivo, si tratta però di risorse di scala e durata non paragonabili ad altri paesi europei ed ancor meno competitive a livello extra-comunitario: si passa dai fondi italiani dell'ordine del centinaio di milioni di euro sulle tecnologie quantistiche in un orizzonte di 3 anni, a fondi di altri paesi europei per miliardi di euro stanziati su 5-10 anni. Un esempio è la Germania con oltre 3 miliardi di euro stanziati dal 2018 al 2028.

Guardando invece al mondo privato, ci chiediamo: quanto stanno investendo le imprese del nostro Paese? A che punto sono nel percorso di "quantum readiness"?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Quantum Computing & Communication della School of Management del Politecnico di Milano, nel report "Lo scenario italiano e internazionale del Quantum Computing", identifica il mercato del calcolo quantistico in Italia ancora come embrionale, con una spesa inferiore a 6 Milioni di Euro, di cui circa il 40% dedicato a risorse interne all'azienda, previsto però in crescita anche a breve termine.

Il panorama dell'investimento nel settore quantistico italiano è dominato da grandi aziende all'avanguardia, che hanno abbracciato la sfida della rivoluzione quantistica. Al di fuori di queste realtà di punta (definite big spender), la maggior parte delle organizzazioni mostra una conoscenza limitata o nulla della tecnologia quantistica che assegnano a queste applicazioni budget residui, in media compresi tra i 50.000€ e i 150.000€, in assenza di una strategia a medio o lungo termine.

L'indagine condotta dall'Osservatorio Quantum Computing & Communication del Politecnico di Milano su un campione di 138 grandi aziende italiane mostra il livello di conoscenza sul tema del calcolo quantistico e le strategie messe in atto a livello aziendale. Il risultato è mostrato graficamente in Figura 39.

I risultati ci dicono che circa la metà delle grandi aziende italiane non ha conoscenze sul tema del quantum computing e solo nel 12% è presente a livello aziendale una conoscenza approfondita. Guardando invece alla strategia adottata dalle aziende, solamente un 2% dichiara di avere una chiara visione sul tema e di aver avviato

iniziative per definire i prossimi passi strategici. La maggior parte rimane priva di una strategia dichiarata o vede il calcolo quantistico come una delle tecnologie da tenere monitorate, senza avvio di iniziative specifiche.

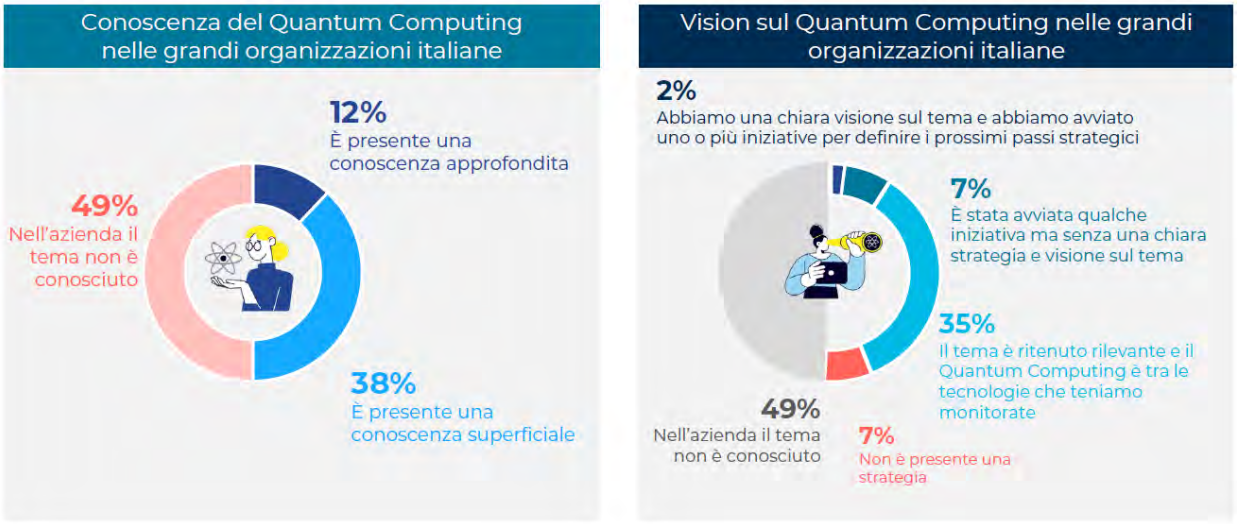


Figura 39. Livello di conoscenza del quantum computing in 138 grandi aziende italiane e strategie aziendali adottate (credits: Osservatorio Quantum Computing & Communication 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Secondo la mappatura dell'Osservatorio Quantum Computing & Communication riportata in Figura 40, l'ampia maggioranza delle grandi aziende italiane (76%) si sta ancora muovendo per consolidare le cosiddette leve abilitanti (cloud, machine learning, open innovation), senza aver attivato iniziative per la "Quantum Readiness".

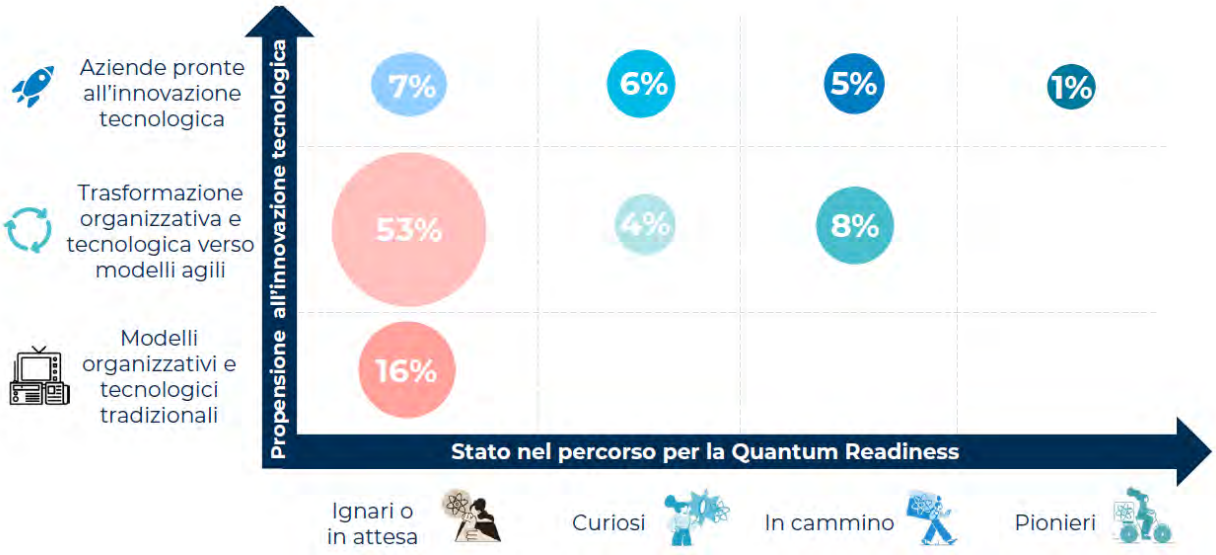


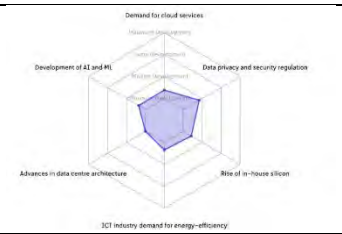
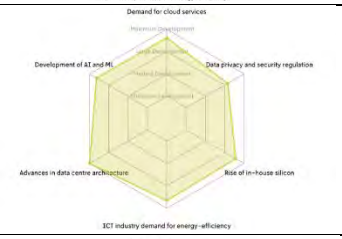
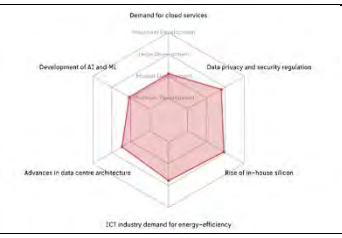
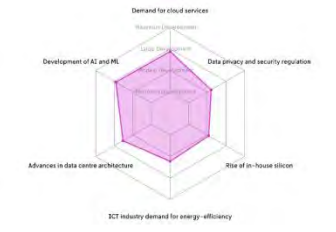
Figura 40. Stato nel percorso di Quantum Readiness di 138 grandi aziende italiane in riferimento alla propensione all'innovazione tecnologica (credits: Osservatorio Quantum Computing & Communication 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Dai Futures Studies: scenari possibili nelle tecnologie abilitanti

Il futuro del cloud computing: 4 scenari tra il 2025 e il 2035

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito all'evoluzione del cloud computing tra il 2025 e il 2035. Per la realizzazione degli scenari, vengono considerati i seguenti assi di incertezza (driver): Presenza di regolamentazione sulla privacy e sulla sicurezza dei dati; Aumento dell'autoproduzione (in-house) di silicio; Domanda di servizi cloud; Sviluppo di AI e Machine Learning; Domanda di efficienza energetica del settore ICT; Progressi nell'architettura dei data center. Nelle sezioni seguenti si dettagliano gli scenari con le traiettorie di sviluppo ma in Tabella 3 desideriamo offrirne sin d'ora una sintetica panoramica.

Tabella 3. Sintesi di 4 scenari per il cloud computing tra il 2025 e il 2035.

	La proprietà dei dati nel cloud e le preoccupazioni sulla sicurezza portano a un declino dei sistemi basati su cloud, favorendo l'ascesa dell'edge computing. Questa crescita dell'edge computing presenta sfide di sostenibilità, ma avvantaggia settori come quello dei veicoli autonomi con dati in tempo reale e connettività a bassa latenza.
	Il supercloud, una rete di cloud computing potente ed efficiente dal punto di vista energetico, democratizza l'accesso all'intelligenza artificiale, all'apprendimento automatico e all'informatica quantistica, consentendo alle piccole imprese e alle start-up di migliorare le proprie capacità di innovazione.
	Il mercato del cloud è dominato da pochi giganti della tecnologia poiché lo sviluppo interno del silicio da parte dei giganti del cloud per ottimizzare le prestazioni consolida la loro posizione di mercato. Ciò crea un mercato in cui il vincitore prende tutto che impedisce la collaborazione a livello di settore.
	Le piattaforme cloud vengono utilizzate come armi, in linea con le politiche tecnologiche a duplice uso in mezzo alle tensioni geopolitiche, fornendo ad alcuni giganti della tecnologia cloud vantaggi competitivi ma svantaggiando altri fornitori. La stretta relazione tra i fornitori di servizi cloud e gli interessi statali limita potenzialmente il cloud pubblico e crea vulnerabilità nelle infrastrutture digitali strategiche.

L'edge computing sostituisce un modello di cloud centralizzato (2025-2030)

Tra il 2025 e il 2030, controversie e disaccordi irrisolti, nonché la mancanza di chiarezza sul possesso e sulla proprietà legale dei dati cloud, insieme a gravi preoccupazioni in materia di privacy e sicurezza, hanno portato al declino dei sistemi basati su cloud e alla loro implementazione, lasciando il posto al primato dell'edge computing. Di conseguenza, il mercato delle infrastrutture di edge computing e dello sviluppo hardware vedrà una crescita significativa; tuttavia, ciò potrebbe aumentare la quantità di rifiuti elettronici dannosi, presentando sfide in termini di sostenibilità. L'edge computing avrà probabilmente un impatto positivo sui settori e sulle applicazioni che trarrebbero vantaggio dai dati in tempo reale e dalla connettività a bassa latenza, ad esempio i produttori di veicoli autonomi. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 41.

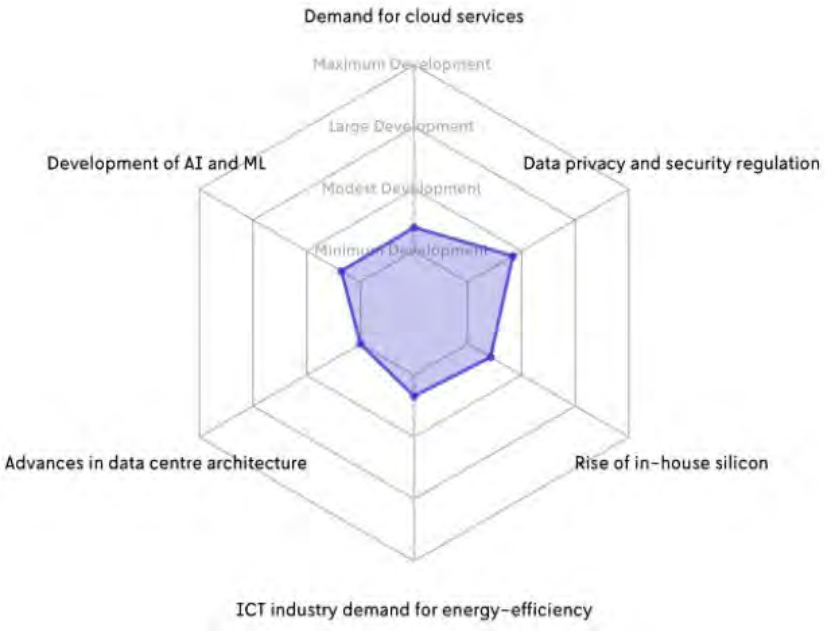


Figura 41. Ruolo dei driver nello scenario 'L'edge computing sostituisce un modello di cloud centralizzato' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2025 - I giganti della tecnologia stanno dirottando sempre più risorse e investimenti verso lo sviluppo di infrastrutture di edge computing per contrastare le controversie sulla sicurezza informatica dei sistemi cloud centralizzati.
2027 - Il valore di mercato dell'edge computing potrebbe raggiungere gli 87,3 miliardi di dollari. Quasi il 75% dei dati aziendali viene creato ed elaborato utilizzando l'edge computing.
2028 - Gli ospedali e le altre entità che gestiscono dati sensibili segnalano meno incidenti di violazione dei dati dall'implementazione di soluzioni di edge computing.
2030 - L'edge computing diventa mainstream, mitigando i problemi di sicurezza informatica e facilitando al tempo stesso l'ascesa dell'industria 5.0 e delle soluzioni tecnologiche a bassa latenza.

Il "supercloud" democratizza l'accesso a soluzioni informatiche avanzate (2025-2035)

Tra il 2025 e il 2035, il rapido sviluppo del cloud computing e delle tecnologie ICT dà origine a un "supercloud", che democratizza l'accesso all'intelligenza artificiale e all'apprendimento automatico, e a potenti soluzioni di calcolo quantistico, migliorando così le capacità di innovazione delle piccole imprese e delle start-up. Il supercloud facilita il collegamento continuo di più reti dati e informatiche ibride basate su cloud e on-premise. Con sofisticati sistemi di intelligenza artificiale e strumenti software intelligenti, l'enorme complessità dell'infrastruttura supercloud viene eliminata, generando un'esperienza utente fluida. A questo punto il supercloud, disponibile ovunque e in qualsiasi momento, è così potente ed efficiente dal punto di vista energetico da diventare una commodity nelle economie sviluppate. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 42.

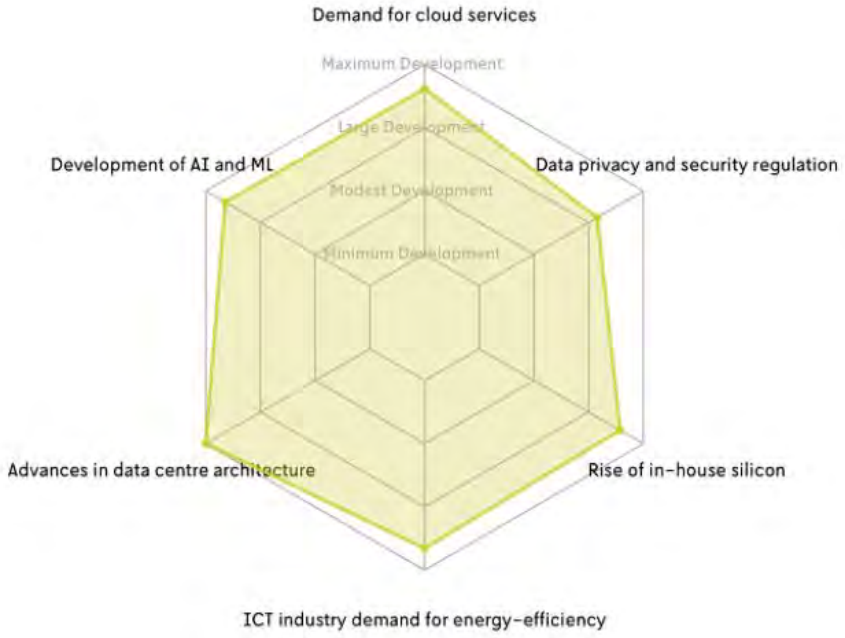


Figura 42. Ruolo dei driver nello scenario 'Il "supercloud" democratizza l'accesso a soluzioni informatiche avanzate' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2025 - Il mercato globale dei servizi cloud supera i mille miliardi di dollari. Le soluzioni di cloud computing open source modificabili guadagnano popolarità.
2026 - Vengono stipulati trattati internazionali di sicurezza informatica completi e giuridicamente vincolanti tra gli organismi di regolamentazione e i fornitori di servizi cloud per garantire misure rigorose e riservate di cloud computing.
2030 - Quasi il 100% di tutta la potenza informatica aziendale e in particolare di elaborazione dei dati è basata sul cloud.
2035 - Il supercloud costituisce un significativo equalizzatore economico e sociale. Le reti di computer e dati ad alta potenza sono estremamente convenienti e sostenibili grazie all'uso di energia rinnovabile e alla nuova architettura dei data center.

L'oligopolio dei giganti cloud aumenta i costi IT e la sfiducia nei confronti delle grandi aziende tecnologiche (2025-2030)

Tra il 2025 e il 2030, i potenti giganti della tecnologia cloud hanno consolidato la loro posizione nel mercato concentrandosi sulla produzione in-house di silicio per ottimizzare e aumentare le prestazioni dei loro sistemi cloud, ottenendo un vantaggio rispetto ai concorrenti più piccoli. Lo sfruttamento di hardware e software proprietari insieme a ecosistemi restrittivi porta a problemi di vincolo tra gli utenti e i fornitori, aumentando potenzialmente i costi IT aziendali poiché le aziende possono optare sempre più per soluzioni di archiviazione e elaborazione dati in-house. Inoltre, le tecnologie abilitate dal cloud potrebbero non avere un effetto democratizzante, alimentando invece un winner-takes-all market che ostacola l'innovazione e la collaborazione a livello di settore e open source. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 43.

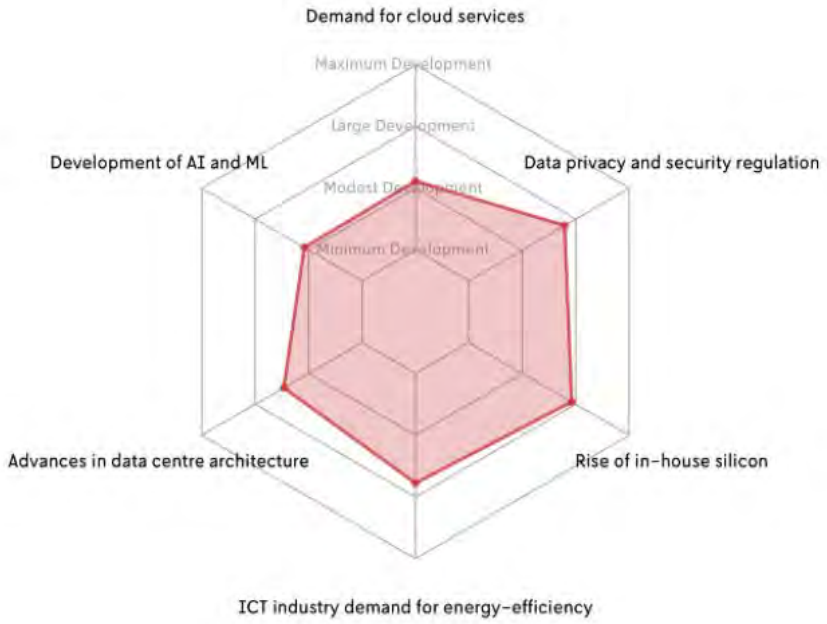


Figura 43. Ruolo dei driver nello scenario "L'oligopolio dei giganti cloud aumenta i costi IT e la sfiducia nei confronti delle grandi aziende tecnologiche" (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2025 - I giganti della tecnologia investono sempre più nello sviluppo interno di silicio per migliorare i propri sistemi cloud, ottenendo un vantaggio rispetto ai concorrenti più piccoli.
2027 - Hardware e software proprietari specifici di un singolo ecosistema limitano le funzionalità cloud multipiattaforma.
2028 - Cresce la sfiducia del pubblico nei confronti dei giganti della tecnologia che vengono percepiti come esercitanti un controllo eccessivo sui dati personali e aziendali. Gli organismi di regolamentazione non riescono ad intervenire adeguatamente.
2030 - Alcuni giganti tecnologici selezionati dominano il mercato del cloud, annullando la concorrenza. I servizi cloud sono frammentati su più piattaforme.

Il cloud come strumento geopolitico (2025-2032)

Con l'intensificarsi delle tensioni geopolitiche tra superpotenze come Stati Uniti e Cina, le piattaforme cloud e i sistemi che utilizzano l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico vengono sempre più utilizzati come armi in conformità con le politiche nazionali sulla tecnologia a duplice uso. Ciò potrebbe offrire vantaggi competitivi ai giganti della tecnologia cloud; tuttavia, alcuni provider potrebbero perdere terreno poiché costretti a lasciare le zone di disponibilità nelle regioni di dati geografici, con il risultato di offerte cloud asimmetriche in ciascuna regione. La stretta relazione tra i fornitori di servizi cloud e gli interessi statali determinerà inevitabilmente la forma di Internet, limitando potenzialmente il cloud pubblico. La dipendenza da infrastrutture digitali critiche ospitate nel cloud comporta il rischio di vulnerabilità della catena di approvvigionamento e di attacchi informatici, con gravi implicazioni per la sicurezza nazionale. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 44.

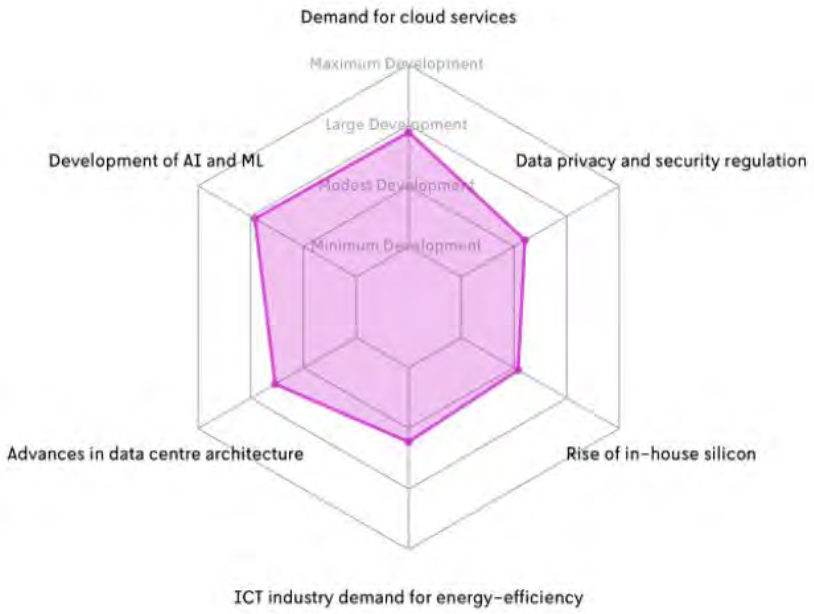


Figura 44. Ruolo dei driver nello scenario 'Il cloud come strumento geopolitico' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

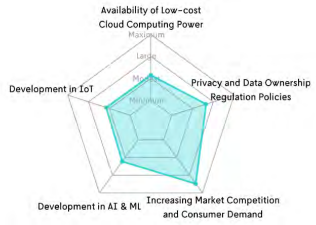
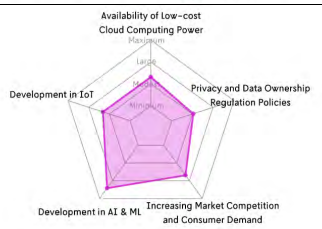
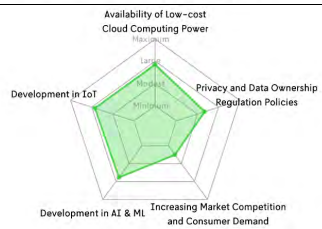
2025 - La concorrenza tra i fornitori di servizi cloud su lucrosi contratti governativi di sicurezza e difesa si intensifica.
2027 - Quasi il 70% dei data center cloud utilizza funzionalità robotiche avanzate di intelligenza artificiale e apprendimento automatico.
2028 - L'uso della pressione politica per adottare o limitare determinati fornitori di servizi cloud potrebbe diventare più diffuso.
2029 - Aumento della frequenza e dell'intensità degli attacchi informatici contro le infrastrutture cloud.
2030 - Le piattaforme e le infrastrutture cloud vengono sempre più politicizzate e cooptate dagli interessi nazionali.
2032 - Un nuovo nazionalismo delle nuvole in stile guerra fredda ha messo radici sulla scena globale.

Il futuro del big data as a service: 4 scenari tra il 2025 e il 2035

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito all'evoluzione del mercato delle big data analytics tra il 2025 e il 2035. Per la realizzazione degli scenari, vengono considerati i seguenti assi di incertezza (driver): Politiche di regolamentazione della privacy e della proprietà dei dati; Disponibilità di potenza di cloud computing a basso costo; Sviluppo in IoT; Sviluppo in AI e ML; Aumento della concorrenza di mercato e della domanda dei consumatori. Gli attori considerati sono invece: Fornitori di servizi Big Data; Operatori del cloud computing; Aziende private; Organizzazioni pubbliche.

Nelle sezioni seguenti si dettagliano gli scenari con le traiettorie di sviluppo ma in Tabella 4 desideriamo offrirne sin d'ora una sintetica panoramica.

Tabella 4. Sintesi di 4 scenari per il big data as a service tra il 2025 e il 2030

	L'analisi dei big data ha un impatto sulla società in settori quali l'occupazione, l'efficienza delle risorse e i contenuti multimediali, migliorando al contempo la sostenibilità, il processo decisionale e l'ambiente mediatico attraverso l'elaborazione avanzata del linguaggio naturale e l'analisi dei dati comportamentali.
	La mancanza di soluzioni complete per i big data ostacola la concorrenza, il processo decisionale e la capacità di affrontare le sfide sociali, come il debito pubblico e le crisi ambientali. La disponibilità limitata di dati e la lentezza nella raccolta delle informazioni impediscono un'efficace definizione delle priorità e una cooperazione.
	L'analisi dei big data basata su AI e ML è diventata più economica, consentendone l'uso in diversi settori come trasporti, logistica, produzione e intrattenimento. Ciò ha democratizzato l'accesso ai big data per le piccole e medie imprese, portando alla crescita del business e a un miglioramento del processo decisionale basato sulle opinioni dei clienti.
	L'utilizzo dei big data è ostacolato da problemi di proprietà e sicurezza, soprattutto nelle PMI. Database irraggiungibili, carenza di esperti e costi crescenti della sicurezza informatica limitano la disponibilità ad acquistare servizi aggiuntivi, mentre le operazioni crime-as-a-service limitano l'uso dei dati pubblici.

Le Big Data Analytics penetrano nella società (2025-2030)

L'analisi dei Big Data e la raccolta di dati penetrano l'intera società e tutti i suoi ambiti, incidendo ad es. occupazione, efficienza delle risorse e contenuti dei media. Ad esempio, l'agricoltura e l'edilizia adottano l'analisi BD, che influisce positivamente sulla sostenibilità, sull'uso dei materiali e sulla produttività. L'elaborazione avanzata del linguaggio naturale consente di riconoscere notizie false e contenuti non validi, incidendo positivamente sull'ambiente mediatico. Inoltre, l'analisi BD che raccoglie dati comportamentali aumenta la comprensione del processo decisionale organizzativo e politico, determinando decisioni più trasparenti e informate. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 45.

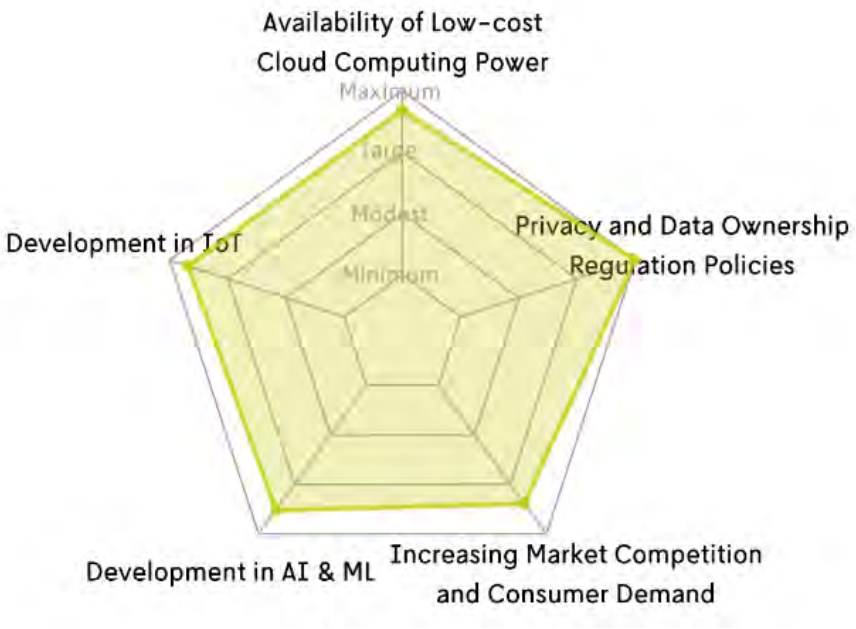


Figura 45. Ruolo dei driver nello scenario 'Le Big Data Analytics penetrano nella società' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2025 - Il settore del cloud computing raggiunge i 950 miliardi di dollari di entrate, offrendo capacità inaspettate da utilizzare. Sono ancora previsti nuovi investimenti.
2027 - L'intelligenza artificiale (AI) e l'apprendimento automatico (ML) compiono passi significativi nello sviluppo e aprono possibilità di soluzioni completamente nuove nell'analisi BD.
2030 - L'UE introduce una versione aggiornata del GDPR che presta particolare attenzione allo sviluppo di AI e ML. Le aziende tecnologiche, gli organi legislativi e il pubblico considerano le nuove normative efficaci e preziose. Molti paesi extraeuropei prendono come esempio il nuovo GDPR.

Servizi Big Data utilizzati solo in casi ad hoc (2025-2029)

La maggior parte delle soluzioni Big Data vengono sviluppate solo per casi limitati ad hoc, il che significa che la maggiore concorrenza sui mercati non è in grado di stimolare lo sviluppo tecnologico. Il debito pubblico tocca nuovi record e le crisi climatiche causano gravi danni alla società, ma manca ancora la necessaria rigenerazione. L'allocazione degli investimenti è impegnativa a causa delle controversie politiche e della miopia generale. È difficile stimare l'impatto dei progetti di rinnovamento e molte decisioni vitali vengono rinviate perché la raccolta di informazioni isolate è lenta e scrupolosa. La definizione delle priorità tra i diversi investimenti e il loro confronto sono ancora agli inizi. I big data attualmente in uso non sono ancora abbastanza grandi per risolvere le sfide della cooperazione. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 46.

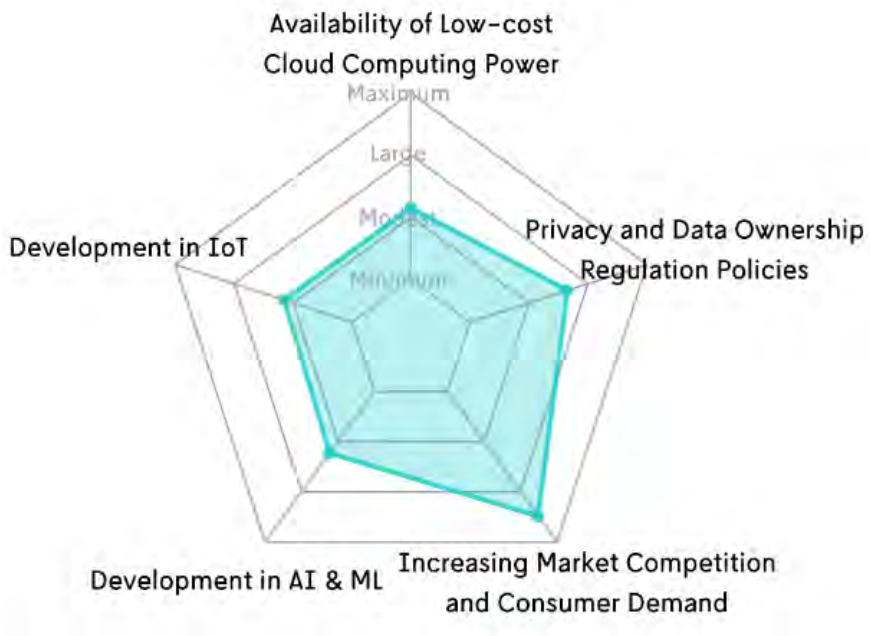


Figura 46. Ruolo dei driver nello scenario "Servizi Big Data utilizzati solo in casi ad hoc" (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2025 - Condizioni meteorologiche estreme martellano diversi paesi in tutto il mondo. L'aumento dei disordini sociali blocca i miglioramenti sociali a lungo termine e costringe i governi e le aziende a estinguere gli incendi acuti.
2027 - Viene rivelato un massiccio caso di abuso di dati che coinvolge il gigante della tecnologia X. Si prevede che la forte concorrenza tra gli operatori BDaaS abbia incentivato X ad abusare dei dati per ottenere una quota di mercato maggiore.
2029 - Dopo anni di attesa, l'UE lancia il suo regolamento GDPR aggiornato. Per molti aspetti, è visto come una delusione, lasciare le responsabilità a parti diverse, ad es. all'interno degli strumenti basati sull'intelligenza artificiale, ancora poco chiari.

L'analisi dei Big Data fa grandi passi in avanti grazie ai progressi nell'intelligenza artificiale (2025-2029)

Le fasi di sviluppo nell'ambito dell'intelligenza artificiale e del machine learning hanno reso l'analisi dei big data molto più economica. Anche se sono emersi usi innovativi in campi specifici, la raccolta dei dati è incoerente a livello sociale. Ma, ad esempio, nei servizi di trasporto, nella logistica e nel settore manifatturiero, ci sono molte attività automatizzate e unità non umane che lavorano in modo indipendente e che utilizzano i big data. I servizi di Big Data a basso costo basati sull'intelligenza artificiale hanno democratizzato il settore imprenditoriale e le piccole e medie imprese hanno la possibilità di crescere in modo significativo. La produzione e l'upscaling dei processi sono più facili che mai. Anche l'industria dell'intrattenimento è tra quelle che utilizzano i servizi Big Data. I sentimenti dei clienti vengono utilizzati come base per le decisioni aziendali principali per ridurre le probabilità di creare contenuti flop. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 47.

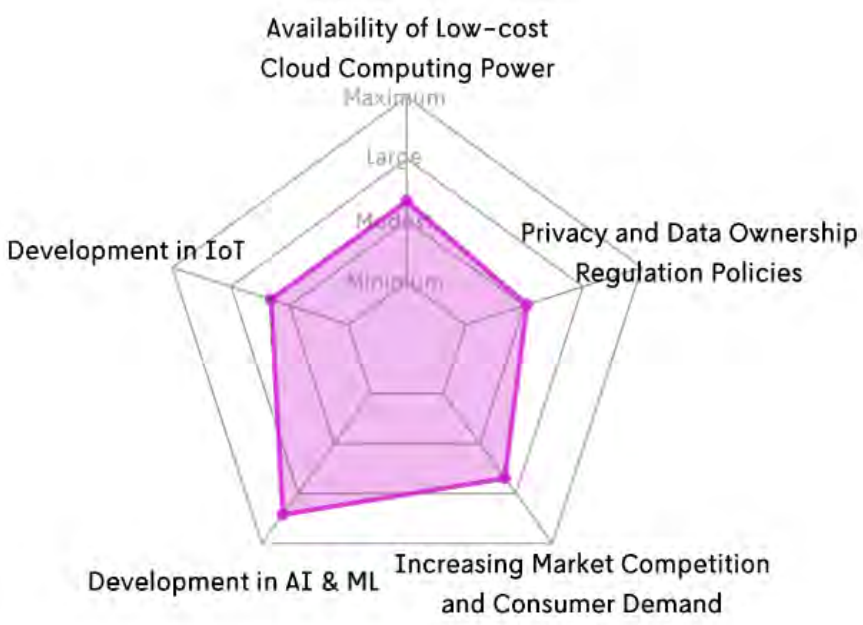


Figura 47. Ruolo dei driver nello scenario 'L'analisi dei Big Data fa grandi passi in avanti grazie ai progressi nell'intelligenza artificiale' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2025 - L'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico fanno passi avanti significativi, aprendo possibilità di soluzioni completamente nuove nell'analisi BD.
2027 - Le emissioni legate ai trasporti diminuiscono notevolmente, anche se il numero di merci e passeggeri raggiunge i massimi storici. L'analisi BD e le nuove operazioni di pianificazione sono i fattori principali.
2029 - Il primo film creato interamente con l'intelligenza artificiale e il massiccio utilizzo dei big data da parte dell'industria cinematografica sta vedendo la sua anteprima.

I servizi Big Data sono scarsi a causa della non condivisione di dati e di problemi di sicurezza (2025-2029)

L'uso dei big data rimane basso a causa della proprietà isolata dei dati e di molti problemi di sicurezza. Esiste una quantità significativa di dati a causa delle fasi di sviluppo dell'IoT, ma le ultime violazioni dei dati all'interno di funzioni di terze parti hanno reso le organizzazioni più attente nell'esternalizzare i propri dati. Le preoccupazioni sono particolarmente elevate tra le PMI. Database irraggiungibili, carenza di esperti specifici nel settore e costi crescenti della sicurezza informatica riducono le possibilità e la volontà di acquistare servizi aggiuntivi, anche se potrebbero essere vantaggiosi a lungo termine. Gli operatori del crimine come servizio utilizzano i big data esistenti, il che produce contromisure che limitano ulteriormente l'uso di dati pubblici e condivisibili. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata dal grafico in Figura 48.

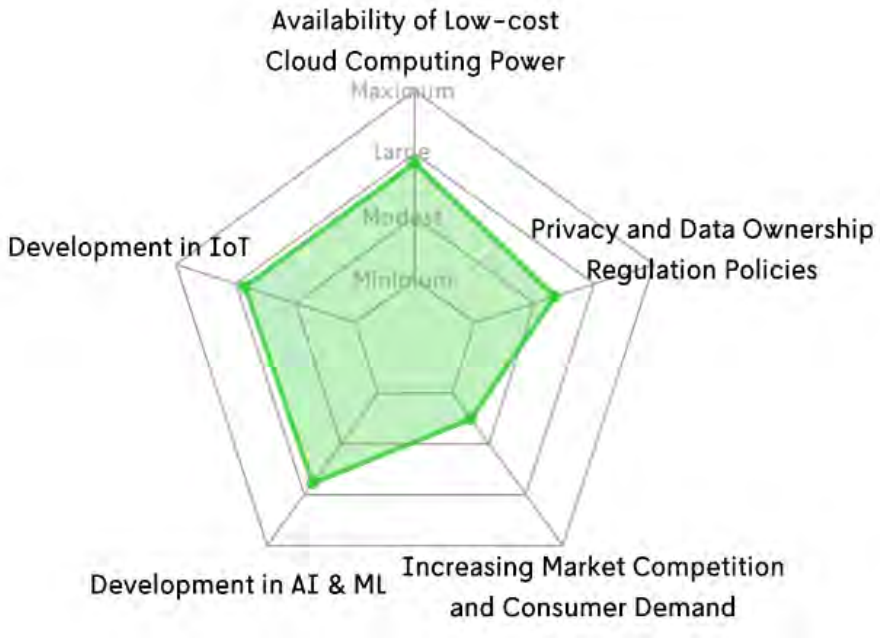


Figura 48. Ruolo dei driver nello scenario 'I servizi Big Data sono scarsi a causa della non condivisione di dati e di problemi di sicurezza' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2025 - Un importante fornitore di servizi dati operante a livello globale viene violato. La domanda di servizi BD diminuisce in modo significativo.

2027 - Nel settore bancario sorgono gravi problemi legati alla scatola nera, che impediscono transazioni internazionali vitali. Diversi fornitori BDaaS che utilizzano l'intelligenza artificiale finiscono per perdere reputazione e clienti.

2029 - Vengono rivelati usi criminali di enormi quantità di dati sanitari. Diventa chiaro che i dati sono stati raccolti tramite connessioni wireless, essendo i dispositivi personali dipendenti dall'IoT la principale fonte di dati.

Il futuro del Data Center: 6 scenari tra il 2025 e il 2040

In questa sezione riassumiamo sei scenari sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito all'evoluzione dei Data Center tra il 2025 e il 2040.

Sono tre coppie di scenari, la prima incentrata sulla localizzazione dei Data Center (nello spazio[31] o tradizionali), la seconda sulla sostenibilità degli stessi e la terza sulle caratteristiche tecniche dei nuovi Data Center.

Per la realizzazione del primo set di scenari, vengono considerati i seguenti assi di incertezza (driver): Domanda di archiviazione dati; Attacchi informatici; Sviluppo dell'esplorazione spaziale; Domanda di data center più ecologici; Sviluppo di Data Center esenti da manutenzione.

Per il secondo set, invece, i driver sono: Aumento della consapevolezza su temi ambientali; Varie innovazioni di prodotto come l'uso di materiali da costruzione a basse emissioni; Roadmap per raggiungere le emissioni nette zero nei prossimi decenni; Requisiti crescenti per sistemi informatici efficienti dal punto di vista energetico; Domanda globale di dati.

Per il terzo set: Sviluppo di nuove tecnologie come AI, IoT e 5G; Crescita dei servizi basati su cloud; Sviluppo dell'Edge Computing; Adozione delle energie rinnovabili nel mercato dei data center.

I Data Center nello spazio come standard

Le operazioni del Data Center migrano dalla Terra allo spazio. Nei prossimi anni lo spazio diventerà l'ultima frontiera per il settore dei data center. I data center nello spazio diventano la norma per proteggere i dati da attacchi informatici intensificati e disastri naturali, come terremoti ed eruzioni solari.

Inoltre, poiché il cambiamento climatico aggrava la crisi idrica globale in corso, lo spazio diventa un ambiente ottimale per il raffreddamento delle apparecchiature senza utilizzare milioni di litri d'acqua. Con l'accelerazione

[31] Con aziende, individui e macchine in continua evoluzione che generano quantità esponenziali di dati, i data center più scalabili, sicuri e più ecologici sono molto richiesti. Inoltre, con l'avanzare dell'esplorazione spaziale, compresa la colonizzazione di Marte e della Luna, sarà sempre più necessaria la processione dei dati a latenza ultra-bassa nello spazio. Sebbene la maggior parte dei progetti di data center spaziali siano ancora nelle fasi iniziali di Proof of Concept, portare le infrastrutture dei data center nello spazio sta emergendo come la prossima grande opportunità di business. LyteLoop è una delle aziende che tenta di lanciare un data center nello spazio. L'azienda sta sviluppando una tecnologia per archiviare dati sui fotoni (luce) che si sposterebbero costantemente in un circuito tra i satelliti. In questo modo, i dati vengono anche archiviati in modo più sicuro poiché risiedono nello spazio. Inoltre, è più rispettoso dell'ambiente poiché l'energia solare può alimentare il data center e il vuoto freddo dello spazio non richiede tonnellate di acqua per raffreddare le apparecchiature. I clienti target principali saranno le organizzazioni che necessitano di archiviare grandi quantità di dati molto sensibili. Sebbene LyteLoop si concentri sulla costruzione di centri di archiviazione dati nello spazio, esiste anche il potenziale per sviluppare servizi completi di data center collocando i server nello spazio. Pertanto, LyteLoop e molte altre società, come la giapponese NTT, stanno pianificando di lanciare data center spaziali con capacità di elaborazione dati.

dell'industrializzazione spaziale, molteplici progetti facilitano la realizzazione di data center sulla Luna e su Marte. Pertanto, in futuro lo spazio sarà pieno di data center, facilitando comunicazioni ad altissima velocità e ad alta sicurezza tra la Terra e lo spazio.

Un possibile percorso di realizzazione dello scenario è il seguente:

- 2025: I data center nello spazio diventano un business in forte crescita.
- 2028: Le agenzie spaziali iniziano a sviluppare una base a lungo termine sulla Luna.
- 2032: A causa della crisi idrica globale, l'espansione dei data center nelle zone colpite dalla siccità si blocca completamente. Sulla Luna viene costruito un data center.
- 2040 I data center nello spazio iniziano a rivoluzionare il tradizionale settore dei data center.

I Data Center tradizionali con base sulla Terra sono ancora dominanti

I data center nello spazio diventano parte di una corsa allo spazio fortemente competitiva, ma non interrompono il dominio dei data center basati sulla Terra. Le industrie dei data center si concentrano sulla costruzione di nuovi data center basati sulla Terra per soddisfare la crescente necessità di archiviazione dei dati. Inoltre, gli operatori dei data center basati sulla Terra apportano continui miglioramenti all'efficienza energetica e massimizzano l'uso delle energie rinnovabili. Pertanto, i data center tradizionali continuano a dominare.

Nel frattempo, a causa della crescente domanda di misure di sicurezza informatica, i data center spaziali soddisfano le esigenze di alcune grandi organizzazioni pubbliche e private di archiviare dati estremamente sensibili. Iniziano anche a raccogliere grandi quantità di dati, ad esempio, da aree remote della Terra e da veicoli autonomi e ad elaborarli nello spazio, contribuendo all'espansione del business spaziale.

Un possibile percorso di realizzazione dello scenario è il seguente:

- 2026: Sempre più aziende lanciano progetti per portare i data center nello spazio. D'altro canto, continua l'espansione dei data center basati sulla Terra.
- 2028: Le grandi organizzazioni iniziano a prendere in considerazione l'archiviazione dei propri dati nello spazio per motivi di sicurezza o privacy.
- 2032: I data center terrestri sono dotati di infrastrutture efficienti dal punto di vista energetico e utilizzano fonti di energia rinnovabile a bassissimo costo.
- 2040: I data center nello spazio servono principalmente allo scopo di elaborare e archiviare dati estremamente sensibili e inviano dati cruciali sulla Terra. I data center terrestri rimangono dominanti in molti settori.

Importanti progressi verso Data Center a emissioni zero

Nei prossimi decenni, la maggior parte dei data center globali sarà gestita con elettricità rinnovabile al 100%, con elevata efficienza energetica ed emissioni di carbonio molto basse. I paesi e le aziende compiono sforzi incessanti per dimezzare le emissioni nel settore digitale e IT e aumentare l'efficienza energetica con le energie rinnovabili attraverso varie innovazioni di prodotto.

Qualsiasi alimentazione della rete elettrica utilizzata dai data center emette una minuscola quantità di anidride carbonica. Inoltre, la crescente consapevolezza ambientale a livello globale spinge i governi e le aziende a stabilire tabelle di marcia più concrete e trasparenti per raggiungere l'obiettivo di zero emissioni nette.

Un possibile percorso di realizzazione dello scenario è il seguente:

- 2025: La crescente consapevolezza ambientale in tutto il mondo spinge verso roadmap e linee guida più concrete e trasparenti per i data center verdi.
- 2026: Molti paesi e aziende sono sulla buona strada per dimezzare le emissioni del settore digitale e IT.
- 2030: La maggior parte dei data center globali è gestita con elettricità rinnovabile al 100% con elevata efficienza energetica ed emissioni di carbonio molto basse.

Differenze regionali nell'espansione dei data center a emissioni zero

Il mercato dei data center verdi continua ad espandersi, mentre il grado di successo nella decarbonizzazione dei data center varia da regione a regione. Ad esempio, i paesi nordici attraggono le più grandi aziende tecnologiche del mondo per espandere i propri data center nella regione, sfruttando la loro ampia ed economica energia rinnovabile, nonché il clima freddo della regione. La regione sviluppa inoltre standard chiari per i data center verdi.

D'altra parte, non è chiaro se la maggior parte dei data center riuscirà a raggiungere l'obiettivo di zero emissioni nette nei prossimi decenni, dati gli obiettivi troppo ambiziosi e le vaghe road map stabilite da diverse aziende e governi. Pertanto, sebbene il mondo si stia orientando sempre più verso data center più ecologici, l'espansione globale dei data center a emissioni zero deve affrontare ostacoli.

Un possibile percorso di realizzazione dello scenario è il seguente:

- 2025: Con l'aumento vertiginoso dell'uso di Internet, la costruzione di data center si espande, soprattutto nelle regioni che offrono elettricità verde ed economica.
- 2026: I paesi nordici attirano un investimento annuo di 4,3 miliardi di euro per la costruzione di data center.
- 2030: A causa di obiettivi troppo ambiziosi e di road map ambigue per le emissioni nette zero, alcuni paesi e aziende decarbonizzano in modo significativo i data center mentre altri falliscono.

Aumento di Data Center edge più piccoli e diffusi

Mentre i data center su vasta scala continuano a registrare una rapida crescita, i data center più piccoli e ampiamente distribuiti, dove l'edge computing può essere ospitato più vicino alle popolazioni che servono, guadagnano popolarità tra più settori per soddisfare le richieste future. Una parte più ampia del paesaggio suburbano e rurale di tutto il mondo ospita data center su larga scala, offrendo terra ed energia a basso costo.

D'altra parte, alcuni settori, come i negozi al dettaglio e le società logistiche, iniziano a costruire piccoli data center all'interno delle strutture esistenti, essendo riluttanti a dare ulteriore capitale agli attori dirompenti del cloud, ad es. Servizi Web di Amazon. Le richieste di data center edge più piccoli provengono da vari settori come quello dei giochi, delle fabbriche intelligenti, dell'energia e dei trasporti, compresi i veicoli a guida autonoma.

Una possibile traiettoria di sviluppo è la seguente:

- 2025: I data center iperscalabili crescono rapidamente con i maggiori investimenti nei servizi cloud pubblici.

- 2030: Con l'adozione diffusa del 5G e la crescente domanda di dati in tempo reale, diventano ampiamente disponibili data center edge più piccoli e ampiamente distribuiti.
- 2032: Sebbene gli hyperscaler siano ancora ben posizionati, alcuni settori, come quello della vendita al dettaglio e della logistica, iniziano a costruire piccoli data center edge all'interno delle proprie strutture.

I Data Center hyperscaler sfruttano le soluzioni di edge computing

I data center iperscalabili crescono in modo integrato e scalabile e favoriscono l'espansione dell'edge. Gli hyperscaler come Google, Amazon e Microsoft continuano ad avere un vantaggio competitivo grazie alla domanda alle stelle di archiviazione dei dati. Inoltre, sono ben posizionati in termini di sostenibilità ambientale poiché promuovono l'uso di energie rinnovabili.

Man mano che le nuove tecnologie come 5G, AI e IoT diventano sempre più diffuse, l'infrastruttura di storage e di elaborazione degli hyperscaler sarà posizionata il più vicino possibile agli utenti finali per fornire connettività a latenza estremamente bassa. In questo scenario, gli hyperscaler continueranno a migliorare livelli più elevati di capacità di calcolo.

Una possibile traiettoria di sviluppo è la seguente:

- 2025: I data center iperscalabili gestiti dai principali fornitori di servizi cloud continuano a crescere con la domanda alle stelle di archiviazione dei dati.
- 2028: I data center iperscala gestiti dai principali fornitori di servizi cloud ottengono un vantaggio competitivo in termini di sostenibilità ambientale promettendo un maggiore utilizzo di energia rinnovabile.
- 2030: Le nuove tecnologie come le auto autonome richiedono una latenza estremamente bassa per avvicinare i servizi ai clienti finali.
- 2032: I mutevoli requisiti per servizi fluidi, veloci e scalabili spingono gli hyperscaler a trarre vantaggio dal mercato dell'edge computing.

Il futuro della Platform Economy: 4 scenari tra il 2025 e il 2030

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito all'evoluzione della Platform Economy tra 2025 e il 2030.

Per Platform Economy si intende un modello economico che si basa sull'intermediazione di transazioni tra due o più gruppi di utenti attraverso una piattaforma digitale. Queste piattaforme fungono da intermediari tra domanda e offerta, consentendo agli utenti di accedere a una vasta gamma di beni, servizi o informazioni in modo efficiente e conveniente. Questa forma di economia è indubbiamente in ascesa, a fronte dell'aumento previsto degli individui che acquisteranno online beni e servizi (si veda il grafico in Figura 49).

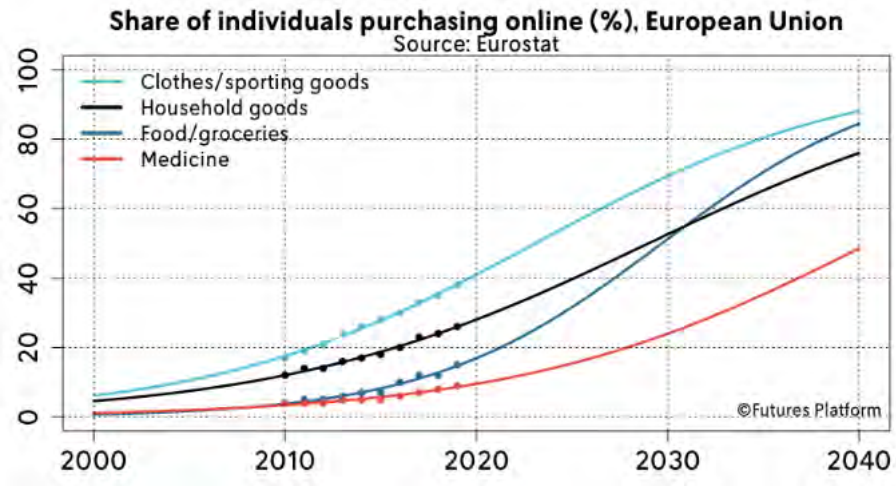
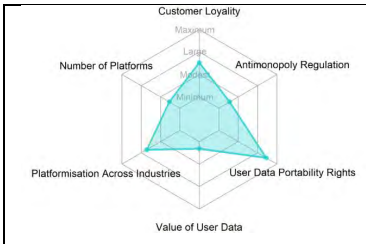


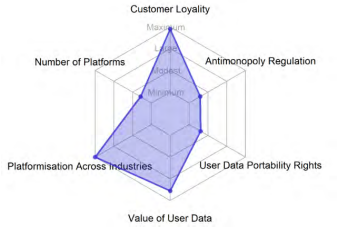
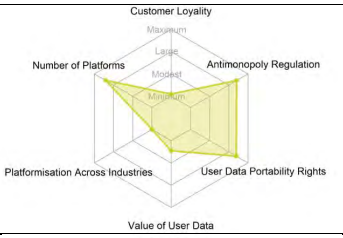
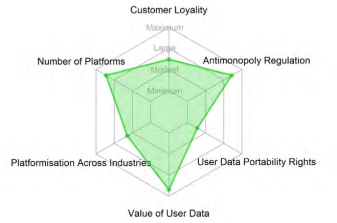
Figura 49. Percentuale di individui nell'Unione Europea che acquisterà online (credits: Futures Platform)

Come evolverà però il futuro della Platform Economy? Che ruolo avranno i diversi attori dell'ecosistema? Da quali fattori saranno trainati questi futuri? Per rispondere a queste domande, gli scenari realizzati considerano i seguenti driver: Diritti di portabilità dei dati dell'utente; "Platformizzazione" in tutti i settori; Fedeltà del cliente; Numero di piattaforme; Regolamento antimonopolio; Valore dei dati degli utenti.

Nelle sezioni seguenti si dettagliano gli scenari con le traiettorie di sviluppo ma in Tabella 5 desideriamo offrirne sin d'ora una sintetica panoramica.

Tabella 5. Sintesi di 4 scenari per la platform economy tra il 2025 e il 2030

	Le crescenti richieste di diritti sui dati degli utenti, compreso il divieto di utilizzare e vendere i dati degli utenti e i diritti di portabilità dei dati per i singoli utenti, si traducono in modi innovativi per le piattaforme di migliorare i propri modelli di business. Emergono nuovi ecosistemi di piattaforme di tipo monopolistico che sono in grado di catturare clienti e impedire l'ascesa di nuove piattaforme concorrenti sui mercati.

	I modelli di economia della piattaforma si diffondono attraverso i settori, determinando una maggiore concentrazione del mercato nelle mani di poche grandi aziende tecnologiche, il che danneggia gravemente la concorrenza. Le aziende di tutti i settori abbracciano sempre più il concetto di economia delle piattaforme e iniziano a ristrutturare i propri modelli di business in base alla crescente economia delle piattaforme. Di conseguenza, avere una presa sui clienti diventa sempre più importante.
	Le misure antimonopolio e i diritti di portabilità dei dati vengono implementati per impedire a un piccolo numero di piattaforme di stabilire posizioni dominanti sul mercato e per garantire che i consumatori abbiano accesso a un'ampia gamma di scelte.
	I lobbisti delle grandi tecnologie sono in grado di convincere i politici della necessità di creare un ambiente normativo più liberale per l'utilizzo dei dati degli utenti. Questa richiesta viene approvata, ma i politici non vogliono dare un vantaggio troppo grande alle grandi aziende tecnologiche quindi approvano forti norme antimonopolio per compensare la situazione. Di conseguenza, il numero di piattaforme sul mercato cresce, non vengono richiesti costi di licenza ai consumatori e la vendita dei dati privati degli utenti a terzi diventa la nuova normalità.

Emergono nuovi ecosistemi di valore e i loro forti effetti di rete mantengono i consumatori sulle loro piattaforme e limitano la concorrenza

Man mano che i consumatori diventano più consapevoli dei loro diritti sulla privacy dei dati, del valore dei loro dati personali e dei loro diritti sulla portabilità dei dati, essi chiedono un maggiore controllo sul modo in cui i loro dati vengono utilizzati e condivisi. Ciò è fortemente sostenuto da politici e autorità. Ha un impatto significativo sullo sviluppo dell'economia delle piattaforme, poiché costringe le piattaforme a essere più trasparenti riguardo alle loro pratiche relative ai dati e porta alla creazione di nuove normative per proteggere i dati degli utenti. Nonostante ciò, la diffusione dei modelli di business basati su piattaforma continua in tutti i settori, con sempre più aziende che adottano strategie basate su piattaforma per connettersi con clienti e partner.

Cominciano ad emergere nuovi ecosistemi complessi di valore che si estendono oltre i confini delle singole aziende. La fidelizzazione dei clienti diventa sempre più importante per le società di piattaforme poiché mirano a fidelizzare la propria base di utenti. Per favorire la fidelizzazione, le società di piattaforme investono molto nella creazione di esperienze fluide, personalizzate, convenienti e affidabili per i propri clienti per soddisfare le loro esigenze all'interno delle varie piattaforme fortemente interconnesse. Ciò porta a un vantaggio competitivo per quegli ecosistemi di piattaforme, poiché sono in grado di trattenere una quota maggiore di clienti, il che si traduce in pochi attori dominanti che sono in grado di acquisire una quota di mercato significativa. Di conseguenza, i nuovi ecosistemi di piattaforme diventano più simili a monopoli e sono in grado di mantenere i clienti sotto il proprio ombrello, addebitare tariffe mensili ai clienti e impedire l'ascesa di nuove piattaforme concorrenti sui mercati.

In Figura 50 vengono rappresentati i driver di questo scenario.

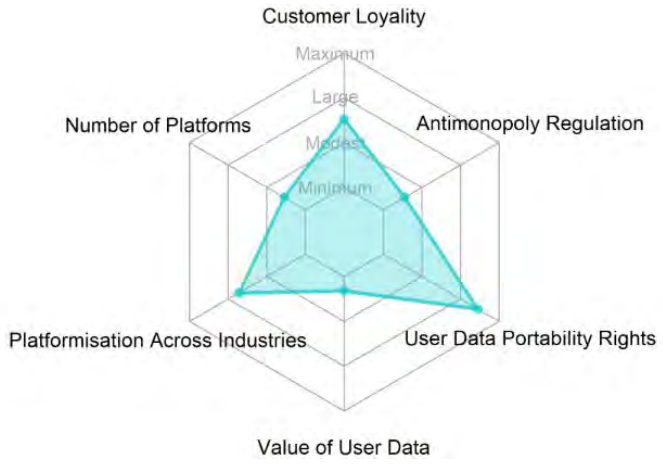


Figura 50. Intensità dei driver nello scenario 'Emergono nuovi ecosistemi di valore e i loro forti effetti di rete mantengono i consumatori sulle loro piattaforme e limitano la concorrenza' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo è la seguente:

- 2025: Il concetto di economia della piattaforma inizia a diffondersi in tutti i settori, poiché le aziende abbracciano il modello della piattaforma e ristrutturano i propri modelli di business per servire meglio i propri clienti e acquisire valore. Con l'intensificarsi della concorrenza tra le imprese, la fedeltà dei clienti diventa sempre più importante.

- 2026: I movimenti per i diritti dei dati sorgono per chiedere una maggiore privacy dei dati e una regolamentazione sulla proprietà dei dati.
- 2027: L'UE è la prima a introdurre controlli rigorosi sui dati degli utenti. Ciò include l'implementazione di rigide politiche sulla privacy e la creazione di solide misure di sicurezza per salvaguardare i dati degli utenti. Le piattaforme sono praticamente incapaci di utilizzare i dati nelle loro operazioni.
- 2030: In assenza di alternative praticabili, i forti effetti di rete dell'ecosistema del valore mantengono i consumatori sulle piattaforme anche se i clienti devono pagare alcuni canoni di licenza. La struttura monopolistica del mercato aumenta in modo dannoso il potere delle piattaforme. Gli ecosistemi della piattaforma rispettano le leggi sulla privacy ma trovano altri metodi per migliorare i prezzi e la fidelizzazione dei clienti.

Le Big Tech detengono il monopolio sulla Platform Economy

Per favorire la fidelizzazione dei clienti, le aziende investono molto nella creazione di esperienze di piattaforma fluide e personalizzate per i propri clienti in tutti i punti di contatto. Ciò include l'utilizzo dei dati degli utenti per comprendere meglio le preferenze e il comportamento dei clienti mentre si utilizzano queste informazioni per personalizzare prodotti e servizi in base alle esigenze individuali. Tuttavia, l'aumento della popolarità dei modelli di piattaforma riduce la concorrenza in molti settori.

La regolamentazione non riesce ad agire preventivamente e la piattaforma continua a diffondersi in tutti i settori, con sempre più aziende che adottano modelli di business basati su piattaforma. Man mano che il valore dei dati degli utenti diventa sempre più chiaro, anche le aziende iniziano a concentrarsi sulla protezione e sulla monetizzazione di questo bene prezioso. Ciò include l'implementazione di rigide politiche sulla privacy e la creazione di solide misure di sicurezza per salvaguardare i dati degli utenti che stanno raccogliendo, nonché lo sviluppo di nuovi modi per utilizzare questi dati per generare entrate.

Molti settori iniziano sempre più ad essere dominati da enormi giganti della tecnologia che sanno come utilizzare al meglio i dati per mantenere i clienti sulle loro piattaforme. I giganti della tecnologia acquistano piccoli attori fuori dai mercati oppure le aziende più piccole uniscono i loro servizi in ecosistemi più grandi per ottenere ulteriore leva dalle dimensioni e dalla copertura. Questi grandi ecosistemi tecnologici sono sostanzialmente vicini a diventare monopoli.

L'intensità dei driver utilizzati nello scenario è raffigurata in Figura 51.

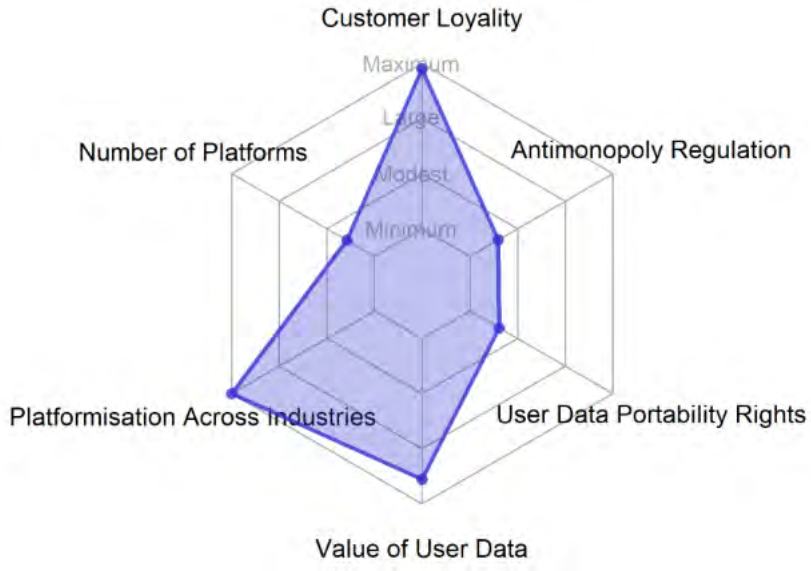


Figura 51. Intensità dei driver nello scenario 'Le Big Tech detengono il monopolio sulla Platform Economy' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è la seguente:

- 2025: La concentrazione del mercato è in aumento a causa delle grandi piattaforme che attirano i clienti e li vincolano con i programmi cliente.
- 2027: L'utilizzo dei dati degli utenti per comprendere le preferenze dei clienti e personalizzare prodotti e servizi diventa una parte fondamentale delle strategie di molte nuove imprese. Le aziende iniziano a

introdurre modelli di prezzo discriminatori e raggruppamenti con l'aiuto di calcoli meticolosi. L'aumento di tali comportamenti riduce la concorrenza in alcuni settori e porta in media a prezzi più alti; alcuni consumatori stanno meglio e altri peggio.

- 2028: La regolamentazione fatica a tenere il passo con la rapida crescita dell'economia delle piattaforme, e gli sforzi per migliorare la sicurezza dei dati sono sminuiti mentre le società che producono piattaforme esercitano con successo pressioni contro l'implementazione dei diritti di portabilità dei dati degli utenti, sostenendo che tali misure minerebbero la loro capacità di innovare e competere.
- 2030: I giganti della tecnologia acquistano piccoli operatori di piattaforme fuori dai mercati o adottano i loro servizi in ecosistemi più ampi, sfruttando la loro esperienza nella gestione dei dati per dominare molti nuovi settori e mantenere una forte posizione di mercato.
- 2034: L'economia delle piattaforme continua a crescere, con una manciata di aziende che dominano il panorama del business delle piattaforme. La mancanza di una regolamentazione efficace sul comportamento monopolistico significa che la concorrenza in molti settori rimane limitata, portando così a pochi fornitori alternativi e a prezzi più alti per tutti i consumatori. leva extra dalle dimensioni e dalla copertura. Questi grandi ecosistemi tecnologici sono sostanzialmente vicini a diventare monopoli.

La regolamentazione dell'economia delle piattaforme si traduce in una maggiore concorrenza tra le piattaforme, in offerte più diversificate e innovative e in prezzi più bassi per i consumatori

Le preoccupazioni sul potere delle grandi società di piattaforme portano a una maggiore regolamentazione che aumenta l'apertura delle piattaforme, la concorrenza e protegge i consumatori. I diritti sui dati degli utenti vengono applicati per ridurre le capacità delle piattaforme di sfruttare i dati, vendere i dati privati degli utenti a terzi e le loro possibilità di vincolare i clienti alle loro piattaforme.

Due aspetti chiave di questo contesto normativo sono l'introduzione dei diritti di portabilità dei dati degli utenti, che consentono ai consumatori di trasferire facilmente i propri dati da una piattaforma all'altra, e il divieto totale di utilizzare i dati degli utenti senza un chiaro consenso. In questo modo le piattaforme diventano più trasparenti, non vincolanti e possono essere utilizzate in sicurezza senza passare attraverso canali ufficiali e senza timore di violazioni dei dati. Come risultato di queste misure normative, il numero di piattaforme aumenta in modo significativo con l'ingresso nel mercato di molti attori nuovi e più piccoli. Questa maggiore concorrenza porta a offerte più diversificate e innovative, a una minore fedeltà dei clienti per particolari piattaforme e a prezzi più bassi per i consumatori.

L'intensità dei driver nello scenario considerato è rappresentata in Figura 52.

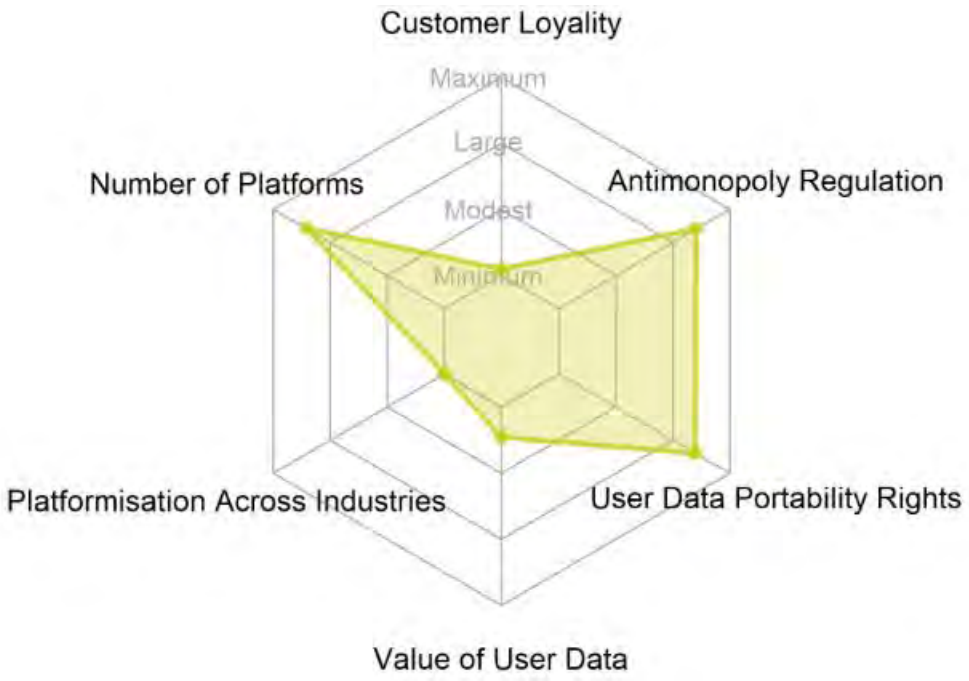


Figura 52. Ruolo dei driver nello scenario 'La regolamentazione dell'economia delle piattaforme si traduce in una maggiore concorrenza tra le piattaforme, in offerte più diversificate e in prezzi più bassi per i consumatori' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo per questo scenario è:

- 2026: Le preoccupazioni circa il potere delle grandi società di piattaforme continuano a crescere, portando a maggiori richieste di regolamentazione.

- 2027: I governi di tutto il mondo iniziano ad attuare misure antimonopolio per promuovere la concorrenza e prevenire la formazione di posizioni di mercato eccessivamente dominanti.
- 2028: L'introduzione dei diritti sulla portabilità dei dati porta ad un aumento del numero di piattaforme sul mercato, poiché sulla scena entrano in scena molti attori nuovi e più piccoli. Ciò consente ai consumatori di passare da una piattaforma all'altra e incoraggia la concorrenza tra le società di piattaforme.
- 2029: Il contesto normativo continua ad evolversi, concentrandosi sulla protezione dei consumatori e sulla promozione della concorrenza tra le società di piattaforme. La maggiore concorrenza porta a offerte più diversificate e innovative per i consumatori, nonché a prezzi più bassi.

La raccolta, l'utilizzo e la vendita dei dati degli utenti a terze parti diventano il nuovo standard come modello di business

Una maggiore regolamentazione in risposta alle preoccupazioni sul potere delle grandi società di piattaforme promuove modalità alternative di creazione di valore. Il nuovo contesto normativo, che comprende forti norme antimonopolio ma norme molto liberali sull'utilizzo dei dati degli utenti, incoraggia la proliferazione delle piattaforme, con l'ingresso nel mercato di molti attori nuovi e più piccoli. Allo stesso tempo, il valore dei dati degli utenti diventa sempre più evidente e le aziende si concentrano sulla loro protezione e monetizzazione. Di conseguenza, le tariffe per l'utilizzo della piattaforma vengono ridotte e la freenomics avanza. A causa del nuovo indebolimento dei diritti sui dati in tutto il mondo, le aziende diventano legalmente autorizzate a raccogliere, elaborare e vendere i dati loro affidati a terzi, come nel caso Facebook-Cambridge Analytica degli anni 2010. In quel caso si è scoperto che Facebook (Meta) aveva venduto i dati raccolti riguardanti le preoccupazioni più urgenti, i tipi di personalità e le opinioni politiche di fino a 87 milioni di utenti di Facebook a terzi che li usavano per manipolare le elezioni in tutto il mondo. Questo nuovo diritto incoraggia vari nuovi attori a entrare in questo mercato emergente e a trovare modi innovativi per utilizzare i dati dei consumatori. Dal punto di vista degli utenti dei servizi e dei cittadini, questa nuova tendenza significa sostanzialmente la totale perdita della privacy e continui tentativi di influenza e truffa a tutto tondo.

Esistono essenzialmente tre tipi di società nel settore delle piattaforme. Coloro che utilizzano i dati degli utenti per migliorare i propri servizi e adattarli meglio alle esigenze individuali, ma che vendono anche i dati ad altre società che eseguono l'elaborazione e la profilazione dei dati. E poi ci sono le aziende che effettivamente commettono truffe, danni dolosi e influenza politica. Tuttavia, in questo caso non tutti i settori sono simili. In alcuni settori, le aziende sono in generale più resistenti all'adozione di strategie basate su piattaforme e i vantaggi della piattaforma non sono diffusi, creando così enormi divari di valore tra i settori per quanto riguarda i vantaggi delle piattaforme.

L'intensità dei driver considerati in questo scenario è riportata in Figura 53.

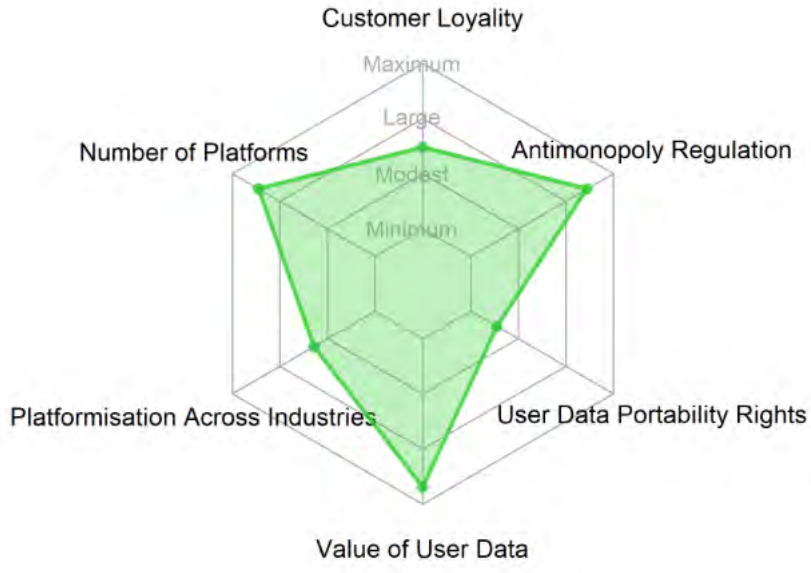


Figura 53. Ruolo dei driver per lo scenario 'La raccolta, l'utilizzo e la vendita dei dati degli utenti a terze parti diventano il nuovo standard come modello di business' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo è la seguente:

- 2025: I lobbisti delle grandi tecnologie sono in grado di convincere i politici della necessità di creare un ambiente normativo più liberale per l'utilizzo dei dati degli utenti.
- 2026: Le prime preoccupazioni di comportamenti anticoncorrenziali inducono i governi a introdurre nuove e forti norme antimonopolio. Le grandi piattaforme si stanno disgregando, riducendo così qualsiasi possibilità di sfruttare i dati per vincolare i clienti.
- 2027: L'economia delle piattaforme è caratterizzata da un elevato grado di concorrenza e innovazione. Ciò porta all'emergere di nuovi attori e allo sconvolgimento dei modelli di business esistenti. Le nuove pratiche sono guidate dai profitti ottenuti dallo sviluppo di nuovi modi di utilizzare i dati per generare entrate.
- 2028: Il crescente valore dei dati e i profitti che si ottengono raccogliendoli, utilizzandoli e vendendoli a terzi portano a un numero crescente di società di piattaforme. Inizialmente c'è l'intenzione di competere sui diritti sui dati. Tuttavia, i consumatori apprezzano i prezzi bassi dell'utilizzo della piattaforma piuttosto che l'etica dei dati.
- 2030: I dati degli utenti vengono effettivamente diffusi su Internet. L'utilizzo di algoritmi e intelligenza artificiale per truffare, manipolare e danneggiare gli esseri umani o influenzare il loro comportamento di voto diventa la nuova normalità. La fiducia nella società sta soffrendo e i contratti sociali si stanno rompendo.

Salute

Il presente capitolo si propone di esplorare l'evoluzione della medicina contemporanea e di tracciare possibili scenari futuri nel campo della salute, concentrandosi su due ambiti fondamentali: la medicina di precisione e le terapie digitali.

Attraverso un'analisi che abbraccia il presente e proietta lo sguardo verso il futuro, ci immergeremo in un panorama in continua trasformazione, caratterizzato dall'innovazione tecnologica e dalla crescente attenzione verso approcci personalizzati e digitali alla cura della salute.

Partendo dalla medicina di precisione, esploreremo il ruolo sempre più rilevante delle informazioni genetiche, delle analisi dei dati e delle tecnologie avanzate nell'adattare le terapie e i trattamenti alle specifiche caratteristiche di ciascun individuo. Discuteremo inoltre delle sfide e delle opportunità legate all'implementazione diffusa di tali approcci, inclusi gli aspetti etici, legali e socio-economici.

Successivamente, ci addentreremo nel mondo delle terapie digitali, analizzando come l'integrazione di dispositivi e applicazioni digitali stia trasformando il modo in cui vengono erogati e gestiti i trattamenti medici. Esploreremo le potenzialità delle soluzioni digitali nel monitoraggio della salute, nella gestione delle malattie croniche e nell'ottimizzazione dell'assistenza sanitaria, tenendo conto delle sfide legate alla privacy, alla sicurezza e all'accessibilità.

Attraverso un'esplorazione dei possibili scenari futuri, basati su analisi approfondite e proiezioni degli sviluppi tecnologici e socio-culturali, ci interrogheremo sulle direzioni che potrebbe prendere il futuro degli spazi sanitari e delle cure mediche. Dalla predominanza dell'intelligenza artificiale e della medicina di precisione, fino a un ritorno verso metodi tradizionali centrati sull'individuo, esploreremo le diverse vie che potrebbero definire il futuro del settore sanitario e influenzare il benessere globale.

Medicina di precisione

I progressi tecnologici sono il motivo per cui la ricerca ad alto rendimento sulle molecole biologiche è diventata possibile, più rapida ed economica. Il campo dell'omica sta accelerando a causa degli sviluppi nel campo della biotecnologia, della potenza di calcolo, della raccolta di dati sanitari e dell'intelligenza artificiale, tra molti altri.

L'omica si riferisce a una vasta famiglia di discipline scientifiche e ingegneristiche che stanno espandendo la nostra comprensione olistica degli organismi umani (si veda Figura 54 per una raffigurazione concettuale di diverse discipline omiche, secondo la tassonomia di Dai e Shen[32]). Questi sottocampi della biologia riconoscibili dal suffisso –omica mirano a comprendere la struttura, la funzione e la dinamica dell'intero insieme di molecole che compongono un essere umano. L'omica ha il potenziale per rivoluzionare l'assistenza sanitaria aprendo la strada verso una medicina personalizzata (anche detta medicina di precisione).

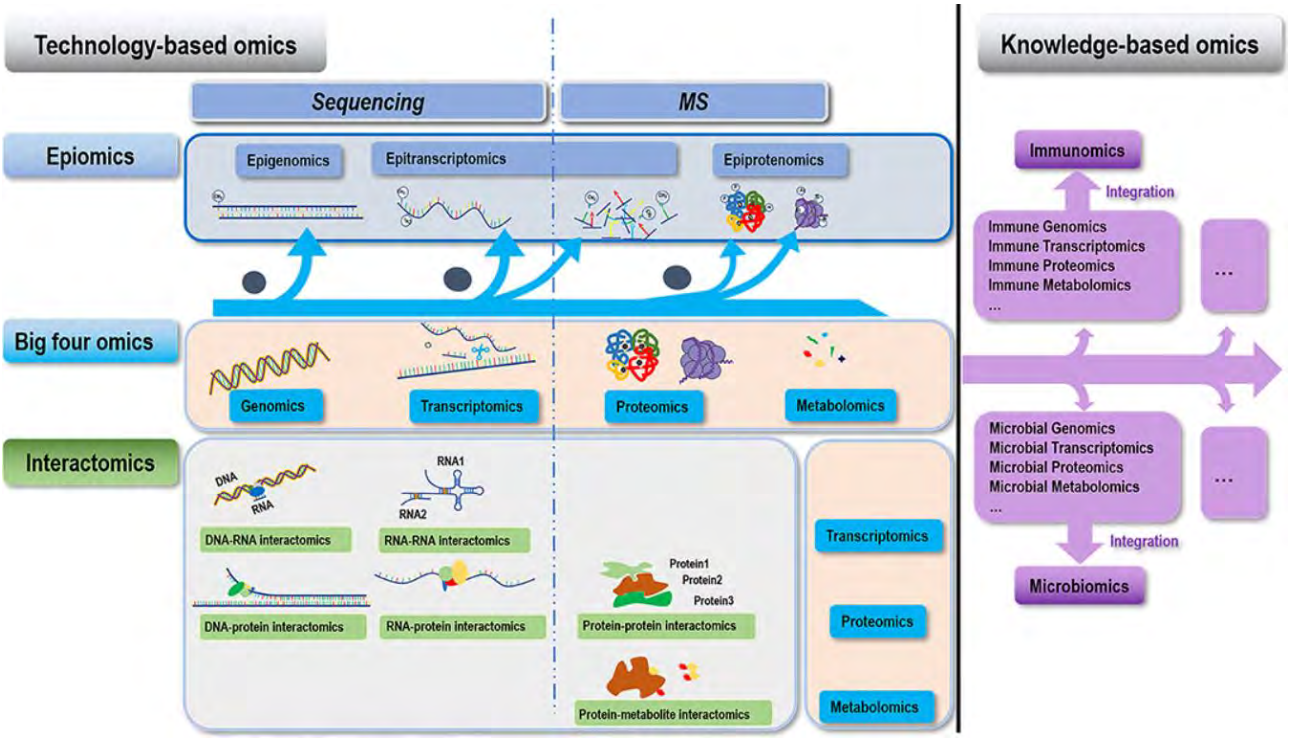


Figura 54. Le discipline omiche (credits: Dai & Shen, 2022)

La prima e più matura disciplina omica è la genomica. Si concentra sullo studio del genoma umano, un insieme completo di DNA, comprese tutte le informazioni genetiche necessarie affinché l'organismo si costruisca e si mantenga. La genomica ha già fornito conoscenze rivoluzionarie identificando varianti genetiche associate a malattie. Ciò ha reso possibile il passaggio alla medicina personalizzata per iniziare a determinare i migliori trattamenti rispondenti per un individuo in base al DNA. Un'altra area che sta diventando possibile è quella della medicina predittiva che mira a comprendere le probabilità di un individuo di contrarre una particolare malattia e creare

[32] https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2022.911861/full

piani per gestirla precocemente. La genomica ha anche consentito lo sviluppo di potenti tecnologie di editing genomico potenzialmente in grado di trattare e prevenire le malattie senza farmaci o interventi chirurgici.

I campi omici si sono già espansi oltre il livello del DNA per fornire diversi tipi di dati omici che possono aiutare a rilevare, trattare e prevenire condizioni di salute indesiderate in modo ancora più preciso. Ad esempio, la trascrittomica si concentra sullo studio delle molecole di RNA responsabili della prima linea di trascrizione delle informazioni genetiche. In altre parole, un'ampia varietà di RNA che agiscono in una cellula possono, ad esempio, riflettere geni espressi attivamente fornendo una nuova comprensione dei geni e dei percorsi associati a diverse condizioni. La proteomica fa un ulteriore passo avanti per studiare tutte le proteine espresse in una cellula, tessuto o organismo che elaborano le informazioni genetiche fornite loro dagli RNA. Il proteoma differisce da cellula a cellula e cambia nel tempo a causa delle interazioni biochimiche con il genoma e l'ambiente. Pertanto, è molto più complicato di un genoma relativamente costante e la sua comprensione fornisce informazioni più dettagliate, ad esempio, per scoprire nuove classi di farmaci o biomarcatori per identificare le malattie. La metabolomica si concentra sulla ricerca di un insieme completo di metaboliti fisicamente e chimicamente più complessi. Il metaboloma è costituito dai prodotti finali dei processi cellulari ed è il più vicino al fenotipo reale di un organismo. È sensibile anche alle più sottili alterazioni dei percorsi biologici, che potrebbero essere utilizzate per fornire istantanee dello stato fisiologico. Pertanto, la profilazione metabolica potrebbe aiutare a determinare in modo più efficiente le influenze ambientali e genetiche sulle malattie e sui trattamenti.

I campi omici sopra menzionati presentano approcci critici alla comprensione della biologia umana, ma esistono diversi sottocampi che hanno obiettivi più specifici per fornire informazioni sugli organismi umani da prospettive diverse e correlate. Ad esempio, la nutrigenomica mira a scoprire la relazione tra genoma umano, nutrizione e salute.

Lo sviluppo dei diversi campi omici combinato con la potenza dell'intelligenza artificiale migliora la capacità di analizzare e comprendere dati biologici complessi. Di conseguenza, gli approcci multi-omici continuano a portare la conoscenza olistica degli organismi umani per creare test e trattamenti futuri ancora migliori per la gestione della salute umana.

I nuovi approcci medici metteranno alla prova la maggior parte delle attuali pratiche cliniche poiché offrono opportunità per combattere le malattie in modi completamente nuovi e potenti. L'editing del genoma è un ottimo esempio che potrebbe essere utilizzato per modificare il materiale genetico anche dei bambini non ancora nati e dei loro discendenti per eliminare del tutto alcune malattie. Un altro esempio di approccio terapeutico potenzialmente rivoluzionario è la medicina rigenerativa, che promette di ripristinare la normale funzione dei tessuti e degli organi danneggiati stimolando il meccanismo di riparazione del corpo per guarirli.

Secondo Markets and Markets[33], il mercato globale della medicina di precisione in termini di ricavi è stato stimato essere del valore di 29,1 miliardi di dollari nel 2023 ed è destinato a raggiungere i 50,2 miliardi di dollari entro il 2028, crescendo a un tasso di crescita annuo composto (CAGR) del 11,5% dal 2023 al 2028 (si veda Figura 55).

[33] https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/precision-medicine-market-215185595.html

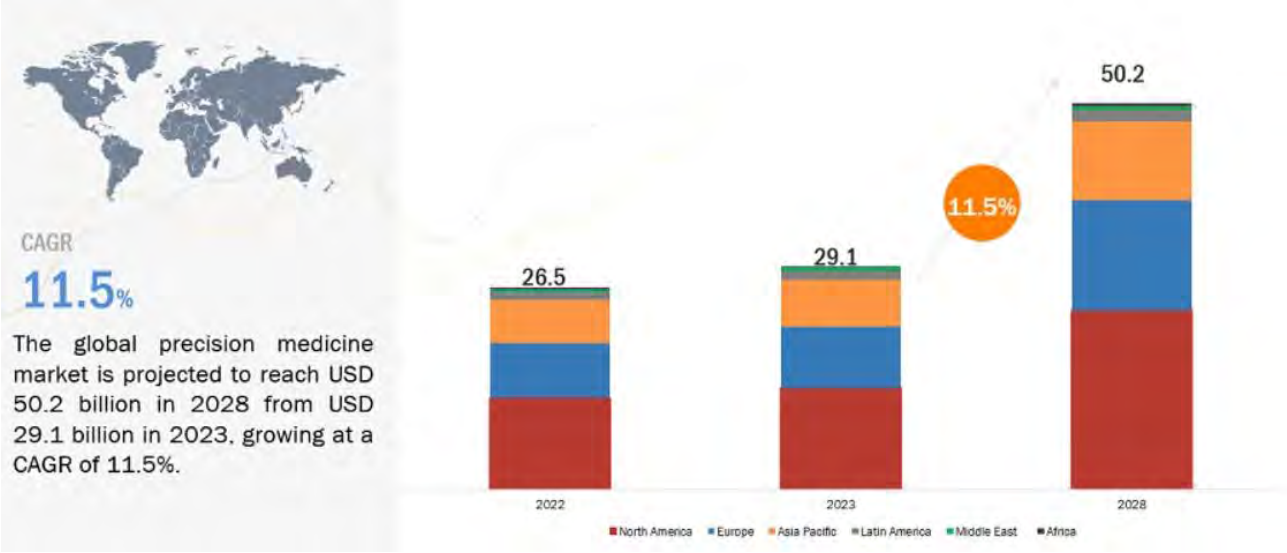


Figura 55. Stima di valore di mercato globale della medicina di precisione al 2028 (credits: Markets and Markets)

La crescita nell'industria della medicina di precisione è attualmente concentrata sulla ricerca genomica che sta crescendo costantemente. Questo è principalmente dovuto alla realizzazione del potenziale che le terapie mirate geneticamente rappresentano. Ciò sta facilitando l'adozione sempre maggiore della medicina di precisione. Inoltre, i test genetici e i test diagnostici correlati stanno vedendo anch'essi una crescita. Questi fattori, insieme all'aumento delle approvazioni per i farmaci personalizzati da parte di organismi regolatori di spicco, stanno sostenendo la crescita di questo mercato.

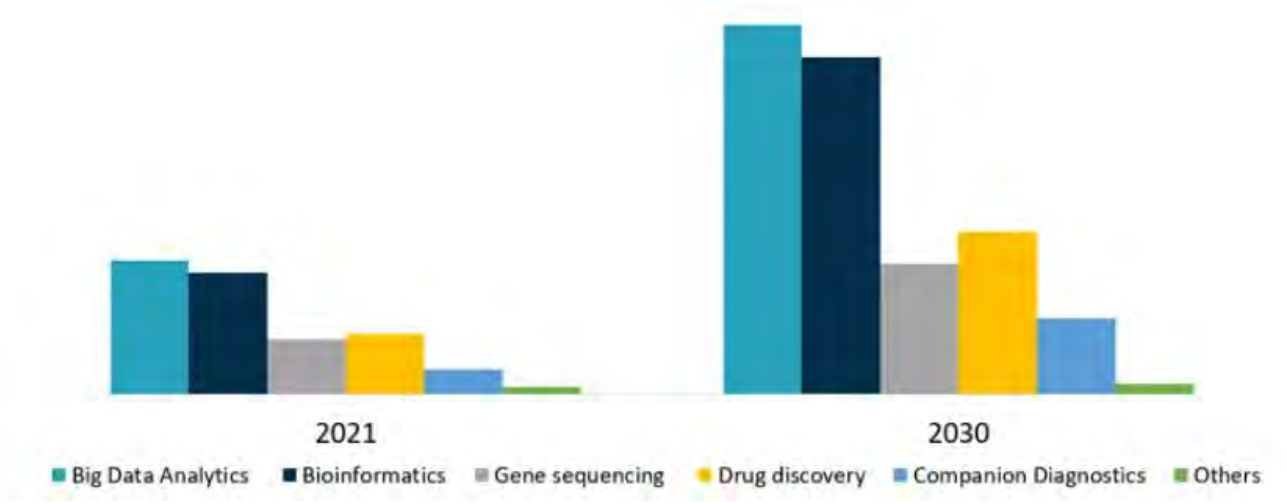


Figura 56. I segmenti tecnologici alla base della medicina di precisione e loro evoluzione al 2030 (credits: Emergen Research)

Sulla base delle tecnologie abilitanti il settore della medicina di precisione, il mercato può essere segmentato in: Analisi di big data; Bioinformatica; Sequenziamento genetico; Progettazione di nuovi farmaci; Test diagnostici. Secondo Emergen Research[34], il segmento che costituisce il fattore principale di abilitazione di applicazioni di

[34] https://www.emergenresearch.com/industry-report/precision-medicine-market

medicina di precisione è quello delle Big Data Anlaytics (si veda Figura 56). Ciò non sorprende, in quanto è proprio sull'analisi dei dati omici che si basa l'applicazione di tecniche di Intelligenza Artificiale che sfruttano, tra gli altri, il supercalcolo.

La mappa di Figura 57 mostra l'impatto dei 10 principali trend della medicina di precisione secondo Startus Insights[35]. Il trend principale include i progressi nella oncologia di precisione, che utilizza terapie mirate basate sulla composizione genetica dei tumori per garantire un trattamento efficace del cancro. Seguono poi la diagnostica molecolare e il profiling molecolare per aiutare i ricercatori ad approfondire la composizione genetica di un individuo, identificando biomarcatori unici che prevedono la suscettibilità alle malattie o guidano le decisioni terapeutiche. Oltre a questo, l'analisi predittiva impiega algoritmi avanzati per prevedere gli esiti dei pazienti con la farmacogenomica che adatta le terapie farmacologiche sulla base della risposta genetica individuale, minimizzando le reazioni avverse. La rinascita della riperimetazione dei farmaci identifica nuovi usi terapeutici per farmaci esistenti, ottimizzandone il potenziale insieme alla farmaceutica molecolare per creare farmaci a livello molecolare. Inoltre, la medicina rigenerativa avanza nell'ingegneria dei tessuti e nelle terapie con cellule staminali per gli organi danneggiati. Infine, la diagnosi delle malattie rare viene semplificata ed accelerata grazie ai test genetici mirati, mentre le innovazioni nella radiomica sfruttano avanzate tecniche di imaging per estrarre informazioni cellulari dettagliate, offrendo una visione più completa delle malattie.

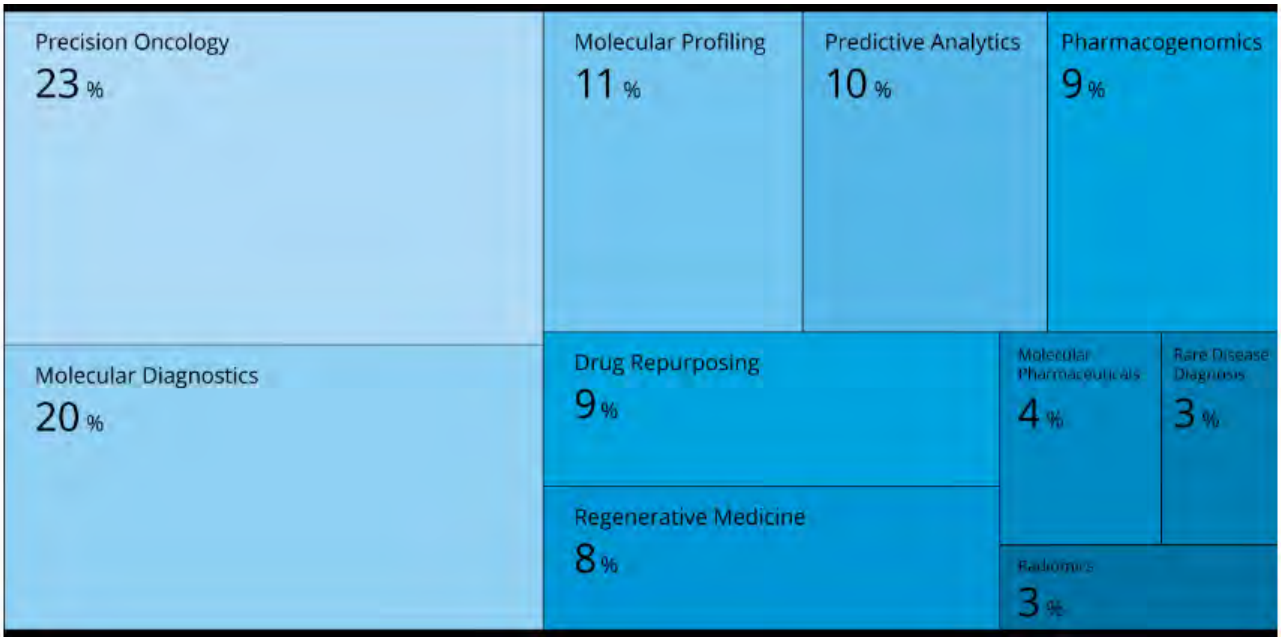


Figura 57. Aree di impatto della medicina di precisione (credits: Startus Insights)

[35] https://www.startus-insights.com/innovators-guide/precision-medicine-trends/

La medicina di precisione è anche uno dei 19 scenari attorno ai quali si è focalizzato BOHEMIA[36], lo studio di foresight strategico, realizzato con una metodologia Delphi, che ha portato alla scrittura del programma Horizon Europe per le linee di finanziamento 2021-2027. Lo riportiamo di seguito.

Lo scenario è ambientato nel 2040. La medicina di precisione ha spiccato il volo. Considerare la variabilità individuale nei geni, nell'ambiente e nello stile di vita di ogni persona consente previsioni accurate su quali trattamenti e strategie di prevenzione funzioneranno meglio. La medicina di precisione non è una nuova idea, ma il suo uso diffuso e la disponibilità di grandi quantità di dati erano stati impediti dalle considerazioni costo/beneficio. Tali considerazioni sono cambiate man mano che la nostra comprensione dei processi biologici è migliorata, la nostra capacità di elaborazione dati è cresciuta e sono state sviluppate nuove tecniche che permettono interventi che prima non erano possibili. Analisi di big data sempre più potenti aiutano a identificare le cause genetiche delle malattie e l'ingegneria genetica sviluppa cure mirate.

La medicina di precisione include l'uso di nuove diagnostica e terapie mirate alle esigenze di un paziente basate sulle sue caratteristiche genetiche, biomarcatori, fenotipiche o psicosociali. In particolare, progressi come la selezione cellulare, l'epigenetica, la proteomica, la metabolomica e altro ancora si stanno convergendo con l'informatica e altre tecnologie, ampliando rapidamente il campo di questa disciplina. Ad esempio, i progressi nella sintesi del DNA e nei metodi di assemblaggio negli ultimi dieci anni hanno reso possibile modificare il DNA o l'RNA e costruire frammenti di dimensioni genomiche da oligonucleotidi. Il cambiamento è lento, tuttavia, e mentre l'epigenetica ha trovato le sue prime applicazioni non mediche relativamente presto, la medicina di precisione che mira al patrimonio genetico individuale del paziente è ancora una procedura rara. La medicina predittiva è sempre più individualizzata.

I continui progressi lasciano pochi dubbi sul fatto che la medicina di precisione continuerà a crescere, ad esempio attraverso la farmacogenomica. Tuttavia, per consentire applicazioni di medicina di precisione su larga scala, la conoscenza dei fenomeni biologici deve essere approfondita. Comprendere e mappare le interazioni tra gli organismi umani e il loro ambiente è ancora un progetto enorme, così come il mappare il microbioma umano e non umano. Sensori e app monitorano un sempre più ampio spettro di tali interazioni. La proprietà dei dati e i regimi di privacy incentivano la condivisione dei dati e consentono progetti con un maggiore accesso a insiemi di informazioni pulite e individualizzate, specialmente per la combinazione di medicina di precisione con medicina predittiva. La medicina di precisione con ingegneria genetica, insieme alla trasformazione dei microbiomi individuali, ha aperto nuove vie per l'aumento delle capacità umane. Alcune questioni di epigenetica e ingegneria genetica non sollevano preoccupazioni etiche (ad esempio, l'immunoterapia con le proprie cellule), mentre altre rimangono problematiche (cellule staminali).

In termini di rilevanza per l'Europa, la salute e la medicina sono settori chiave di preoccupazione per i cittadini europei, con crescenti preoccupazioni per le persone di tutto il mondo, e una parte sempre più grande dell'economia mondiale. Sono industrie in cui l'Europa è molto competitiva. La medicina di precisione promette la capacità di diagnosticare e curare malattie su base individuale e in modo mirato, senza gli effetti collaterali dannosi della medicina di massa. Le

36 https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/shaping-eu-research-and-innovation-policy/foresight/bohemia_en

aspirazioni della medicina di precisione danno impulso alla biologia e alla biotecnologia, che sono competenze essenziali per il futuro medio e lungo termine.

Le principali implicazioni per la politica dell'UE riguardano la regolamentazione medica, la ricerca, l'etica e l'organizzazione dei sistemi sanitari e assicurativi. Con l'aumentare della diversità dei trattamenti, i sistemi di assicurazione sanitaria sono sfidati dalla medicina di precisione e anche dalla sua subdisciplina, la medicina predittiva. Fino ad ora, non esistono regolamentazioni per i trattamenti predittivi (ad esempio, amputazioni in caso di minaccia di cancro). Le considerazioni economiche sono in primo piano, ma anche le considerazioni etiche emergono (ad esempio, chi ha diritto? in quali casi?). Gli approcci della medicina di precisione sono ancora costosi e rari. Ma come può esserci una sperimentazione clinica per trattamenti individualizzati? La formazione del personale medico è ancora carente di corsi appropriati su come gestire le "stime di fattibilità" nella medicina di precisione e predittiva e su come comunicare con i pazienti. I diritti dei pazienti non sono chiari. Poiché nella medicina di precisione vengono generati molti dati personali, correlati, ospitati in database e recuperati, le politiche riguardanti i dati e la loro sicurezza sono importanti tanto quanto le considerazioni sulla salute. Complessivamente, molte diverse politiche (ad esempio, politiche sanitarie, politiche demografiche, politiche economiche, politiche di digitalizzazione, ecc.) sono correlate alla medicina di precisione e devono essere collegate e coordinate.

Terapie digitali

Le terapie digitali (digital therapeutics, spesso abbreviate come DTx) racchiudono le soluzioni tecnologiche validate e approvate in grado di implementare gli strumenti a disposizione per il trattamento di alcune patologie.

Statista[37] prevede che i ricavi nel mercato delle DTx raggiungeranno i 4,68 miliardi di dollari nel 2024. I ricavi mostreranno un tasso di crescita annuale tra il 2024 e il 2028 del 19,83%, con un volume di mercato previsto di 9,65 miliardi di dollari entro il 2028 (si veda Figura 58). La penetrazione degli utenti sarà pari all'1,67% nel 2024 e si prevede che raggiungerà il 3,44% entro il 2028. Si prevede che il ricavo medio per utente ammonterà a 36,09 dollari. Nel confronto globale, la maggior parte delle entrate sarà generata negli Stati Uniti (3.147,00 milioni di dollari nel 2024).

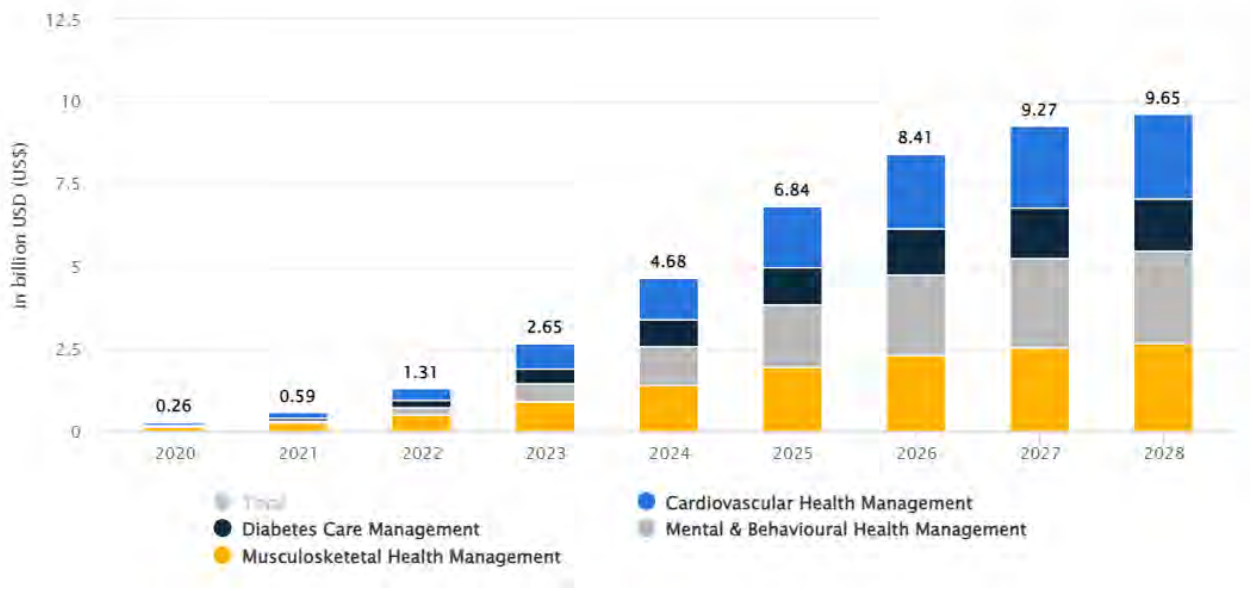


Figura 58. Proiezione dei ricavi nel mercato delle terapie digitali a livello mondiale fino al 2028 (credits: Statista)

Il mercato delle DTx sta vivendo una crescita significativa a causa della crescente domanda di opzioni di trattamento non farmaceutico e dei progressi tecnologici. Per quanto riguarda le preferenze dei pazienti, essi cercano sempre più opzioni di trattamento non farmaceutico per varie condizioni di salute. Cercano soluzioni personalizzate e convenienti a cui poter accedere comodamente da casa propria. Le DTx offrono questi vantaggi fornendo interventi basati sull'evidenza attraverso app mobili e dispositivi indossabili.

McKinsey[38] sottolinea anche l'importante ruolo delle DTx nella gestione delle malattie croniche. Infatti, l'incidenza delle malattie croniche è in aumento a livello globale e si prevede che continuerà. Le malattie croniche (come malattie cardiovascolari, cancro, diabete e malattie respiratorie) sono state cause o fattori che hanno contribuito al 75% dei decessi mondiali nel 2010 e al 79% nel 2020. Entro il 2030, gli esperti prevedono che le malattie croniche contribuiranno fino all'84% dei decessi a livello mondiale (si veda rappresentazione in Figura 59).

[37] https://www.statista.com/outlook/hmo/digital-health/digital-treatment-care/digital-therapeutics/worldwide

[38] https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/the-health-benefits-and-business-potential-of-digital-therapeutics

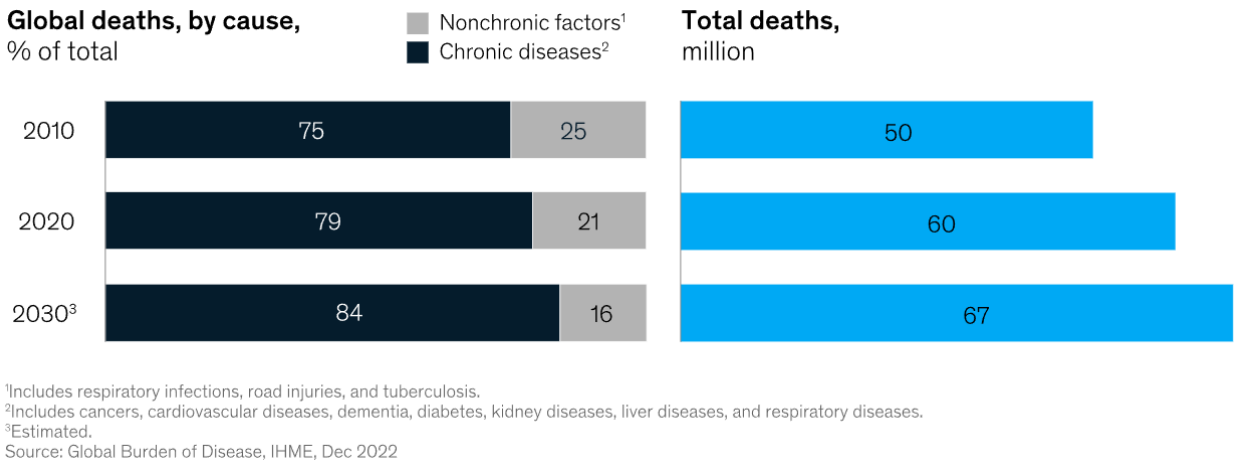


Figura 59. Crescita delle malattie croniche e relative morti, con proiezione al 2030 (credits: McKinsey)

Una delle principali tendenze nel mercato della terapia digitale è l'integrazione delle tecnologie di intelligenza artificiale e machine learning. Queste tecnologie consentono lo sviluppo di piani di trattamento personalizzati e analisi predittive, migliorando l'efficacia della DTx. Inoltre, esiste una tendenza crescente verso l'uso della realtà virtuale e della realtà aumentata, fornendo esperienze coinvolgenti e coinvolgenti per i pazienti.

In alcuni paesi potrebbero esserci normative e politiche di rimborso specifiche che influiscono sull'adozione e sulla crescita delle terapie digitali. Ad esempio, alcuni paesi potrebbero avere normative severe per le app mediche e richiedere che siano sottoposte a rigorosi test clinici prima di poter essere utilizzate a fini terapeutici. Inoltre, le politiche di rimborso possono variare, con alcuni paesi che forniscono copertura per le DTx come parte dei loro sistemi sanitari, mentre altri no.

La crescente prevalenza di malattie croniche, come il diabete e le malattie cardiovascolari, è un fattore macroeconomico chiave che guida la crescita del mercato delle DTx. Queste condizioni richiedono una gestione a lungo termine e la DTx offre una soluzione economica e scalabile. Inoltre, anche l'invecchiamento della popolazione in molti paesi sta contribuendo alla domanda nel settore, poiché gli anziani hanno maggiori probabilità di avere molteplici condizioni croniche che possono essere gestite attraverso questi interventi.

Per via del crescente ruolo delle terapie digitali, queste sono state al centro della ricerca 2023 dell'Osservatorio Life Science Innovation del Politecnico di Milano che ha affrontato diverse domande. Nei paragrafi successivi riporteremo i risultati della ricerca, preceduti dalle domande che li hanno guidati.

Qual è la situazione italiana nell'ambito delle terapie digitali? Qual è il punto di vista dei pazienti e dei medici rispetto al loro utilizzo?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Life Science Innovation della School of Management del Politecnico di Milano, nel report del 2023 "I modelli di business per le terapie digitali", mostra che, sebbene promettenti, le Terapie Digitali portano con sé

numerose sfide che l'Italia si troverà ad affrontare in un futuro tutt'altro che lontano. In Figura 60 si riporta il punto di vista delle aziende dell'offerta di DTx rispetto alle barriere allo sviluppo e commercializzazione di soluzioni in questo settore in Italia.



Figura 60. Criticità riferite dalle aziende dell'offerta nell'implementazione di soluzioni di terapie digitali in Italia (credits: Osservatorio Life Science Innovation 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

L'incertezza normativa è una delle principali preoccupazioni sia per le aziende che per i professionisti sanitari, con tre quarti dei medici specialisti che prescriverebbero terapie digitali se il quadro normativo fosse più chiaro. Dal punto di vista dei pazienti italiani, sebbene una grossa fetta sia disposta a utilizzare terapie digitali prescritte dal medico, la maggioranza non sarebbe disposta a pagarle. In particolare, circa metà dei pazienti non sarebbero disposti a pagare nulla e quasi un quarto sarebbe disposto a spendere al massimo 100€ per un trattamento della durata di 90 giorni. Il finanziamento delle DTx a carico del paziente solleva dunque dubbi sulla sua attuabilità.
La maggior parte dei medici specialisti ritiene probabile che le terapie digitali vengano parzialmente rimborsate dal Servizio Sanitario Nazionale (SSN) e che il coinvolgimento delle istituzioni sarà cruciale per superare le barriere normative. Le aziende devono trovare soluzioni economicamente sostenibili nel breve termine considerando che molte stanno già investendo nello sviluppo di DTx e molte altre saranno interessate a farlo in futuro.

Analizzando la situazione a livello internazionale, quali modelli di business vengono adottati per promuoverle?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

Per delineare lo stato dell'arte delle terapie digitali attualmente in commercio in altri Paesi a livello internazionale l'Osservatorio Life Science Innovation della School of Management del Politecnico di Milano ha svolto un censimento delle soluzioni sviluppate a livello internazionale, con l'obiettivo di mappare le principali caratteristiche dei servizi offerti e i modelli di business adottati dai rispettivi provider.

Considerate le caratteristiche del contesto tedesco e che un'altra parte rilevante delle terapie digitali analizzate viene commercializzata negli Stati Uniti – dove le assicurazioni ricoprono anche in questo caso un ruolo fondamentale e molto diffuso nel sistema sanitario – non sorprende il fatto che quasi la totalità delle soluzioni richieda la prescrizione da parte del medico e venga rimborsata dall'assicurazione stipulata dal paziente. In linea con questo risultato, il modello prevalente è di tipo B2B (Business-to-Business) per la quasi totalità delle DTx analizzate. Le terapie vengono dunque pagate dalle assicurazioni attraverso il rimborso delle stesse.
Per quanto riguarda i principali ambiti di applicazione, è stato possibile osservare come le DTx risultino applicabili a diverse aree terapeutiche. La maggior parte delle terapie digitali considerate offre soluzioni in area psichiatrica, principalmente per la gestione di ansia e dipendenze. Significativa anche la presenza di applicazioni nel campo dell'endocrinologia, rivolte a pazienti affetti da obesità o diabete, e della reumatologia, per il trattamento del dolore cronico. La modalità di erogazione più diffusa (oltre una su due) per le DTx è quella cosiddetta stand-alone, prevede l'utilizzo della DTx in modo indipendente. In alternativa, il dispositivo digitale viene associato a un trattamento farmacologico, solitamente con l'obiettivo di ottimizzarlo aumentandone efficacia e aderenza (circa 25%), oppure insieme a dispositivi medici (es. wearable). Infine, considerando le finalità delle DTx, è possibile identificare due categorie: le soluzioni che hanno lo scopo di curare la patologia per cui vengono utilizzate oppure quelle che hanno l'obiettivo di migliorare la gestione di una patologia o lo stato di salute del paziente nell'ambito del trattamento. Le DTx analizzate si dividono abbastanza equamente tra le due categorie.

Quello che emerge dall'analisi condotta è che, per le aziende che offrono terapie digitali, a livello internazionale, emergono tre principali modelli di business B2B (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

- Da azienda a servizio sanitario pubblico: la DTx è finanziata da enti sanitari pubblici o assicurazioni sanitarie nazionali, comune soprattutto in Paesi che promuovono attivamente l'adozione di soluzioni di salute digitale.
- Da azienda ad assicurazione privata: le assicurazioni private possono offrire DTx come servizio aggiuntivo o rimborsarle, prevalente in Paesi senza assicurazione sanitaria nazionale.
- Da azienda ad un'altra azienda: coinvolge una collaborazione tra il produttore di DTx e un'altra azienda, come una farmaceutica, per la distribuzione, con possibili approcci non-profit per raccogliere dati per la ricerca clinica.

Si notano anche strategie comuni per la commercializzazione verso gli utenti finali, inclusi modelli in licenza, con pacchetti di prodotti/servizi integrati, e il white-labeling, dove le DTx vengono vendute a marchio di terzi.

Parallelamente, esistono modelli B2C, meno diffusi (circa il 10%), che permettono la vendita diretta al consumatore finale, con opzioni come il modello freemium o il pagamento diretto (out-of-pocket o direct-to-consumer). Questi modelli offrono agli utenti la libertà di acquistare DTx senza prescrizione medica, rendendole accessibili tramite app store e piattaforme online.

In conclusione, la quasi totalità delle terapie digitali attualmente in commercio si basa su un modello B2B, e prevede la necessità di prescrizione da parte del medico curante. Di conseguenza, la modalità prevalente di pagamento della DTx è la rimborsabilità da parte di assicurazioni, private o pubbliche. È evidente, tuttavia, come il modello di business

e la modalità di pagamento delle DTx dipendano fortemente dal contesto di riferimento e dalle variabili che lo caratterizzano (es. tipologia di servizio sanitario, quadro normativo).

L'approfondimento sullo stato dell'arte a livello internazionale apre a questo punto un quesito che verrà affrontato nella sezione successiva, cioè la comprensione di quali modelli di business possano essere applicabili in Italia.

Ricalandoci nel contesto italiano, quali modelli di business sono possibili per il nostro Paese?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

La configurazione del Servizio Sanitario Nazionale italiano e l'assenza di rimborsabilità delle soluzioni digitali da parte dello stesso rappresentano ostacoli significativi per lo sviluppo e la commercializzazione delle terapie digitali (DTx) in Italia (secondo nove aziende su dieci). Una strategia sostenibile per il mercato italiano potrebbe essere l'offerta di DTx in combinazione con altri prodotti o servizi, come dispositivi indossabili per la raccolta di dati. La distribuzione attraverso canali digitali, quali App Store e Play Store, emerge come approccio promettente, in linea con le tendenze internazionali.

In attesa di avanzamenti sul fronte normativo e di poter mettere a terra la commercializzazione di una terapia digitale in Italia, occorre però affrontare ulteriori sfide e aspetti che non bisogna sottovalutare. È possibile individuare tre sfide aperte per la diffusione e sostenibilità delle terapie digitali nel tempo.

La necessità di integrare le DTx nei processi esistenti e formare il personale è essenziale per l'adozione su larga scala di queste tecnologie. La raccolta e l'uso etico dei dati generati dalle DTx rappresentano un'altra sfida cruciale. È necessaria una gestione adeguata dei dati per supportare la ricerca clinica e la personalizzazione dei trattamenti, rispettando la privacy e la sicurezza dei dati sanitari. Il coinvolgimento dei medici nel processo decisionale e nell'adozione delle DTx è altrettanto fondamentale. Informare i medici sui benefici e limiti delle DTx e sviluppare competenze per l'interpretazione dei dati digitali può migliorare la prescrizione e il monitoraggio delle terapie digitali.

Superare queste sfide richiede un approccio innovativo ai modelli di business e una maggiore collaborazione tra tutti gli stakeholder coinvolti per facilitare l'adozione e diffusione delle DTx in Italia, considerando la complessità del contesto sanitario e normativo.

Al cuore dell'adozione delle terapie digitali e della loro commercializzazione, l'Osservatorio Life Science Innovation del Politecnico di Milano vede il concetto di approccio platform-based: le DTx andrebbero considerate come ecosistemi o piattaforme digitali che consentono l'interazione di diversi attori coinvolti e interessati ai benefici legati all'utilizzo di una terapia digitale. È questo modello che approfondiamo nel paragrafo seguente.

Un modello di business platform-based è basato sull'interconnessione tra produttori e utenti attraverso una piattaforma digitale. Tali piattaforme consentono agli utenti di accedere a diversi servizi o prodotti offerti dal produttore stesso, oppure anche da terze parti che hanno interesse ad entrare a far parte dell'ecosistema attraverso scambi di valore. La piattaforma, dunque, svolge il ruolo di intermediario e facilitatore, abilitando lo scambio di beni, servizi, dati e informazioni o altri benefici tra tutti gli attori coinvolti (detti anche side). L'interesse e la volontà da parte di un attore di entrare attivamente a far parte di un ecosistema basato su una piattaforma dipendono dalla proposta di valore (o value proposition) dell'attore stesso. La value proposition indica il valore misurabile o i vantaggi tangibili che un prodotto o un servizio può fornire agli utilizzatori.

Un modello di tipo platform può essere rappresentato attraverso uno schema che vede al centro il fornitore, o provider, della tecnologia oggetto di studio, e attorno gli attori coinvolti nell'ecosistema di riferimento (pazienti, medici, società scientifiche, aziende sanitarie, aziende farmaceutiche, e così via) e le rispettive proposizioni di valore. A titolo di esempio e in una versione semplificata rispetto ai possibili side coinvolti, la Figura 61 a cura dell'Osservatorio Life Science Innovation riporta la schematizzazione del modello assicurativo, che ad oggi risulta essere largamente il modello di business per le DTx più diffuso a livello internazionale, attraverso la visione basata sulla teoria delle piattaforme. È possibile tenere traccia non solo delle proposizioni di valore dei vari attori coinvolti, ma anche – e soprattutto – dei diversi scambi tra i side e la natura degli stessi. Come anticipato, lo scambio di tipo economico non è l'unico da tenere in considerare: il flusso di dati real life, se opportunamente trattati, analizzati e valorizzati, nel rispetto della normativa vigente, rappresenta una proposizione di valore di grande interesse sia per le aziende sia per i professionisti sanitari. Da non sottovalutare, infine, anche il valore più difficilmente misurabile che va ricercato puntualmente in ogni attore coinvolto e che può determinare l'adozione o non della DTx in modo continuativo nel tempo e rendere di conseguenza possibili le altre tipologie di scambi da cui deriva la sostenibilità economica della DTx da parte dell'azienda.

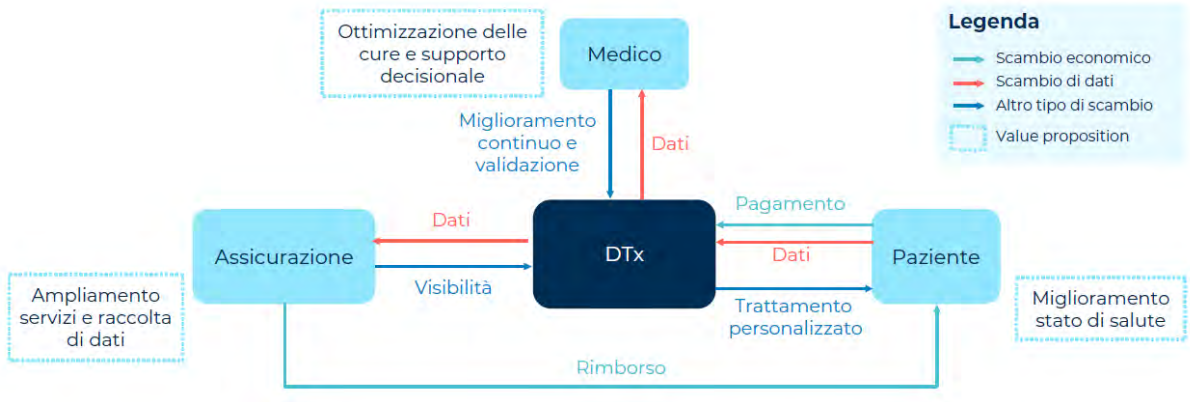


Figura 61. Modellizzazione platform-based del modello assicurativo per una DTx (credits: Osservatorio Life Science Innovation 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

In Italia, l'attuale modello assicurativo non supporta pienamente le terapie digitali (DTx), suggerendo la necessità di esplorare alternative immediate. Una possibilità è coinvolgere le aziende sanitarie private nella distribuzione delle DTx, con ospedali che agiscono come intermediari tra i produttori di DTx e i pazienti. Questo approccio non solo migliorerebbe l'assistenza sanitaria attraverso l'uso dei dati raccolti per la cura dei pazienti e il supporto ai professionisti sanitari ma anche avvalorerebbe la ricerca. Tuttavia, la normativa attuale sulla privacy e sulla gestione dei dati rappresenta un ostacolo significativo all'uso ottimale di queste informazioni.

È fondamentale non limitarsi a considerare le DTx meramente come prodotti ma valutarle come servizi che possono avere impatti significativi, soprattutto organizzativi, sul sistema sanitario. L'innovazione digitale richiede una visione che vada oltre i tradizionali report di Health Technology Assessment (HTA), considerando le DTx all'interno di un'ecosistema più ampio e valutando la sostenibilità dei modelli di business attraverso un approccio platform-based. Questo permetterebbe di includere tutti gli attori coinvolti, compresi i loro ruoli, obiettivi ed esigenze, offrendo una prospettiva più completa e facilitando l'adozione di queste tecnologie innovative nel contesto sanitario italiano.

Dai Futures Studies: scenari possibili in tema salute

Il futuro degli spazi sanitari: 4 scenari possibili tra il 2025 e il 2050

In futuro, potremmo utilizzare spazi sanitari completamente automatizzati che fanno uso di vari tipi di intelligenza artificiale come la visione artificiale e l'apprendimento automatico. Questi spazi monitorerebbero le nostre funzioni corporee e analizzerebbero i dati raccolti, confronterebbero i dati con la nostra mappa genetica personale e diagnosticherebbero automaticamente il tipo di azione che dovremmo intraprendere. Ciò potrebbe ridurre significativamente il ruolo delle cliniche sanitarie tradizionali e mitigare le pressioni sul sistema sanitario.

Quello della telemedicina è già un trend in crescita (si veda Figura 62 per una proiezione riferita al contesto statunitense).

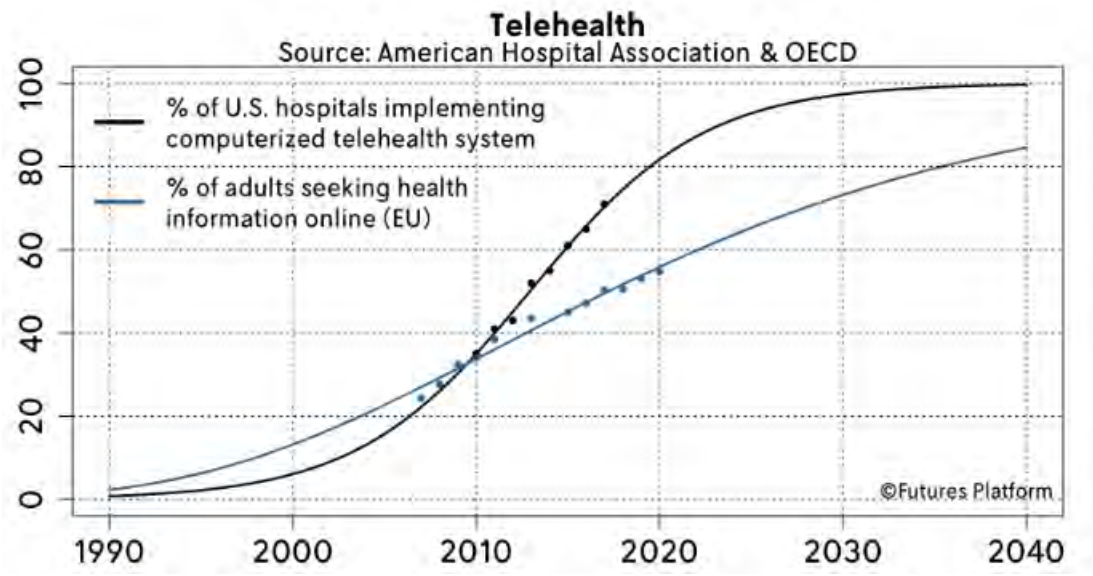
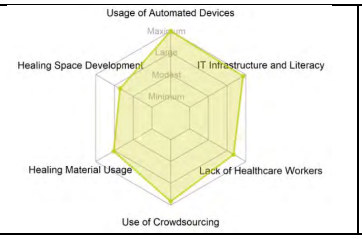


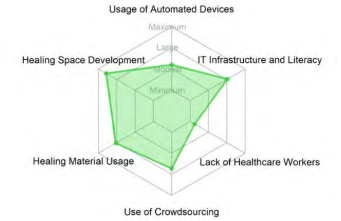
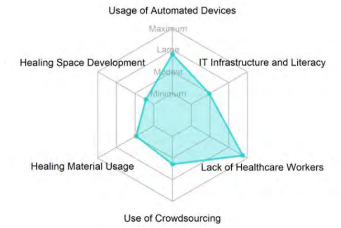
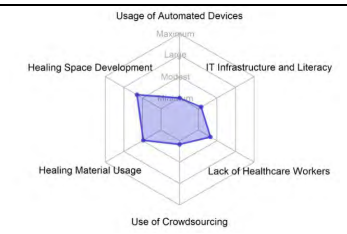
Figura 62. Proiezione sulla percentuale di ospedali USA che implementano servizi di telemedicina e sul numero di cittadini che ricercano informazioni sanitarie via web (credits: Futures Platform)

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito all'evoluzione degli spazi sanitari tra 2025 e il 2050. I driver considerati per la realizzazione degli scenari sono: Utilizzo di dispositivi automatizzati; Infrastruttura IT e alfabetizzazione digitale; Utilizzo del Crowdsourcing; Mancanza di operatori sanitari; Utilizzo di materiali curativi; Sviluppo dello spazio curativo.

Nei paragrafi seguenti dettagliamo ciascuno scenario ma ne diamo una visione sintetica in Tabella 6.

Tabella 6. Sintesi di 4 scenari per gli spazi sanitari tra il 2025 e il 2050

	Gli spazi sanitari automatizzati offrono un'ampia gamma di servizi di salute e benessere attraverso dispositivi diagnostici universali e materiali curativi innovativi. I pazienti possono accedere alle cure localmente o tramite dispositivi mobili, riducendo il carico sugli ospedali.

	Gli ambienti curativi, i materiali e le soluzioni di realtà aumentata ben progettati, combinati con tecnologie innovative di rilevamento delle condizioni mediche e dell'umore, si dimostrano efficaci per il processo di guarigione e il benessere dei pazienti e diventano quindi parte integrante del trattamento olistico dei pazienti.
	I dispositivi automatizzati basati sull'intelligenza artificiale monitorano e diagnosticano sempre più le condizioni di salute. Ciò riduce il carico di lavoro degli operatori sanitari, ma la necessità di infrastrutture informatiche sofisticate per implementare le moderne tecnologie sanitarie amplia il divario nell'accesso all'assistenza sanitaria tra paesi sviluppati e in via di sviluppo e persino tra regioni all'interno di uno stesso paese.
	Mentre il settore sanitario continua ad espandere l'uso dell'intelligenza artificiale in varie applicazioni, un crescente rischio di minacce informatiche rallenta il passaggio verso l'assistenza sanitaria e medica automatizzata.

Gli spazi sanitari automatizzati sostituiscono in gran parte i servizi sanitari esistenti e mitigano le crescenti pressioni sul sistema sanitario

Gli spazi sanitari completamente automatizzati diventano disponibili e accessibili a tutti e rimodellano radicalmente il settore sanitario. Tali spazi ospitano tutti i servizi di salute e benessere, inclusi il monitoraggio automatizzato, la diagnosi, il trattamento e la guarigione. Un elevato grado di automazione nel settore sanitario si ottiene attraverso un dispositivo diagnostico universale pratico e conveniente, in altre parole un dispositivo medico tricorder, nonché materiali curativi innovativi come i nanorobot che si muovono nel corpo umano e distruggono le cellule tumorali e curano le infezioni. Pertanto, i pazienti possono per lo più ricevere diagnosi e cure nel loro spazio sanitario automatizzato locale, chiamando i medici solo per i casi gravi di malattia. Ciò riduce l'onere per gli ospedali che hanno difficoltà a raggiungere le capacità necessarie. In Figura 63 raffiguriamo l'intensità dei driver considerati.

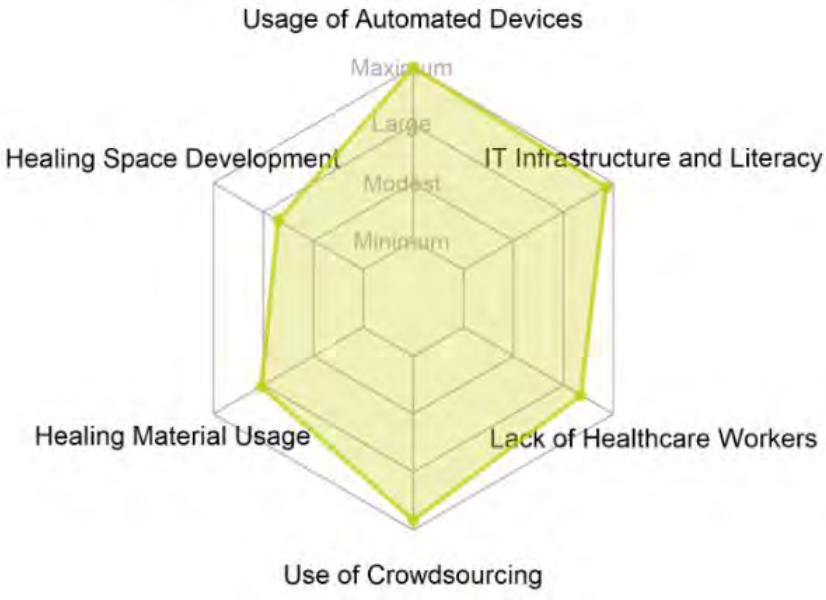


Figura 63. Intensità dei driver nello scenario 'Gli spazi sanitari automatizzati sostituiscono in gran parte i servizi sanitari esistenti e mitigano le crescenti pressioni sul sistema sanitario' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo per arrivare a questo scenario è il seguente:

- 2026: I ricercatori continuano a lavorare per espandere le capacità dei dispositivi di monitoraggio sanitario assistiti dall'intelligenza artificiale che possono diagnosticare comodamente determinate condizioni mediche.
- 2029: L'intelligenza artificiale medica avanzata insieme al crowdsourcing viene sempre più utilizzata per aiutare i medici a fornire una diagnosi. I medici in contesti poveri di risorse possono anche sfruttare una folla di esperti medici, inclusi specialisti e studenti di medicina. Ciò migliora la qualità e l'efficienza dell'assistenza sanitaria e rende l'assistenza sanitaria più accessibile a un numero maggiore di comunità e individui.
- 2035: Gli spazi sanitari completamente automatizzati diventano in grado di sostituire i medici nel fornire non solo diagnosi, ma anche vari trattamenti, tra cui iniezioni e somministrazione di altri farmaci al corpo, scansioni a raggi X, interventi chirurgici minori, suture, intonacature e così via.

- 2040: Con il rapido sviluppo della nanotecnologia, vengono introdotti micro e nanorobot che svolgono un ruolo vitale svolgendo molteplici compiti all'interno del corpo umano. Diventano un passo rivoluzionario nella nanomedicina, migliorando la diagnosi precoce e il trattamento delle malattie.
- 2050: Alla fine si materializza un dispositivo diagnostico universale, il tricorder immaginato dalla serie di fantascienza di Star Trek. Può diagnosticare una serie di condizioni mediche. I pazienti possono comodamente scansionarsi utilizzando un tricorder a casa o in un'area sanitaria automatizzata locale e ottenere immediatamente un elenco di opzioni di trattamento e suggerimenti. Anche nelle regioni sottosviluppate o rurali, i pazienti possono accedere alle cure in una struttura sanitaria automatizzata locale o tramite dispositivi mobili, invece di guidare per ore per trovare un medico.

L'attenzione alla condizione e all'umore del paziente, insieme alle modifiche automatizzate dell'ambiente costruito, porta a risultati positivi per la salute

Le organizzazioni sanitarie si concentrano sulla creazione di ambienti curativi in grado di ridurre l'ansia e lo stress nei pazienti, accelerarne il recupero, abbreviare la degenza ospedaliera e mitigare il dolore. La creazione di ambienti curativi non si limita solo alla progettazione e realizzazione di strutture sanitarie. Ciò include l'uso di materiali innovativi per la cura, come materiali antibatterici, autopulenti e purificanti dell'aria alimentati dalla nanotecnologia, e soprattutto l'uso di occhiali per realtà mista che possono generare istantaneamente qualsiasi tipo di atmosfera e quindi funzionare come un virtuale farmaco.

Tali ambienti curativi e tecnologie di realtà aumentata sono integrati anche nelle case intelligenti dove i dispositivi automatizzati monitorano le condizioni di salute e l'umore dei residenti e modificano di conseguenza l'ambiente di vita. Queste soluzioni consentono una guarigione più rapida e un maggiore benessere. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 64.

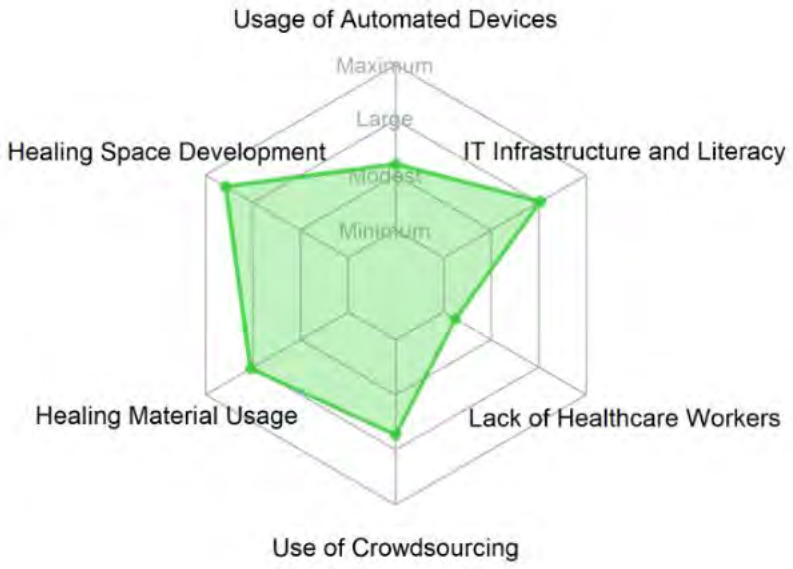


Figura 64. Intensità dei driver per lo scenario 'L'attenzione alla condizione e all'umore del paziente, insieme alle modifiche automatizzate dell'ambiente costruito, porta a risultati positivi per la salute' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo è la seguente:

- 2025: La progettazione e la realizzazione delle strutture sanitarie punta sempre più al miglioramento del benessere dei pazienti.
- 2028: Sempre più strutture sanitarie integrano nell'ambiente costruito nuovi materiali che combattono la crescita di batteri patogeni e possono autopulire le superfici. Ciò migliora l'igiene e la salubrità di un ambiente.
- 2030: Molte condizioni di salute possono essere monitorate e diagnosticate a casa con la tecnologia di monitoraggio della salute domestica intelligente. Nuovi occhiali per realtà mista che possono generare istantaneamente qualsiasi tipo di atmosfera a seconda dell'umore e delle condizioni mediche dell'utente, e quindi funzionare come un farmaco virtuale, arrivano sui mercati.

- 2035: Ambienti di guarigione fisici e virtuali ben progettati nelle strutture sanitarie e nelle case intelligenti accelerano il recupero, aumentano il senso di benessere, migliorano il sollievo dal dolore e riducono lo stress e il rischio di infezioni.

Crescente disuguaglianza nell'accesso all'assistenza sanitaria

Mentre l'offerta di operatori sanitari fatica a tenere il passo con l'invecchiamento della popolazione e l'espansione della copertura sanitaria, c'è una crescente domanda di dispositivi automatizzati in grado di monitorare automaticamente le condizioni di salute, diagnosticare e rilevare malattie e fornire cure mediche. Il monitoraggio automatizzato e gli spazi diagnostici, così come l'uso di dispositivi indossabili basati sull'intelligenza artificiale, diventano sempre più comuni, data l'accuratezza delle diagnosi dell'intelligenza artificiale. Ciò allevia la pressione sulla disponibilità degli operatori sanitari.

D'altro canto, lo sviluppo di spazi sanitari automatizzati e l'uso di sofisticate IA e altre tecnologie all'avanguardia richiedono infrastrutture informatiche su larga scala. Ciò avvantaggia in modo sproporzionato alcuni gruppi di persone e paesi che possono permettersi e sono in grado di implementare una tecnologia sanitaria così moderna. Pertanto, l'accesso all'assistenza sanitaria diventa sempre più diseguale tra nazioni, regioni e città. L'intensità dei driver per la realizzazione dello scenario è rappresentata in Figura 65.

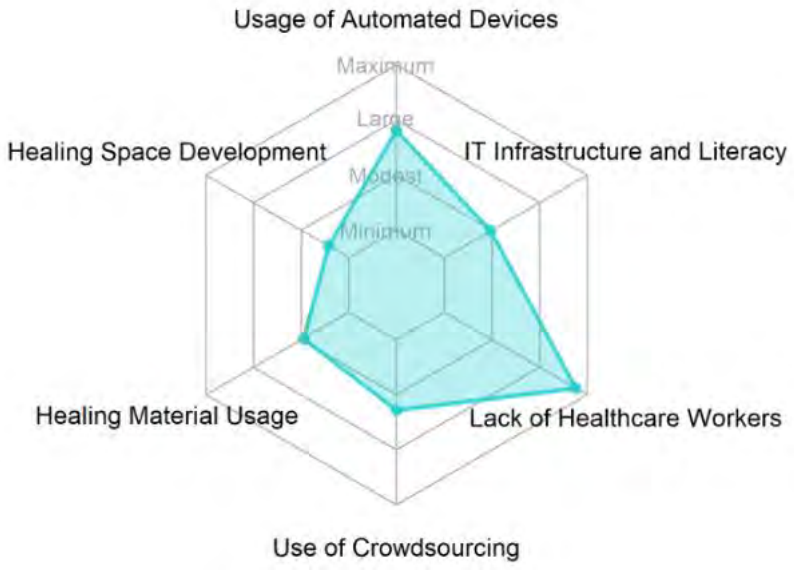


Figura 65. Intensità dei driver per lo scenario 'Crescente disuguaglianza nell'accesso all'assistenza sanitaria' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo per lo scenario è:

- 2026: Con una maggiore capacità economica, i paesi sviluppati effettuano investimenti significativi nella ricerca e nello sviluppo necessari per l'intelligenza artificiale, compiendo rapidi progressi nella rivoluzione dell'intelligenza artificiale.
- 2028: Poiché i sensori indossabili e altri dispositivi di monitoraggio continuano ad avanzare, la quantità di dati sanitari aumenta in modo significativo. Gli operatori sanitari aumentano la loro dipendenza dall'intelligenza artificiale affidando all'intelligenza artificiale il compito di analizzare i dati raccolti. Inoltre, l'intelligenza artificiale svolge un ruolo sempre più decisivo nel monitoraggio medico, nella diagnostica e nel processo decisionale.

- 2032: Gli spazi e i dispositivi diagnostici e di monitoraggio automatizzato basati sull'intelligenza artificiale acquisiscono alcune capacità di trattamento medico. Ciò inizia a mitigare gradualmente il carico sui servizi sanitari a causa del crescente numero di pazienti.
- 2035: Sebbene l'intelligenza artificiale apporti numerosi vantaggi al settore sanitario nei paesi sviluppati, alla fine amplia il divario digitale già esistente tra paesi sviluppati e in via di sviluppo. Inoltre, cresce il divario digitale tra le diverse regioni di un paese, con le regioni rurali che soffrono di budget IT più ridotti e di infrastrutture IT meno sviluppate, in parte a causa della minore popolazione e della minore alfabetizzazione digitale dei residenti. Ciò porta a una disparità di accesso all'assistenza sanitaria tra paesi, regioni, città e alcuni gruppi di persone.

Lo sviluppo verso spazi sanitari completamente automatizzati è in stallo a causa di preoccupazioni relative alla sicurezza informatica

Il settore sanitario fa sempre più affidamento sulla tecnologia digitale innovativa per migliorare la cura dei pazienti. Tuttavia, le pratiche di sicurezza informatica nel settore sanitario non tengono il passo con le tecnologie che devono essere protette. Senza misure di sicurezza complete e senza la capacità del personale sanitario di riconoscere e rispondere alle minacce informatiche, gli attacchi informatici contro le organizzazioni sanitarie diventano più frequenti e di vasta portata.

Il settore sanitario è alle prese con numerosi incidenti mortali derivanti da attacchi informatici volti a sfruttare il crescente utilizzo dell'intelligenza artificiale diagnostica e dei dispositivi IoT onnipresenti. Gli incidenti mortali includono la manipolazione di immagini mediche, il furto di dati sensibili dei pazienti e, in alcuni casi, anche la perdita di vite umane. Ciò mina gradualmente la fiducia del pubblico nel sistema sanitario nel suo complesso e impedisce l'adozione di tecnologie innovative che possono portare alla diffusione di un'assistenza sanitaria completamente automatizzata. Il ruolo e l'intensità dei driver utilizzati per la realizzazione di questo scenario sono rappresentati in Figura 66.

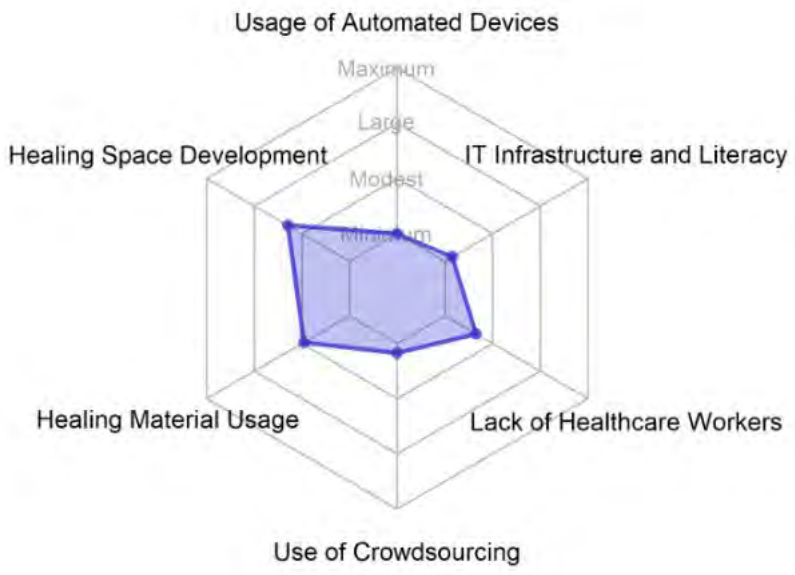


Figura 66. Intensità dei driver per lo scenario 'Lo sviluppo verso spazi sanitari completamente automatizzati è in stallo a causa di preoccupazioni relative alla sicurezza informatica' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è la seguente:

- 2026: Molti dispositivi medici, come i dispositivi di imaging medico, continuano a funzionare su sistemi legacy che hanno maggiori probabilità di essere esposti ad attacchi informatici.
- 2028: Vengono adottati sempre più dispositivi medici abilitati all'intelligenza artificiale e collegati all'IoT. Il settore sanitario rimane in prima linea nella crescente ondata di attacchi informatici.
- 2030: L'intelligenza artificiale utilizzata nel settore sanitario è sempre più vulnerabile agli attacchi informatici come il sabotaggio informatico o il ransomware. Gli attacchi falsificano le immagini mediche, portando i

modelli di intelligenza artificiale a fare diagnosi errate. Ciò solleva problemi allarmanti per la sicurezza dei pazienti.

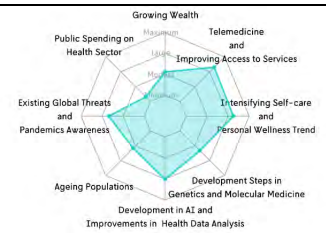
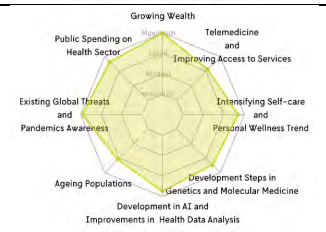
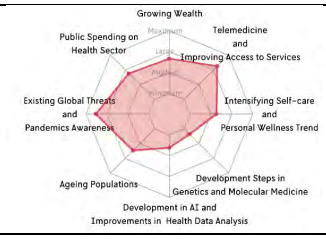
- 2032: Il concetto di spazi e dispositivi sanitari completamente automatizzati svanisce gradualmente a causa della vulnerabilità del settore sanitario agli attacchi informatici che non si limitano solo agli impatti finanziari e reputazionali, ma mettono anche direttamente in pericolo la sicurezza dei pazienti.

Il futuro delle cure mediche: 4 scenari possibili tra il 2025 e il 2035

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito all'evoluzione delle cure mediche tra il 2025 e il 2035. I driver considerati per la realizzazione degli scenari sono: Telemedicina e miglioramento dell'accesso ai servizi; Tendenza all'intensificazione della cura di sé e del benessere personale; Sviluppo nell'intelligenza artificiale e miglioramenti nell'analisi dei dati sanitari; Consapevolezza esistente sulle minacce globali e sulle pandemie; Fasi di sviluppo in genetica e medicina molecolare; Invecchiamento della popolazione; Ricchezza crescente; Spesa pubblica nel settore sanitario.

Nei paragrafi seguenti dettagliamo ciascuno scenario ma ne diamo una visione sintetica in Tabella 7.

Tabella 7. Sintesi di 4 scenari per il futuro delle cure mediche tra il 2025 e il 2035

	I vincoli di bilancio hanno dato priorità alla digitalizzazione dell'assistenza sanitaria, aumentando il coinvolgimento privato e le disuguaglianze sociali. La telemedicina e i dispositivi per l'auto-cura riducono le disparità, mentre la condivisione dei dati sanitari attraverso sensori onnipresenti è diffusa e il rifiuto dei dati personali è stigmatizzato.
	L'assistenza sanitaria privilegia i trattamenti personalizzati basati sull'analisi dei dati genetici e sanitari. Tecnologie come l'intelligenza artificiale, l'automazione e la robotica sono ampiamente utilizzate, ma possono creare un senso di disconnessione tra gli individui e la loro esperienza sanitaria.
	Con l'aumento dei redditi e del tenore di vita, i mercati dei servizi sanitari crescono con aspettative di qualità più elevate. La percezione culturale della salute è cambiata per includere la sicurezza senza rischi, mentre nuove applicazioni sanitarie e analisi dei dati a basso costo basate sull'intelligenza artificiale supportano l'abbondanza di servizi disponibili al pubblico nei paesi ricchi.
	Un piano obbligatorio per il benessere dei cittadini dà priorità ai metodi incentrati sull'uomo, alla salute mentale e all'uso efficiente delle risorse sanitarie. La diagnosi precoce, un migliore accesso ai servizi sanitari e un approccio olistico promuovono la resilienza a lungo termine.

Le analisi basate sull'intelligenza artificiale, la telemedicina e la self-care predominano nel settore sanitario

La digitalizzazione dei servizi e la telemedicina sono prioritari a causa del basso livello di bilancio della sanità pubblica. Il ruolo degli operatori privati è in aumento a causa dell'insoddisfazione nei confronti dei servizi pubblici. Pertanto, le disuguaglianze sanitarie sono enormi tra i gruppi sociali, come quelli ad alto e basso reddito e livello di istruzione, e tra i giovani e gli anziani. La popolarità della telemedicina, dei dispositivi di automonitoraggio e di cura e di vari tipi di trattamenti alternativi è in aumento. Tuttavia, grazie ai servizi digitali, le disuguaglianze regionali stanno diminuendo e i residenti rurali possono aspettarsi di ricevere gli stessi servizi sanitari degli abitanti delle città purché abbiano soldi da pagare, una buona assicurazione sanitaria e sufficiente know-how per utilizzare i dispositivi. La raccolta e la condivisione di dati sanitari con sensori onnipresenti è una pratica diffusa e le persone che si rifiutano di fornire dati personali sono viste come anormali o moralmente dubbie. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 67.



Figura 67. Intensità dei driver per lo scenario 'Le analisi basate sull'intelligenza artificiale, la telemedicina e la self-care predominano nel settore sanitario' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è:

- 2025: L'Internet delle cose (IoT) sta guadagnando popolarità grazie alle nuove reti a bassa latenza. Il numero di sensori che raccolgono automaticamente dati relativi alla salute triplica.
- 2027: Merative e i suoi nuovi concorrenti nell'analisi sanitaria basati sull'intelligenza artificiale sono finalmente considerati sistemi molto affidabili dalla maggior parte dei medici.
- 2030: Viene presentato il primo medico olografico. La popolarità delle visite sanitarie a distanza aumenta in modo significativo.
- 2034: Insolitamente per il mondo occidentale, l'aspettativa di vita si riduce a causa dei tassi di mortalità più elevati, soprattutto nei quintili di reddito e di istruzione più bassi. Le ragioni principali di ciò sono i bassi investimenti nella sanità pubblica, così come le crescenti tendenze della cura personale e della medicina personalizzata finanziata da privati che spesso trascurano il modo in cui i gruppi a basso reddito e con basso livello di istruzione e molte persone anziane possono ottenere trattamenti adeguati.

Le informazioni genetiche, l'analisi dei dati e la medicina di precisione dominano nel settore sanitario

Trattamenti personalizzati e metodi di precisione high-tech basati su dati genetici e analisi di dati sanitari sono al centro dell'attenzione nel settore sanitario. Ciò consente un'elevata efficienza a un costo relativamente basso. Dati e analisi affidabili e accessibili sono il fulcro dell'assistenza sanitaria e la maggior parte dell'elaborazione dei dati è basata sull'intelligenza artificiale. Inoltre, l'automazione e la robotica sono ampiamente utilizzate per ottenere vantaggi economici. Non è più possibile incontrare un medico senza una precedente mappatura genetica. Tutte le possibilità di trattamento si basano sulla valutazione genetica personale. L'uso massiccio di strumenti tecnologici ha reso una parte della gente un po' alienata dai propri sentimenti legati alla salute. I dati sanitari e i risultati delle proiezioni possono essere osservati come una previsione meteorologica senza vedersi coinvolti consapevolmente nel processo. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 68.

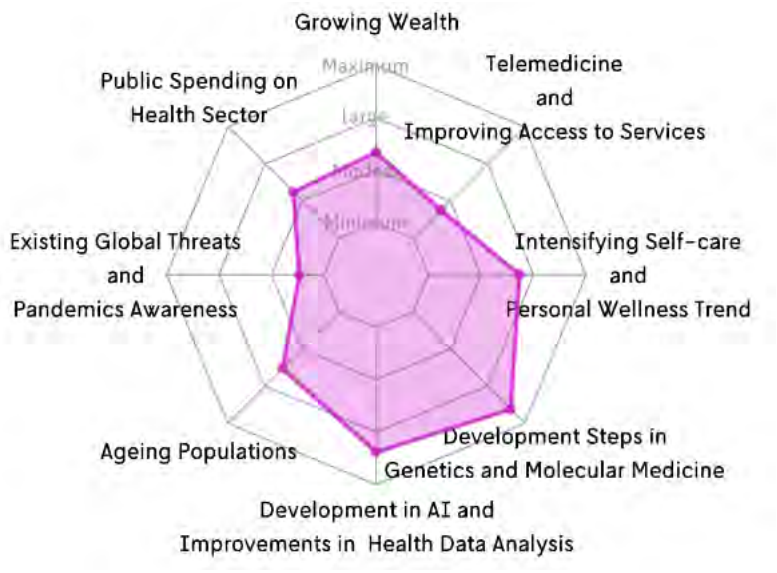


Figura 68. Intensità dei driver per lo scenario 'Le informazioni genetiche, l'analisi dei dati e la medicina di precisione dominano nel settore sanitario' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è:

- 2025: Sono stati compiuti numerosi progressi nei big data basati sull'intelligenza artificiale e in altre analisi sanitarie.
- 2028: Le politiche sanitarie preventive e personalizzate sono in forte espansione in diversi Paesi. Si concentra sulla diagnosi precoce anziché sui trattamenti.
- 2034: Ottenere un trattamento medico adeguato da un medico non è più possibile senza una precedente mappatura genetica.
- 2037: L'industria farmaceutica si trova ad affrontare enormi cambiamenti sia in senso tecnologico che ideologico. La produzione di molti medicinali "sfusi" fabbricati in grandi fabbriche viene interrotta. Gli ospedali e le farmacie locali iniziano a produrre farmaci molecolari personalizzati stampati in 3D con il dosaggio corretto basato sulle differenze genetiche, invece di distribuire soluzioni "uniformi per tutti".

Una nuova era di innovazione e benessere globale in campo sanitario

L'aumento dei redditi e del tenore di vita sostiene mercati di servizi sanitari ampi e senza precedenti, con aspettative di qualità sempre più elevate. Poiché le persone in tutto il mondo sono sempre più interessate alla propria salute, è facile lanciare nuove applicazioni sanitarie. Nei paesi ricchi, anche i servizi disponibili al pubblico sono abbondanti e onnicomprensivi perché l'analisi dei dati basata sull'intelligenza artificiale a basso costo consiglia i trattamenti immediatamente quando sono disponibili nuovi dati. Esiste una fiducia reciproca tra le diverse parti sul fatto che le nuove innovazioni sanitarie, le misure politiche inclusive e le fasi di sviluppo tecnologico abbiano un impatto positivo sulla salute. Inoltre, il concetto di salute è cambiato culturalmente. Non significa solo essere senza malattie ma anche essere protetti da rischi inesistenti. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 69.



Figura 69. Intensità dei driver per lo scenario 'Una nuova era di innovazione e benessere globale in campo sanitario' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è:

- 2025: La spesa sanitaria pubblica aumenta grazie alle politiche inclusive e perché la salute è vista come una priorità sociale.
- 2028: La spesa sanitaria sia dei singoli individui che dei governi aumenta a una velocità senza precedenti nei paesi in via di sviluppo.
- 2030: L'analisi dei dati basata sull'intelligenza artificiale diventa una parte quotidiana dell'assistenza sanitaria pubblica, il che porta a trattamenti più accurati, tempestivi e personalizzati.
- 2032: Si stima che l'aspettativa di vita sia aumentata in media di due anni a livello globale a causa dei nuovi trattamenti disponibili. Gli anni sani sono aumentati ancora di più.

L'attenzione nel settore sanitario si sposta verso metodi tradizionali incentrati sull'uomo insieme a piani di benessere onnicomprensivi obbligatori per tutti i cittadini

È stato reso obbligatorio creare un piano onnicomprensivo per il benessere dei cittadini per tutti poiché i suoi molteplici impatti positivi sono diventati evidenti. Mentre l'attenzione dell'assistenza sanitaria si sposta verso metodi antiquati incentrati sull'uomo, i dati sanitari e le informazioni genetiche personali rimangono sottoutilizzati. Concentrarsi sulla diagnosi precoce, su un migliore accesso ai servizi sanitari e su un approccio olistico, insieme alla rigenerazione sistemica e alla resilienza a lungo termine, risulta essere il modello di assistenza sanitaria più efficiente. Anche se i metodi di trattamento non si sono evoluti in modo sostanziale, non vi sono pressioni significative sul bilancio sanitario pubblico, almeno in parte perché i problemi di salute mentale e il benessere dei cittadini hanno la priorità. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 70.



Figura 70. Intensità dei driver per lo scenario 'L'attenzione nel settore sanitario si sposta verso metodi tradizionali incentrati sull'uomo insieme a piani di benessere onnicomprensivi obbligatori per tutti i cittadini' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è:

- 2025: Le dure lezioni apprese dalla pandemia di Covid-19, compresi i rischi legati alla mancanza di sicurezza nazionale dell'approvvigionamento e agli innumerevoli trattamenti rinviati, iniziano a costringere gli operatori sanitari a riprogrammare le proprie funzioni e ad aumentare la consapevolezza dei rischi. Molti paesi introducono i propri piani di resilienza sistemica.
- 2026: L'OMS aggiorna il suo piano d'azione sulla salute mentale, creando incentivi affinché molti paesi rivedano i loro piani nazionali.
- 2028: L'attenzione dell'assistenza sanitaria si rivolge verso metodi antiquati incentrati sull'uomo insieme a una maggiore enfasi sulla diagnosi precoce, un migliore accesso ai servizi sanitari e un trattamento olistico.
- 2030: La Commissione Europea pubblica un Libro bianco per costruire e standardizzare un piano di benessere per tutti i cittadini dell'UE.
- 2035: Un piano onnicomprensivo per il benessere dei cittadini è reso obbligatorio nella maggior parte dei paesi sviluppati. Nel frattempo, i dati sanitari e le informazioni genetiche personali rimangono sottoutilizzati nel settore sanitario.

Terra e clima

L'area tematica "terra e clima" copre una vastità di argomenti sempre più discussi. In quest'area vengono inclusi i più svariati settori: agricoltura, meteorologia, climatologia, ambiente, sostenibilità etc. Nell'accezione più moderna, parlando di terra e clima, si fa sempre più riferimento al cambiamento climatico, alla scarsità delle risorse, all'aumento delle temperature, all'inquinamento e a tutte le azioni correttive che si vogliono intraprendere per limitare gli scenari drastici che, ogni giorno, si presentano davanti a noi.

Cambiamento climatico

L'Organizzazione delle Nazioni Unite nell'assemblea generale del 21 ottobre 2015 ha definito i 17 obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile nell'intento di stimolare interventi in aree di importanza cruciale per l'umanità e il pianeta. In particolare, in riferimento al Pianeta, definisce l'obiettivo di proteggerlo dalla degradazione, attraverso un consumo e una produzione consapevoli, gestendone le risorse naturali in maniera sostenibile e adottando misure urgenti riguardo il cambiamento climatico, in modo che esso possa soddisfare i bisogni delle generazioni presenti e di quelle future. Nella stessa sede viene immaginato un mondo, per il 2030, in cui "ogni paese gode di una crescita economica duratura, aperta a tutti e sostenibile. Un mondo in cui i consumi, i processi di produzione e l'uso delle risorse naturali (dall'aria alla terra, dai fiumi, i laghi e le falde acquifere ai mari e agli oceani), sono sostenibili. Un mondo in cui lo sviluppo e l'impiego della tecnologia sono sensibili al clima, rispettano la biodiversità e sono resilienti".[39]

Nonostante gli obiettivi dell'ONU individuati per il 2030, quello che emerge dai rapporti dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [40] e dell'United States Environmental Protection Agency [41] è una situazione climatica, ad oggi, molto diversa.

Il futuro climatico è determinato dall'entità delle future emissioni di gas effetto serra (Greenhouse Gas – GHG)[42], aerosol e altri fattori naturali e antropici. Questi ultimi sono esterni al sistema climatico ma ne modificano il comportamento. Più in generale, il futuro del clima è determinato dalla risposta della Terra a questi fattori (e dalla variabilità intrinseca del clima). Una serie di ipotesi sull'entità e sul ritmo delle emissioni future aiuta gli scienziati a sviluppare differenti scenari di emissione, sui quali poi si basano le proiezioni dei modelli climatici. I diversi modelli climatici, nel frattempo, forniscono rappresentazioni alternative della risposta della Terra a tali fattori. Insieme, tutti i modelli, simulando la risposta della Terra a differenti scenari, mappano un insieme di possibili futuri e aiutano a comprendere la loro incertezza.[43] La Figura 71 mostra la temperatura che si prevede avere alla fine del XXI sec. per

[39] https://unric.org/it/wp-content/uploads/sites/3/2019/11/Agenda-2030-Onu-italia.pdf

[40] https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/long-term-climate-change-projections-commitments-and-irreversibility/

[41] https://climatechange.chicago.gov/climate-change-science/future-climate-change

[42] Anidride carbonica, metano (CH4) e il protossido di azoto (N2O)

[43] Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichefet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner, 2013: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

due modelli illustrativi e per gli scenari RCP[44] (più alti e più bassi). I modelli concordano sul progressivo riscaldamento della superficie e che la terraferma si riscalderà più velocemente dell'oceano e che l'Artico si riscalderà più velocemente rispetto ai tropici.

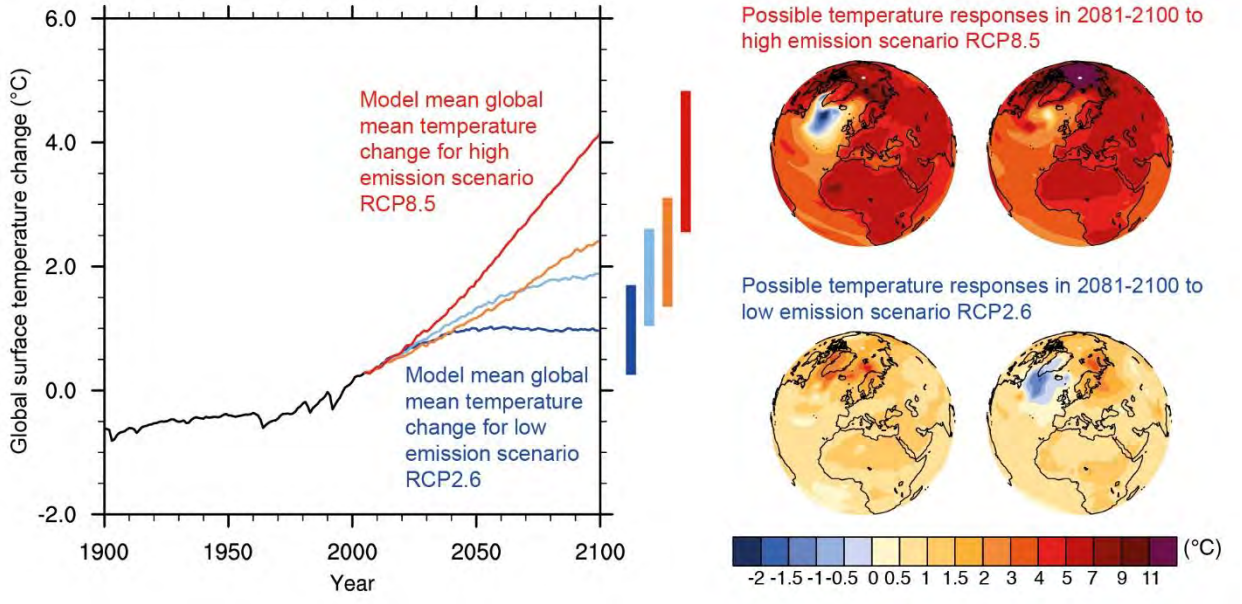


Figura 71. Variazione della temperatura media globale rispetto al 1986-2005 per i quattro scenari Representative Concentration Pathway (RCP): RCP2.6 (blu scuro), RCP4.5 (blu chiaro), RCP6.0 (arancione), RCP8.5 (rosso). Le barre verticali indicano i possibili intervalli di variazione della temperatura globale entro la fine del XXI secolo. Si noti che questi intervalli si applicano alla differenza tra due medie ventennali, 2081-2100 rispetto a 1986-2005, il che spiega il fatto che le barre sono centrate su un valore più piccolo rispetto al punto finale delle traiettorie annuali (creidts: IPCC)

Le proiezioni climatiche a lungo termine riflettono come le attività umane e gli effetti naturali possono alterare il clima tra decenni e secoli. Scenari di questo tipo (come quello in Figura 71) vengono utilizzati per le analisi di impatto, adattamento e mitigazione. Verso questa direzione, l'aumento continuo di concentrazione dei gas serra nell'atmosfera delinea scenari non troppo rosei a meno che i milioni di tonnellate delle nostre emissioni annuali non diminuiscano. Secondo il Climate Change Science, l'aumento di concentrazioni di GHG porterà a:

- Innalzamento della temperatura terrestre (come anche descritto in Figura 71);
- Aumento delle precipitazioni;
- Riduzione di ghiaccio e neve;
- Aumento dell'acidità degli oceani;
- Aumento della frequenza, intensità e durata degli eventi estremi;
- Cambiamento delle caratteristiche economiche;

[44] I "Representative Concentration Pathways" (RCPs) sono stati concepiti per campionare una serie di fattori radiativi (RF) del sistema climatico nel 2100. Gli RCP sono tradotti in concentrazioni ed emissioni di gas serra utilizzando modelli di valutazione integrata (IAM). Questi vengono poi utilizzati come input per i modelli dinamici del sistema Terra (ESM) in simulazioni che sono guidate dalla concentrazione o dalle emissioni.

- Aumento dei trattamenti per la salute umana.

Lo scenario così definito impatterà sulla nostra richiesta di cibo, sulla gestione delle risorse, sullo stato delle infrastrutture e della salute[45]. Più in dettaglio, per capire meglio questo scenario, bisogna sapere che molti GHG rimangono nell'atmosfera per lunghi periodi di tempo. Di conseguenza, anche se le emissioni cessano di aumentare, le concentrazioni di gas serra rimangono elevate per centinaia di anni[46]. Se le concentrazioni di gas rimangono allo stato attuale le temperature, comunque, continuano a riscaldarsi perché gli oceani, che immagazzinano il calore, impiegano molti decenni a rispondere pienamente all'aumento delle concentrazioni. La risposta degli oceani all'aumento delle concentrazioni di gas serra e delle temperature continuerà ad impattare sul clima nei prossimi decenni o centinaia di anni, come illustrato in Figura 72[47]. La concentrazione di gas serra non tornerebbe immediatamente ai livelli preindustriali, quella del metano tornerebbe a valori prossimi al livello preindustriale in circa 50 anni, le concentrazioni di N2O necessiterebbero di diversi secoli, mentre la CO2 non tornerebbe essenzialmente mai al livello preindustriale.

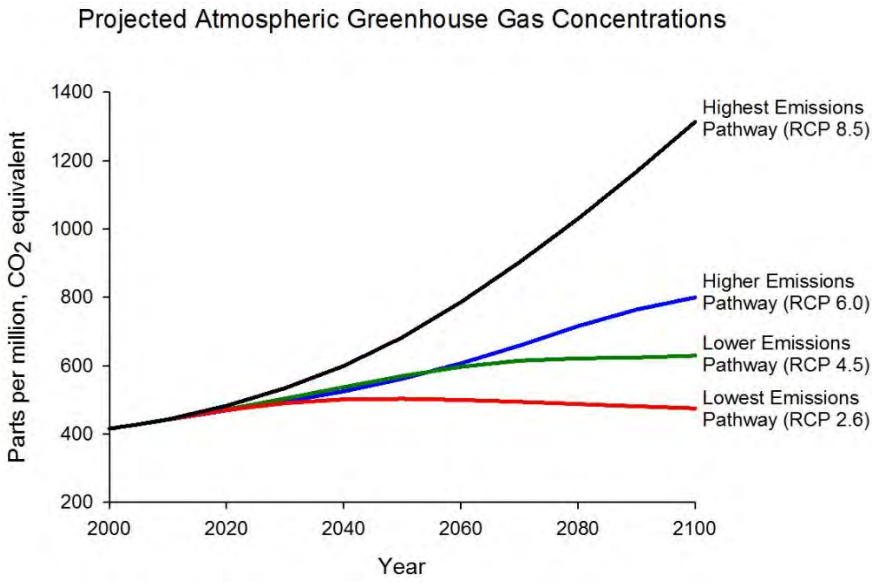


Figura 72. Concentrazioni di gas serra previste per quattro RCP diversi. L'RCP 8.5 ipotizza che le emissioni di gas serra continuino ad aumentare per tutto il secolo in corso. Il percorso RCP 2.6 ipotizza che le emissioni raggiungano un picco tra il 2010 e il 2020, per poi diminuire (credits: IPCC)

[45] https://climatechange.chicago.gov/climate-change-science/future-climate-change

[46] Gli aerosol hanno una durata di vita di settimane, il metano (CH4) di circa 10 anni, il protossido di azoto (N2O) di circa 100 anni e l'esafluoroetano (C2F6) di circa 10.000 anni. La CO2 è più complicata, poiché viene rimossa dall'atmosfera attraverso molteplici processi fisici e biogeochimici negli oceani e sulla terraferma.

[47] IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

In materia climatologica, gli scenari sviluppati dagli scienziati, attraverso l'uso accurato di innumerevoli modelli, non sono ottimistici. Per quanto già fatto, le azioni dell'uomo non posso cambiare e/o invertire la tendenza già intrapresa ma, con gli opportuni strumenti, questo trend può essere mantenuto costante per poi decrescere in 50 anni.

A titolo esemplificativo, sulla base delle necessità identificate dall'Advisory Board dell'Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo, si procede ora a delineare gli scenari a medio-lungo termine relativi a due tematiche attualmente considerate di maggior rilevanza: agricoltura di precisione e gestione delle risorse idriche.

Agricoltura di precisone

La società internazionale dell'agricoltura di precisione[48] nel 2019 ha definito l'agricoltura di precisione (AP da qui in poi) come "una strategia di gestione che raccoglie, elabora e analizzati dati temporali, spaziali e individuali e li combina con altre informazioni per supportare le decisioni e per migliorare l'efficienza dell'uso delle risorse, la produttività, la qualità, la redditività e la sostenibilità della produzione agricola". Più in dettaglio, l'AP è un moderno concetto di gestione agricola che utilizza tecniche digitali per monitorare e ottimizzare i processi di produzione agricola. Invece di applicare la stessa quantità di fertilizzanti su un intero campo agricolo o di nutrire una grande popolazione animale con quantità uguali di mangime, la AP misura le variazioni delle condizioni all'interno di un campo e adatta, di conseguenza, la strategia di fertilizzazione o di raccolta. I metodi di AP promettono di aumentare la quantità e la qualità della produzione agricola utilizzando meno input (acqua, energia, fertilizzanti, pesticidi, ecc.). L'obiettivo più grande è risparmiare sui costi, ridurre l'impatto ambientale e produrre cibo migliore e più abbondante.

Il Parlamento Europeo ha redatto un report nel 2016 "Precision agriculture and the future of farming in Europe"[49] al fine di esplorare i possibili impatti e sviluppi futuri dell'AP. È stato organizzato un esercizio di previsione con esperti tecnici, specialisti di previsione e con un gruppo eterogeneo di stakeholder selezionati (compresi i rappresentanti degli agricoltori, le ONG e il personale del Parlamento europeo che lavora nel settore). Questo esercizio ha portato allo sviluppo di una serie di scenari alternativi, che descrivono possibili futuri dell'agricoltura in Europa. Gli scenari individuati sono:

1. "Ottimismo economico", incentrato su uno sviluppo puramente economico secondo il paradigma del libero mercato;
2. "Sviluppo sostenibile globale", caratterizzato da una spinta sovranazionale verso la sostenibilità;
3. "Competizione regionale", basata sul paradigma del ritorno a uno stato di regioni in competizione tra loro;
4. "Sviluppo sostenibile regionale", caratterizzato dal principio della sostenibilità realizzato in comunità locali strettamente legate tra loro.

Il ruolo di questi scenari è quello di catturare le principali opportunità, preoccupazioni, speranze e paure degli stakeholder partecipanti.

Ottimismo economico

Il primo scenario ipotizza, da qui al 2050, una crescita economica molto rapida. I fattori ipotizzati per raggiungere tale obiettivo sono:

- Un rapido sviluppo tecnologico;
- Una crescita demografica piuttosto lenta;
- Un aumento del libero scambio;
- L' AP e le altre tecnologie sono implementate con l'unico obiettivo di una maggiore efficienza;
- L'AP si sviluppa completamente, fino ad arrivare a robot autonomi e a controllare le aziende agricole;

[48] https://www.ispag.org/

[49] https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf

- La politica e la legislazione creano mercati aperti.

In questo scenario, le dinamiche di mercato giocano un ruolo centrale, il commercio è libero e globale e l'economia è in piena espansione. Le persone, in generale, fanno pieno affidamento sulla tecnologia. Le nuove tecnologie si diffondono rapidamente, incontrano poca resistenza. Dall'altro lato però, i meccanismi di mercato governano gli sviluppi e comportano rischi crescenti e fenomeni di disuguaglianza economica e sociale. Le differenze di reddito che ne derivano determinano l'accesso globale alla tecnologia. Tuttavia, le persone hanno fiducia e credono che la combinazione dei meccanismi di mercato con il progresso tecnologico saranno in gradi di risolvere le disuguaglianze sociali ed economiche. L'agricoltura in Europa è completamente automatizzata, così tanto da avere robot autonomi. L'AP viene utilizzata per migliorare la biodiversità, per dare ai consumatori la possibilità di conoscere la provenienza degli alimenti. I dati raccolti e gli approfondimenti supportano il processo decisionale per produrre in modo efficiente e per stimolare una nuova crescita economica. La professione dell'agricoltore non esiste più come la conosciamo oggi, la maggior parte delle aziende agricole è altamente automatizzata, con solo pochi lavori manuali. Oltre alle competenze tecnologiche e legislative, le competenze imprenditoriali (gestione aziendale, gestione dell'innovazione, imprenditorialità, marketing) sono particolarmente importanti per questo scenario. Dal punto di vista legislativo il principio è quello di "lasciare che siano i meccanismi di mercato a decidere", riducendo così al minimo l'intervento governativo ed un ruolo fondamentale è svolto dall'allentamento delle norme sulla sicurezza dei dati e degli standard sulla privacy. Sarebbero necessari ingenti investimenti in innovazioni tecnologiche e una forte alleanza con gli istituti scientifici e tecnologici.

Sviluppo Sostenibile Globale

Questo secondo scenario, ipotizzato per il 2050, ha come obiettivo principale la sostenibilità globale e presenta le seguenti caratteristiche:

- Una forte crescita economica;
- Una crescita relativamente lenta della popolazione (globale);
- Uno sviluppo tecnologico medio-rapido;
- Un mercato economico governato dal libero scambio;
- Un governo globale che stabilisce quadri e obiettivi di sostenibilità e spingono per un cambiamento comportamentale;
- Le scoperte dell'AP riguardano la sostenibilità e le questioni di uguaglianza;
- L'AP consiste in tecnologie veloci e semi autonome nella maggior parte delle aziende agricole.

La protezione dell'ambiente e la lotta alle disuguaglianze sono di massima importanza. Questi obiettivi vengono raggiunti attraverso la cooperazione globale, quadri politici chiari e tecnologie efficienti. Le persone cercano e investono principalmente in tecnologie che contribuiscono alla sostenibilità e all'uguaglianza. L'AP è promossa e portata avanti laddove fa progredire la sostenibilità. I governi controllano l'agricoltura e quindi le competenze imprenditoriali sono meno importanti. In questo scenario, oltre alle tre aree chiave della competenza tecnologica, della competenza legislativa e della leadership locale, sono particolarmente importanti le varie competenze in materia di sostenibilità. Sarebbe necessario dunque sviluppare un quadro globale per gli obiettivi di sostenibilità e la legislazione e la politica dovrebbero spingere a cambiare i comportamenti verso la sostenibilità.

Competizione nazionale

Il terzo scenario ha come obiettivo principale la sicurezza. Ipotizza come fattori impattanti:

- Una crescita economica lenta;
- Una rapida crescita della popolazione;
- Un lento sviluppo tecnologico;
- Delle barriere commerciali;
- Dei governi nazionali forti;
- Una tecnologia accettata nel campo dell'AP;
- Gli agricoltori sono visti come membri importanti della comunità.

Le Nazioni hanno preso il sopravvento. Ognuna si concentra sui propri interessi e sulla propria identità, il che causa tensioni e rende difficile lo sfruttamento dei vantaggi di scala. La sicurezza è fondamentale e le tecnologie che non sono sicure non vengono adottate. Si investe solo in tecnologie che assicurano efficienza e sicurezza. L'AP viene utilizzata per stimolare la crescita e la produzione nazionale. Si accetta una certa manipolazione genetica delle piante, del suolo solo se altamente monitorata. Gli agricoltori sono considerati la risorsa principale per garantire l'autosufficienza della nazione. Essi devono essere in grado di combinare i metodi di coltivazione tradizionali con quelli della AP e devono essere assolutamente consapevoli sulle questioni relative alla sicurezza. Dal punto di vista legislativo, l'attenzione si concentra sulla sicurezza e sulla privacy, con leggi forti per proteggere le persone e le organizzazioni, ma consentendo una differenziazione nell'attuazione di politiche a livello nazionale.

Sviluppo Sostenibile Nazionale

Il quarto e ultimo scenario ipotizzato ha come obiettivo principale la sostenibilità nazionale. I fattori che ne determinano lo sviluppo sono:

- Una crescita economica medio-lenta;
- Una crescita demografica media;
- Uno sviluppo tecnologico lento;
- Delle barriere commerciali;
- Gestione locale;
- AP utilizzata per obiettivi di sicurezza alimentare e sostenibilità.

Per i problemi ambientali e di disuguaglianza sociale, le soluzioni sono ricercate a livello nazionale. Il paradigma si basa su piccola scala e non è possibile realizzare i vantaggi delle grandi scale (internazionali). L'AP viene impiegata per produrre in modo più sostenibile e per ridurre l'impatto ambientale. L'AP fa progressi, ma le aziende agricole non sono completamente automatizzate a causa del progresso tecnologico lento. Leadership, sostenibilità, capacità imprenditoriali e PA sono tutti elementi importanti. È necessaria una stretta alleanza tra governo, imprese e università a livello locale. Politica e legislazione si concentrano sul sostegno delle nazioni.

Analisi e conclusioni

I quattro scenari sopra descritti per il 2050 hanno portato all'identificazione di quattro principali opportunità e preoccupazioni future riguardanti l'agricoltura di precisione nell'Europa sulle quali il Parlamento Europeo potrebbe agire in anticipo.

Sicurezza alimentare. In tutti gli scenari previsti, siano essi ottimisti o pessimisti, la sicurezza alimentare è fondamentale. Per raggiungere la sicurezza alimentare e nutrizionale a livello mondiale entro il 2050, la produttività totale dei fattori agricoli (TFP) dovrà crescere ad un tasso medio di almeno l'1,8% all'anno. Sulla base dei dai Eurostat, la crescita de TFP nell'agricoltura in Europa è rimasta, in maniera costante, al di sotto di questa percentuale. L'adozione dell'agricoltura di precisione può aiutare attivamente a raggiungere tale scopo.

Sostenibilità ambientale legata all'agricoltura. Il concetto si ritrova in tutti gli scenari proposti. Entro il 2050, la popolazione mondiale supererà i 9,5 miliardi di persone e per soddisfare questa domanda globale avremo bisogno di una produzione agricola superiore del 70-100%. Produrre di più e consumare di meno attraverso l'agricoltura di precisione sarà la forza trainante per soddisfare in modo sostenibile le esigenze ambientali dell'Unione Europea.

Cambiamenti sociali e adozione di tecnologie in agricoltura. Dai quattro scenari emerge che, analogamente al modo in cui PC, Internet, smartphone hanno cambiato il nostro stile di vita, in ogni contesto l'agricoltura di precisione innescherà cambiamenti sociali nella comunità rurali e darà vita a nuovi modelli di business.

Skills e educazione. Come ogni nuova tecnologia, l'introduzione e l'adozione dell'agricoltura di precisione richiederà l'apprendimento di nuove competenze da parte degli agricoltori. I giovani devono essere dotati del giusto mix di competenze base, sia specifiche per il lavoro che trasversali, per poter gestire e promuovere l'AP.

Da un punto di vista legislativo e politico, il futuro dell'agricoltura di precisione sarà probabilmente dominato dallo **scambio di dati**. Coloro che possiedono i dati possono dirigerli e controllarli sono dunque in una posizione centrale di potere. Chi gestirà la proprietà dei dati e la relativa privacy e sicurezza è un tema di priorità uno che deve essere subito affrontato. Nello "Scenario 1 - Ottimismo economico", sono le grandi aziende a detenere i dati; nello "Scenario 2 - Sviluppo sostenibile globale" è il governo; nello "Scenario 3 - Competizione regionale", i governi locali possono non possedere i dati, ma almeno hanno accesso a tutti i dati; e nello "Scenario 4 - Sviluppo sostenibile regionale", le persone e le imprese possiedono i loro dati, ma li condividono facilmente. Questo tema rappresenta la principale preoccupazione nell'adozione di strategie di agricoltura di precisione, poiché ha un impatto diretto sulla politica e sulla legislazione.

Gestione delle risorse idriche e dei rischi idrogeologici

L'acqua non è solo un prodotto commerciale, ma anche un bene comune e una risorsa limitata che deve essere protetta e utilizzata in maniera sostenibile, in termini sia di qualità che di quantità. Tuttavia, essa è sottoposta a pressioni da parte di vari settori, quali l'agricoltura, l'industria, il turismo, i trasporti e l'energia[50].

Nel report "Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility" dell'IPCC[51], gli scienziati delineano i futuri cambiamenti previsti nel ciclo dell'acqua sulla Terra, sottolineando l'inevitabile necessità di adattare le strategie di gestione delle risorse idriche.

Più in dettaglio, il flusso e il movimento dell'acqua nel sistema climatico terrestre variano molto. Data l'attività umana, in un mondo sempre più caldo, si verificheranno sempre di più precipitazioni, evaporazione della superficie e traspirazione delle piante. I cambiamenti saranno diversi rispetto alla località. In alcuni luoghi si verificheranno maggiori precipitazioni e maggiori accumuli di acqua mentre in altri, la quantità di acqua diminuirà a causa dell'inaridimento regionale e della perdita di neve e ghiaccio. Questi cambiamenti sono regolati dalla quantità di energia che il riscaldamento globale aggiunge al sistema climatico. Il ghiaccio, in tutte le sue forme, si scioglierà più rapidamente. Il Circolo Polare Artico scomparirà prima della metà di questo secolo. Entro la fine del secolo, la quantità media di vapore acqueo nell'atmosfera potrebbe aumentare dal 5 al 25%. Il livello del mare aumenterà a causa dell'espansione delle acque oceaniche che si riscaldano e dello scioglimento dei ghiacciai che si riversano nell'oceano. Alcune parti del mondo vedranno intensificare il ciclo dell'acqua, con più massivi movimenti d'acqua verso e fuori i bacini di stoccaggio. Contemporaneamente, altri territori sperimenteranno un esaurimento dell'acqua. Alcune riserve potrebbero addirittura scomparire.

Come mostrato in Figura 73, le precipitazioni aumenteranno circa del 50% nei tropici e negli artici entro la fine del secolo (secondo lo scenario di emissioni più estremo RCP8.5). Al contrario, nelle vaste aree subtropicali ci potrebbe essere un decremento delle precipitazioni pari al 30%. Ai tropici, questi cambiamenti sembrano essere governati da aumenti del vapore acqueo atmosferico e quindi favoriscono l'aumento delle precipitazioni tropicali. Nelle regioni subtropicali, questi cambiamenti di circolazione favoriscono contemporaneamente una minore piovosità poiché esse ospitano la maggior parte dei deserti del mondo; questi cambiamenti implicano un aumento dell'aridità in aree già secche e una possibile espansione dei deserti. Le precipitazioni diventeranno più intense perché ci sarà più umidità nell'atmosfera. In gran parte del Pianeta, gli eventi di precipitazione di un giorno che attualmente si verificano in media ogni 20 anni potrebbero verificarsi ogni 10 anni o anche più frequentemente entro la fine del secolo. Questi eventi producono due effetti apparentemente contraddittori: precipitazioni più intense con conseguente aumento delle inondazioni ma anche periodi di siccità più lunghi tra un evento di pioggia e l'altro.

Per i fenomeni scientifici sopra descritti, è necessario intraprendere azioni correttive e limitare gli effetti del cambiamento climatico sul nostro Pianeta. Bisognerà comunque adattare le risorse ormai a disposizione alle nuove necessità e ai bisogni emergenti.

[50] https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/74/protezione-e-gestione-delle-risorse-idriche

[51] https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/long-term-climate-change-projections-commitments-and-irreversibility/

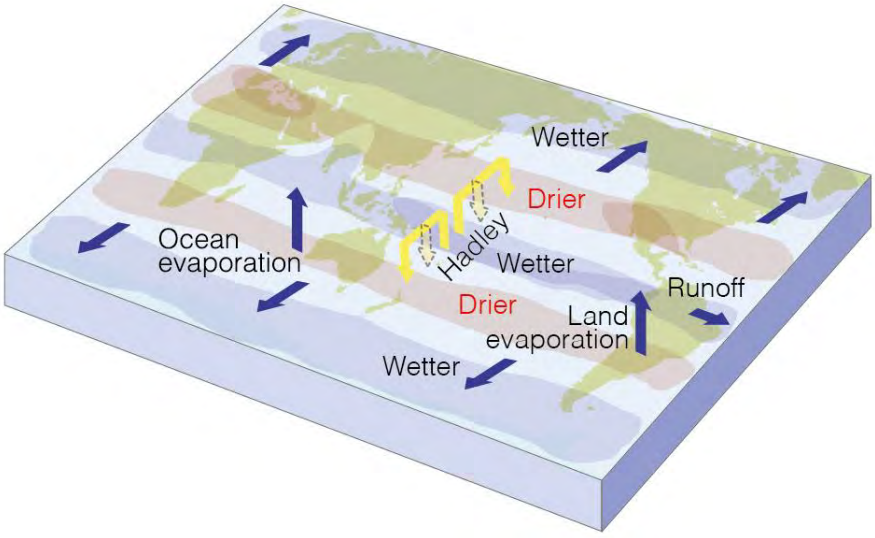


Figura 73. Schema dei cambiamenti previsti del ciclo dell'acqua. del ciclo dell'acqua. Le frecce blu indicano i principali movimenti dell'acqua attraverso il sistema climatico terrestre: il trasporto dell'acqua verso il polo da parte di venti extratropicali, l'evaporazione dalla superficie e il deflusso dalla terra agli oceani. Le regioni ombreggiate indicano le aree con maggiore probabilità di diventare più secche o più umide. Le frecce gialle indicano un importante cambiamento della Circolazione di Hadley (circolazione atmosferica), il cui moto ascensionale favorisce le precipitazioni tropicali e sopprime quelle subtropicali. Si prevedono condizioni più umide alle alte latitudini, perché un'atmosfera più calda consentirà maggiori precipitazioni, con un maggiore movimento di acqua in queste regioni (credits: IPCC)

A tal proposito, nella rivista scientifica ENEA, è stato recentemente pubblicato l'articolo "Gestione delle risorse idriche: criticità e scenari"[52] in cui vengono indicati gli aspetti ai quali sarà necessario porre attenzione:

- L'affermarsi di un nuovo modo di concepire l'utilizzo delle risorse idriche, dettato dalla consapevolezza che esse sono limitate e conseguentemente ogni azione che le riguarda deve essere valutata in termini di sostenibilità;
- Le opportunità, sempre più ampie, di applicare anche all'acqua i principi dell'economia circolare, principi che hanno profondamente modificato in questi ultimi decenni, ad esempio, le modalità di gestione dei rifiuti;
- La consapevolezza che i ritardi accumulati in alcuni settori, ad esempio quello dei servizi idrici, o per la soluzione di alcuni problemi, come la gestione dei fanghi di depurazione, debbano essere al più presto colmati, avviando anche azioni di carattere straordinario con il diretto coinvolgimento dello Stato;
- Le conseguenze dei cambiamenti climatici sulla qualità e sulla disponibilità delle risorse idriche. Nel caso di stress idrico, l'approvvigionamento di acqua potrà diventare incostante, rendendo più difficile assicurare a città, industrie e aziende agricole il fabbisogno idrico necessario a superare i periodi di carenza di acqua. In tale prospettiva il ricorso a risorse idriche non convenzionali dovrà essere opportunamente incentivato;
- L'entrata in vigore di alcune nuove norme, quali il regolamento sul riutilizzo delle acque reflue urbane, e il probabile completarsi nel corso dell'anno della revisione della direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane, che introdurrà nuovi obblighi, orientando tra l'altro il settore verso la neutralità climatica;

[52] https://www.eai.enea.it/archivio/sos-acqua/gestione-delle-risorse-idriche-criticita-e-scenari.html

- La realizzazione nei tempi preventivati degli interventi del PNRR, in particolare di quelli volti garantire la sicurezza dell'approvvigionamento e la gestione sostenibile delle risorse idriche lungo l'intero ciclo.

Più in dettaglio, l'articolo presenta diversi argomenti relativi alla gestione delle risorse idriche e al riutilizzo delle acque reflue urbane in Italia.

Rilanciare e consolidare gli strumenti della pianificazione di bacino

Vengono diffusi dati allarmanti sulla ridotta disponibilità d'acqua nel bacino del Po. Gli indicatori idro-meteo-climatici e le analisi integrate presentate dalle regioni del distretto e dai numerosi portatori d'interesse nel corso della prima riunione del 2023 dell'Osservatorio Permanente sugli utilizzi idrici all'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po proiettano un quadro idrico complessivo di manifesta sofferenza. A questo grande tema si affiancano le considerazioni sintetizzate sopra che complessivamente confermano l'esigenza di rilanciare e consolidare gli strumenti della pianificazione di bacino. Per far ciò occorre intervenire secondo due distinte direttrici. La prima finalizzata ad un adeguamento della normativa, anche rispetto alla governance territoriale, a causa dei mutamenti climatici. Sarebbe necessario, quindi, mettere mano alla legge per incrementare le possibilità di adattamento alle crisi idriche e le opportunità di difesa. In particolare, è necessario superare il concetto di pianificazione del bilancio idrico, in sostanza come far fronte alla domanda d'acqua, per imboccare la strada della pianificazione degli usi, della ottimizzazione delle risorse, della eliminazione degli sprechi, in poche parole, della pianificazione della domanda d'acqua. La seconda si riferisce invece al necessario adeguamento dei metodi e degli strumenti della pianificazione. La Commissione Europea ha rilevato relativamente di recente l'inadeguatezza dei Piani delle maggiori Autorità distrettuali italiane attraverso la Comunicazione COM (2019), 95 final e l'EU Pilot 9722/20/ENVI. Entrambe le comunicazioni indicano una situazione di non conformità sistemica persistente e significativa rispetto in particolare all'articolo 5 che impone agli Stati membri di effettuare un esame dell'impatto delle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sulle acque sotterranee per ciascun distretto idrografico. È stato certamente avviato un percorso finalizzato all'adeguamento del sistema, ma le indicazioni della Commissione comportano senza dubbio anche una radicale riorganizzazione degli strumenti e della governance che potrà essere ottenuta solo nel tempo, purché progressivamente si vada nella giusta direzione. Rimandando alle due comunicazioni citate per i dettagli, varrà qui la pena di sottolineare l'importanza e l'impegno che comporterebbe raggiungere obiettivi come ad esempio l'armonizzazione dei diversi approcci metodologici adottati dalle singole Regioni, oppure la revisione del sistema delle concessioni d'uso della risorsa, rafforzando la disponibilità delle necessarie informazioni, riconosciute come estremamente carenti dalla stessa Commissione, o ancora l'analisi degli impatti sulle risorse o l'internalizzazione dei costi ambientali nel contesto dell'analisi economica degli usi.

Le nuove norme sul riutilizzo delle acque

La crescente pressione sulle risorse idriche, dovuta in parte all'aumento della domanda e in parte alla minore disponibilità per effetto dei cambiamenti climatici, ha portato il Parlamento europeo e il Consiglio ad emanare un provvedimento volto a promuovere il riutilizzo delle acque reflue urbane. Il regolamento in questione, (UE) 2020/741, che mira appunto ad agevolare e incoraggiare la pratica del riutilizzo di tali acque a fini irrigui in agricoltura, dovrà essere applicato dai paesi membri a partire dal 26 giugno 2023. Aspetti peculiari del regolamento sono la fissazione di requisiti di qualità delle acque reflue urbane per il riutilizzo in condizioni di sicurezza, l'introduzione di prescrizioni in materia di monitoraggio, valutazione e gestione dei rischi per la salute umana e per l'ambiente, nonché la fissazione

di procedure amministrative chiare e trasparenti. Per agevolarne la corretta applicazione, la Commissione ha di recente pubblicato una Comunicazione dal titolo "Orientamenti a sostegno della corretta applicazione del Regolamento (UE) 2020/741". Il riutilizzo delle acque reflue urbane a fini irrigui, appare tuttavia ancora gravato da notevoli incertezze, alle quali occorrerà prestare la giusta attenzione se si vogliono raggiungere percentuali significative di riutilizzo. In primis, dovranno essere effettuati i necessari interventi strutturali, sia sulle reti di distribuzione delle acque depurate per raggiungere i punti di utilizzo, che sui sistemi di accumulo, con il fine di gestire lo scostamento temporale tra la produzione, continua, ed il consumo, discontinuo. Il riutilizzo diretto di acque reflue depurate e affinate può poi potenzialmente confliggere con altri usi in alcune aree del Paese. Va quindi definito il ruolo che la pianificazione distrettuale e regionale deve avere nella gestione dei progetti di riutilizzo delle acque reflue, nel contesto più ampio dell'analisi economica sull'utilizzo idrico e della pianificazione del bilancio idrico. Sulla qualità delle acque destinate al riutilizzo irriguo, appare poi opportuno valutare la compatibilità delle prescrizioni del nuovo regolamento con le norme che attualmente regolano il riutilizzo delle acque reflue nel nostro paese. Ai fini operativi occorre infine garantire la sostenibilità economica del riutilizzo, limitando da un lato gli incrementi dei costi per il comparto irriguo, associati ai maggiori fabbisogni infrastrutturali ed ai maggiori oneri in termini di gestione e controllo del sistema, e dall'altro lato, evitando ogni possibile distorsione di mercato dovuta a timori e diffidenza dei distributori e consumatori verso il consumo di prodotti irrigati con acque reflue non convenzionali.

La revisione della Direttiva sulla gestione delle acque reflue urbane

È in fase avanzata di elaborazione una proposta della Commissione Europea di revisione dei contenuti della Direttiva 91/271/CE sulle acque reflue urbane, con l'obbiettivo di affrontare alcuni aspetti della gestione delle acque reflue urbane che, dalle attività di monitoraggio condotte dalla Commissione e dalle segnalazioni degli stati membri, non risultavano ancora coerenti con importanti azioni avviate dalla Commissione in materia di neutralità climatica, di risparmio energetico, di circolazione di microinquinanti, e altre di minore rilievo. Come indicato nei documenti della Commissione, la direttiva intende progressivamente rendere il settore delle acque reflue neutro sotto il profilo energetico, orientarlo verso la neutralità climatica, responsabilizzarlo rispetto al tema dell'immissione di microinquinanti tossici negli ambienti naturali e renderlo parte rilevante del sistema pubblico di monitoraggio del rischio sanitario. Gli Enti preposti alla organizzazione del Servizio Idrico Integrato dovranno conseguentemente rivedere, come raccomandato dalla Commissione sin dal 2019, la pianificazione d'ambito (elenco degli interventi, aspetti economico-finanziari, monitoraggio) al fine di introdurre nella gestione delle acque reflue urbane, coerentemente con le scadenze temporali previste nel provvedimento, le misure necessarie per raggiungere gli obbiettivi prima richiamati. Concorreranno in modo importante alla protezione delle acque superficiali e sotterranee nelle aree urbane, l'inclusione nei piani di gestione anche delle acque piovane, che spesso raggiungono, attraverso gli scaricatori di piena delle reti fognarie, i corpi idrici senza subire alcun trattamento e, nelle aree extra urbane, l'inclusione nel campo di applicazione della Direttiva dei centri con meno di 1000 A.E. Al raggiungimento dei nuovi obbiettivi, dovranno concorrere in modo rilevante gli impianti di depurazione, che dovranno essere progressivamente riconvertiti in fabbriche verdi.

I depuratori come 'fabbriche verdi'

In un'ottica di economia circolare, gli impianti di trattamento delle acque reflue, in linea peraltro con le indicazioni contenute nel PNRR, dovranno essere trasformati in bioraffinerie, ovvero piattaforme integrate in grado di

recuperare e valorizzare i componenti di pregio presenti nelle acque reflue, non solo l'acqua, ma anche sostanze ad alto valore aggiunto, energia (rinnovabile) e bio-prodotti. La valorizzazione dei fanghi di depurazione si integra perfettamente in tale quadro di trasformazione, consentendo il recupero di carbonio, elementi nutrienti (principalmente azoto e fosforo) ed energia. Il recupero delle risorse materiali ed energetiche concorrerà anche a ridurre le emissioni di gas serra (l'impronta di carbonio) e i consumi energetici.

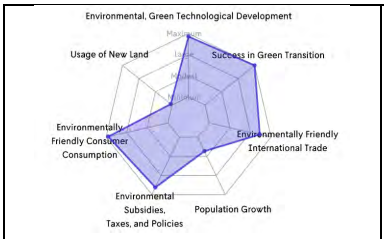
Dai Futures Studies: scenari possibili in tema terra e clima

Il futuro del clima: 4 scenari dal 2024 al 2050

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito al tema del cambiamento climatico tra 2024 e il 2050. I driver considerati per la realizzazione degli scenari sono: Successo nella transizione verde; Sviluppo tecnologico ambientale e verde; Consumo al consumo rispettoso dell'ambiente; Sussidi, tasse e politiche ambientali; Commercio internazionale rispettoso dell'ambiente; Utilizzo di nuovo suolo.

Nei paragrafi seguenti dettagliamo ciascuno scenario ma ne diamo una visione sintetica in Tabella 8.

Tabella 8. Sintesi di 4 scenari per il cambiamento climatico tra il 2024 e il 2050

	Il mondo raggiunge l'obiettivo dell'Accordo di Parigi di limitare il riscaldamento globale a 1,5 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali intorno al 2050 ed evita gli impatti peggiori del cambiamento climatico. Le società adottano misure concrete e apportano cambiamenti senza precedenti per raggiungere l'obiettivo di zero emissioni nette, con particolare attenzione alla promozione della sostenibilità economica, sociale e ambientale.
	Le emissioni di carbonio del 2100 sono doppie rispetto ai livelli del 2023. A causa del fallimento nel limitare le emissioni globali, le temperature aumentano costantemente e le temperature medie diventeranno di 3,6 gradi Celsius più alte rispetto ai livelli preindustriali entro la fine del secolo.
	Il mondo adotta alcune misure per ridurre le emissioni, ma i progressi verso la neutralità del carbonio e lo sviluppo sostenibile sono lenti. Le temperature medie aumenteranno di 2,7 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali entro il 2100, non riuscendo a mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto dell'obiettivo dell'Accordo di Parigi di 1,5-2 gradi Celsius.
	Nello scenario peggiore, il cambiamento climatico aumenta la temperatura media globale di 4,4 gradi Celsius o più, rispetto ai livelli preindustriali, portando conseguenze catastrofiche entro la fine del secolo. L'aumento della temperatura globale è alimentato dagli stili di vita ad alta intensità di risorse, dal fallimento totale della transizione verde e degli accordi globali sulla limitazione della CO2, e dal crescente sfruttamento dei combustibili fossili.

Un futuro sostenibile e resiliente con un clima stabile limitando l'aumento della temperatura a 1,5°C entro il 2050

Essendo stati in grado di limitare il riscaldamento globale a 1,5 gradi Celsius, si evitano gli impatti peggiori del cambiamento climatico. Sebbene alcuni eventi meteorologici estremi si verifichino occasionalmente, la resilienza ecologica, sociale, economica e agricola è molto elevata in tutto il mondo.

A causa delle dimensioni ridotte delle famiglie legate al rapido sviluppo sociale ed economico, la crescita della popolazione globale rallenta più rapidamente di quanto stimato da una serie di proiezioni di organizzazioni internazionali. Ciò significa una minore domanda di risorse e infrastrutture, che a sua volta aiuta a mitigare l'espansione dell'uso del suolo per nuove aree urbane e l'agricoltura.

La neutralità del carbonio viene raggiunta in gran parte grazie al drammatico spostamento verso la sostenibilità in tutti gli aspetti della società. Le normative, i sistemi fiscali e le politiche si evolvono di conseguenza per renderli realistici, realizzabili e applicabili, ma sufficientemente efficaci da ridurre significativamente le emissioni. Le tecnologie verdi, tra cui la cattura e lo stoccaggio del carbonio, le energie rinnovabili e le tecnologie di stoccaggio dell'energia verde, così come altre tecnologie efficienti sotto il profilo delle risorse, si sviluppano rapidamente.

Lo sviluppo tecnologico offre alle persone un maggiore accesso alle informazioni e all'educazione sugli effetti dell'inquinamento e del cambiamento climatico e sui principi dell'economia circolare, portando a un cambiamento nei comportamenti e negli atteggiamenti verso uno stile di vita più sostenibile. In questo modo, in tutto il mondo si realizza una transizione da modelli di business e di consumo ad alta intensità di risorse a pratiche circolari ed ecologiche.

In Figura 74 raffiguriamo l'intensità dei driver considerati.



Figura 74. Intensità dei driver per lo scenario 'Un futuro sostenibile e resiliente con un clima stabile limitando l'aumento della temperatura a 1,5 °C entro il 2050' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo per lo scenario è:

- 2024: Le imprese e gli individui iniziano sempre più a prendere decisioni basate sulle proprie emissioni di carbonio.
- 2025: I finanziamenti pubblici e privati per lo sviluppo di tecnologie verdi aumentano in modo significativo per accelerare la transizione verso l'energia pulita e la decarbonizzazione, nonché per prosperare nella corsa tecnologica globale.
- 2026: Molti paesi si impegnano nella cooperazione multilaterale per promuovere modelli di business circolari, lo sviluppo di nuove tecnologie verdi e l'implementazione di sistemi di tariffazione del carbonio.
- 2027: Organizzazioni globali, fondi, miliardari e governi aumentano significativamente i finanziamenti per progetti di forestazione su larga scala, come l'iniziativa della Grande Muraglia Verde in Africa, al fine di espandere i pozzi di assorbimento del carbonio e combattere realmente il cambiamento climatico.
- 2028: I consumatori non solo nei paesi ad alto reddito ma anche in quelli a medio reddito diventano più consapevoli delle conseguenze ambientali delle loro azioni.
- 2029: L'obiettivo finale delle aziende non è più vendere beni o servizi con buoni profitti, ma basarsi sui costi totali che includono i costi finanziari, l'impatto sociale e i costi delle emissioni di carbonio.
- 2030: Nuove tecnologie su larga scala per ridurre le emissioni, come gli impianti di cattura e riutilizzo della CO2, il cibo coltivato in laboratorio e altre tecnologie alimentari innovative che imitano la carne, vengono introdotte nel mercato di massa. Ciò rende gradualmente obsoleto l'allevamento del bestiame, riducendo così l'uso del territorio.
- 2035: I progetti di forestazione su larga scala in tutto il mondo apportano sempre più benefici collaterali, tra cui la conservazione e il ripristino della natura e lo sviluppo economico della comunità.
- 2050: L'obiettivo dell'Accordo di Parigi di mantenere il riscaldamento globale entro circa 1,5 gradi Celsius è stato raggiunto. Molteplici iniziative efficaci e l'adozione di tecnologie innovative migliorano la resilienza in tutte le dimensioni.

Un mondo isolazionista in cui la cooperazione globale per combattere il cambiamento climatico diminuisce significativamente e le temperature medie salgono di 3,6°C

Con l'intensificarsi dei conflitti geopolitici, la fiducia tra i paesi diminuisce. Ciò distoglie l'attenzione e le risorse dagli sforzi collettivi legati al cambiamento climatico. Invece di cooperare e collaborare con la comunità internazionale, i paesi si concentrano sulla propria resilienza sociale, economica e agricola, sull'autosufficienza energetica e su altre questioni di sicurezza nazionale. Man mano che i paesi diventano sempre più isolazionisti, il commercio internazionale diminuisce. Sebbene ciò possa ridurre sostanzialmente le emissioni di gas serra, i paesi perseguono i propri interessi e danno priorità alla propria sicurezza e alle proprie risorse rispetto alla cooperazione globale e al bene collettivo. Invece di mitigare collettivamente le emissioni, ogni paese cerca di trovare soluzioni per adattarsi al nuovo clima.

Complessivamente, i paesi non cooperano tra loro per garantire la sicurezza e la sostenibilità globale in modo significativo. Il movimento mondiale verso il protezionismo e la diminuzione degli sforzi globali per affrontare il riscaldamento globale portano a un'intensificazione del cambiamento climatico. Di conseguenza, eventi meteorologici estremi più frequenti e intensi come ondate di caldo record, uragani, siccità estreme e inondazioni stanno diventando più comuni in tutto il mondo.

L'intensità dei driver considerati per lo scenario è raffigurata in Figura 75.



Figura 75. Intensità dei driver nello scenario 'Un mondo isolazionista in cui la cooperazione globale per combattere il cambiamento climatico diminuisce significativamente e le temperature medie salgono di 3,6 °C' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo dello scenario è il seguente:

- 2026: I conflitti geopolitici ostacolano la cooperazione per mitigare il cambiamento climatico.

- 2028: Alcuni paesi con le emissioni più elevate dichiarano il loro ritiro dall'accordo di Parigi, e la maggior parte lo segue solo sulla carta e nella propria retorica.
- 2030: I paesi e gli individui di tutto il mondo diventano sempre più consapevoli degli impatti dei cambiamenti climatici e dell'importanza di adattarsi al riscaldamento climatico, poiché diventa ovvio che fermare lo sviluppo con la cooperazione internazionale non è possibile. I paesi spostano la loro attenzione sulla propria sicurezza nazionale, sull'approvvigionamento alimentare ed energetico e su altre forme di resilienza sociale.
- 2035: Le tecnologie energetiche rinnovabili e altre tecnologie verdi si sviluppano costantemente. Alcuni paesi implementano con successo tali tecnologie per adattarsi ai cambiamenti climatici. Mentre in alcuni paesi vengono introdotte nel mercato di massa tecnologie alimentari innovative che consentono un utilizzo minore o nullo del territorio, molti paesi tentano ancora di acquisire terreni coltivabili per ridurre la loro vulnerabilità alla crisi alimentare che potrebbe essere causata dai cambiamenti climatici.
- 2040: La concorrenza e i conflitti tra i paesi aumentano in un mondo in cui la cooperazione globale e gli accordi sulla riduzione delle emissioni sono quasi inesistenti.
- 2050: La disuguaglianza economica continua ad aumentare ulteriormente e la povertà diventa più diffusa, con alcuni paesi che diventano solo più ricchi mentre altri lottano.

Un futuro più caldo ma impatti meno gravi dei cambiamenti climatici con temperature in aumento di 2,7°C

Sebbene il riscaldamento globale continui, gli impatti sono meno gravi di quelli di altri scenari ad alte emissioni. I paesi si uniscono e collaborano su accordi internazionali per ridurre le emissioni e costruire società resilienti. Molti paesi approvano anche leggi e regolamenti nazionali, oltre a introdurre tasse sul carbonio, sussidi e nuove politiche commerciali per ridurre le emissioni di carbonio. Ciò accelera lo sviluppo e l'implementazione di varie tecnologie che possono aiutare a mitigare le emissioni.

Tuttavia, la popolazione cresce più rapidamente delle proiezioni stimate e la popolazione della classe media in Asia e successivamente in Africa sperimenta una crescita esponenziale. Ciò porta a un aumento significativo del consumo eccessivo, dell'uso del territorio e a una domanda alle stelle di risorse. Anche se alcuni sforzi per ridurre le emissioni vengono compiuti a livello globale, il mondo fa pochi progressi nel raggiungimento degli obiettivi climatici e non riesce a raggiungere le emissioni nette pari a zero entro la fine del secolo.

L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 76.



Figura 76. Intensità dei driver per lo scenario 'Un futuro più caldo ma impatti meno gravi dei cambiamenti climatici con temperature in aumento di 2,7°C' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di realizzazione dello scenario è la seguente:

- 2028: I paesi ad alto e medio reddito aumentano gli incentivi fiscali e i sussidi per incoraggiare le imprese ad adottare modelli di business più rispettosi del clima.
- 2035: Le popolazioni della classe media in Asia continuano a crescere. Seguono un modello di consumo ad alta intensità di risorse che è stato o è stato osservato in altre parti del mondo, come gli Stati Uniti e l'Europa.

- 2040: Il consumo eccessivo e l'elevata domanda di alimenti di origine animale portano ad un aumento dell'uso del suolo per la produzione, accelerando a sua volta la deforestazione.
- 2045: Una vasta gamma di impatti dei cambiamenti climatici, come la distruzione degli habitat, l'aumento dell'erosione del suolo, la ridotta disponibilità di acqua, sono visibili soprattutto nel Sud del mondo.
- 2050: Il mondo continua a dirigersi verso un futuro più caldo. Le aree già soggette a ondate di caldo e siccità affrontano rischi maggiori di impatti ancora più estremi, che portano a una significativa perdita di biodiversità e a un aumento degli incendi.

Un futuro devastante e irreversibile con temperature che raggiungono i 4,4°C sopra i livelli preindustriali

Molti paesi, compresi quelli con le emissioni più elevate come Cina, Stati Uniti, India, Giappone e Russia, si ritirano dall'accordo di Parigi. Pertanto, la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e il ruolo delle Nazioni Unite perdono in larga misura sostanza. I paesi riducono gli investimenti nell'energia nucleare, nell'idrogeno, nelle energie rinnovabili, nella cattura del carbonio e nell'economia circolare e accelerano lo sfruttamento soprattutto del carbone ma anche di altri combustibili fossili. Inoltre, le imprese e gli individui, in particolare la crescente classe media globale, aumentano i consumi ad alta intensità energetica, portando a una maggiore domanda di combustibili fossili e, a sua volta, generando ancora più emissioni di carbonio sia pro capite che in totale, come mai prima d'ora. L'aumento delle temperature porta ad un circolo vizioso in cui il permafrost si scioglie e, di conseguenza, il cambiamento climatico accelera ancora di più, causando vari gravi danni.

L'impatto devastante del cambiamento climatico si fa sentire a livello globale. Molti ecosistemi terrestri e acquatici sono gravemente minacciati. La maggior parte degli ecosistemi delle barriere coralline del mondo sono crollati o sono sul punto di farlo. Le condizioni di vita in molte vaste regioni densamente popolate sono devastate a causa di gravi siccità e tempeste, e la produzione alimentare globale danneggiata non è più sufficiente a nutrire tutta la crescente popolazione mondiale, anche quando l'uso del territorio raggiunge nuovi livelli. I deserti stanno crescendo e gli sforzi per ridurre le emissioni non aiutano più a questo punto. Le popolazioni più vulnerabili del mondo soffrono maggiormente a causa della loro scarsa capacità finanziaria e tecnologica di adattarsi ai cambiamenti climatici. Ciò porta alla migrazione di massa di centinaia di milioni di persone e al caos sociale ed economico in numerosi paesi in via di sviluppo ma anche in alcuni paesi sviluppati. Gli unici "vincitori" a lungo termine, se ci sono vincitori in questo sviluppo rovinoso, sono le ex regioni artiche e alcuni paesi più settentrionali che possono avviare l'agricoltura, la silvicoltura e il turismo su larga scala e avere milioni di nuovi abitanti.

L'intensità dei driver considerati per lo scenario è raffigurata in Figura 77.



Figura 77. Intensità dei driver per lo scenario 'Un futuro devastante e irreversibile con temperature che raggiungono i 4,4 °C sopra i livelli preindustriali' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo è la seguente:

- 2027: Non si osservano cambiamenti degni di nota nei modelli di consumo delle imprese e dei privati. Lo spostamento verso pratiche più sostenibili rallenta considerevolmente.
- 2028: Alcuni paesi con le emissioni più elevate dichiarano il loro ritiro dall'accordo di Parigi, e la maggior parte lo segue solo sulla carta e nella propria retorica.
- 2040: Ondate di caldo intenso, siccità, tempeste e inondazioni diventano comuni anche in aree che originariamente non erano soggette a tali fenomeni.
- 2050: I livelli di emissioni di carbonio sono raddoppiati dal 2023.
- 2060: L'aumento delle temperature porta ad un circolo vizioso in cui il permafrost si scioglie e, di conseguenza, il cambiamento climatico avanza ancora più rapidamente, causando gravi danni in tutto il mondo.
- 2065: Il permafrost artico fuso rivela batteri e virus antichi. L'aumento delle temperature aumenta anche la diffusione di virus e malattie che prosperano negli ambienti più caldi.
- 2070: Vaste aree del mondo si trovano ad affrontare malnutrizione e fame a causa di un livello senza precedenti di carenza alimentare derivante dal crescente impatto del cambiamento climatico.
- 2080: Molte città costiere e piccole nazioni insulari sono parzialmente o completamente sommerse, costringendo ogni anno milioni di persone a lasciare le proprie case. Siccità, ondate di caldo e tempeste costringono ogni anno milioni di persone ad abbandonare le proprie case. Il numero totale di rifugiati climatici raggiunge le centinaia di milioni, provocando caos economico e sociale e frequenti conflitti in tutto il mondo.

Il futuro dell'energia: due scenari tra il 2025 e il 2040

In questa sezione riassumiamo due scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito al tema del cambiamento climatico e in particolare degli impatti sui sistemi energetici tra 2025 e il 2040.

I sistemi energetici sono costituiti da reti di produzione e distribuzione di energia. Storicamente, le sfide legate ai sistemi energetici hanno ruotato principalmente attorno alla sola produzione e fornitura di energia. Tuttavia, recentemente, condizioni meteorologiche estreme determinate dai cambiamenti climatici, come siccità, tempeste, uragani, inondazioni e temperature estreme, sono entrate come protagoniste di questo tema. Ad esempio, le tempeste possono causare interruzioni di corrente e interferire con la produzione di energia eolica, mentre la siccità può causare difficoltà nella generazione di energia idroelettrica.

A causa dei cambiamenti climatici, gli eventi meteorologici estremi stanno diventando sempre più frequenti e devastanti. Ad esempio, negli ultimi tre decenni, il Nord Atlantico ha già sperimentato una crescente intensità di uragani e uno studio condotto nelle città svedesi ha indicato che gli eventi meteorologici estremi potrebbero ridurre l'affidabilità delle forniture elettriche del 16%, causando blackout e con conseguenti notevoli perdite economiche. Pertanto, esiste un'esigenza globale emergente di costruire infrastrutture energetiche resilienti e sistemi energetici a prova di futuro.

I driver considerati per la realizzazione dei due scenari sono: Necessità di microreti resilienti; Frequenza degli eventi meteorologici estremi; Domanda di sicurezza energetica; Cambiamenti climatici.

Divari regionali nelle capacità di resilienza climatica ed energetica

L'interesse per la resilienza energetica varierà da una regione all'altra. Poiché le condizioni meteorologiche estreme colpiscono alcune regioni, come le coste, in modo significativamente più duro di altre, solo le aree più colpite riterranno necessario sviluppare una resilienza sistemica. Le regioni non inclini si concentrano invece sullo sviluppo di tecnologie verdi e sulla copertura dei sistemi energetici. Alcune aziende sono specializzate in soluzioni resilienti progettate per le regioni vulnerabili.

Le regioni vulnerabili dispongono di servizi specializzati per la mitigazione e l'adattamento ai disastri che non vengono utilizzati a livello nazionale, il che porta a risposte ai disastri efficaci a livello locale ma non coordinate a livello nazionale. In questo scenario, le regioni vulnerabili hanno una resilienza significativamente migliore rispetto ad altre aree.

Un possibile percorso di sviluppo è il seguente:

- 2025: Le aree soggette a disastri avviano progetti e stabiliscono piani d'azione per la risposta ai disastri.
- 2030: Alcune città fanno affidamento sulle microreti, mentre altre si affidano maggiormente alla diffusione della consapevolezza sulle esigenze di resilienza dell'approvvigionamento energetico.
- 2040: Le aree costiere e vulnerabili sono ben preparate per eventi meteorologici estremi, mentre altre regioni non lo sono.

Un'infrastruttura globale resiliente per mitigare i fenomeni meteorologici estremi

La necessità globale di soluzioni resilienti al clima emerge come una delle principali preoccupazioni in tutto il mondo. Man mano che gli eventi meteorologici estremi diventano più comuni in tutto il mondo, i paesi sviluppati progettano sistemi energetici verdi e resilienti a livello nazionale con sistemi di allerta precoce cooperati a livello internazionale. Le città utilizzano le microreti per garantire la disponibilità di energia. Sia i paesi sviluppati che quelli in via di sviluppo inseriscono le condizioni meteorologiche estreme nei programmi scolastici e addestrano i militari specificatamente per le missioni di salvataggio.

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è la seguente:

- 2025: Partono i progetti di resilienza internazionale.
- 2030: Le microreti nelle città e i sistemi energetici resistenti diventano più comuni in tutte le aree. Più educazione per promuovere la consapevolezza delle condizioni meteorologiche estreme.
- 2033: L'addestramento militare per il salvataggio in condizioni meteorologiche estreme e le missioni di aiuto diventa più comune.
- 2040: In tutto il mondo vengono messi in atto piani d'azione ben consolidati.

Il futuro delle tecnologie per la gestione idrica: due scenari tra il 2025 e il 2040

In questa sezione riassumiamo due scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito al tema delòe tecnologie per la gestione idrica, tra il 2025 e il 2040.

I driver considerati per la realizzazione dei due scenari sono: Sviluppo di interventi e innovazioni tecnologiche; Risorse e investimenti nelle infrastrutture idriche; Impatti dei cambiamenti climatici.

Si affronta la crisi della scarsità idrica e si rafforza la resilienza

Una gamma diversificata di tecnologie di gestione dell'acqua si sviluppa abbastanza velocemente da rispondere alla crescente domanda di acqua. Le crescenti aspettative sociali di sostenibilità e la necessità di salvaguardare la produzione alimentare incoraggeranno i fornitori di servizi pubblici e le imprese a investire nella gestione delle acque reflue, nelle infrastrutture, nella circolazione e nella distribuzione idrica e in altre promettenti tecnologie di gestione dell'acqua, come le tecnologie di sfruttamento e purificazione, su larga scala.

Mentre la probabilità di gravi siccità nelle regioni aride aumenta a causa dei cambiamenti climatici, la capacità di sfruttare le innovazioni tecnologiche aiuta ad aumentare la resilienza delle regioni aride contro i cambiamenti climatici. Inoltre, la trasformazione digitale consente ai fornitori di servizi idrici di gestire le infrastrutture dei servizi idrici da remoto e in tempo reale e consente agli agricoltori di adottare sistemi di irrigazione intelligenti. Ciò rafforzerà la gestione delle risorse idriche e, in definitiva, rafforzerà la sostenibilità e la resilienza nei settori idrico e agricolo.

Una possibile traiettoria di sviluppo per questo scenario è la seguente:

- 2025: L'industria idrica adotta nuovi strumenti più intelligenti per le proprie attività.
- 2026: L'introduzione di sistemi di irrigazione intelligenti nelle prime aziende agricole all'avanguardia ripaga nell'ottimizzazione e nell'aumento dei rendimenti dei raccolti e contribuisce ad aumentare la quantità di terreni coltivabili e il reddito degli agricoltori.
- 2028: L'economia circolare, la sostenibilità e le normative ambientali relative al consumo e all'efficienza di energia e acqua si intensificano e hanno un effetto, tra le altre cose, sulla tecnologia delle acque reflue.
- 2032: Le tecnologie di desalinizzazione dell'acqua di mare fanno un grande passo avanti. La desalinizzazione dell'acqua di mare raggiunge circa il 25% della fornitura idrica municipale dei centri urbani costieri a livello globale, rispetto a circa il 10% di quella del 2020.
- 2035: In alcune regioni il peggio della crisi idrica viene evitato grazie a soluzioni ottimizzate di gestione dell'acqua.

Lo sviluppo limitato e l'adozione di tecnologie di gestione dell'acqua aggravano ulteriormente la crisi idrica

Alcune tecnologie di gestione dell'acqua continuano ad evolversi, ma lo sviluppo e l'adozione non sono abbastanza rapidi per combattere la grave scarsità idrica colpita dai cambiamenti climatici e per effettuare una transizione radicale nella gestione delle infrastrutture idriche. Nei paesi in via di sviluppo, le lacune nelle competenze tecniche e nelle risorse diventano un ostacolo significativo per l'adozione diffusa delle tecnologie di gestione dell'acqua.

Inoltre, la mancanza di risorse da investire nelle infrastrutture idriche porta a conseguenze devastanti come straripamenti di acqua e fognature, esponendo la salute pubblica e l'ambiente a rischi sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. Oltre a ciò, il cambiamento climatico aggrava la crisi idrica in corso nelle regioni con scarsità d'acqua. Ciò porta a disordini sociali e conflitti su larga scala nelle regioni. Di conseguenza, il numero dei rifugiati climatici aumenta in modo significativo.

Una possibile traiettoria di sviluppo per questo scenario è la seguente:

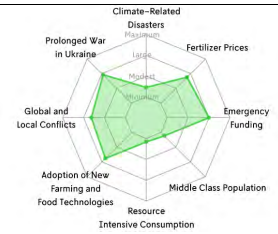
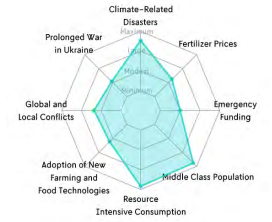
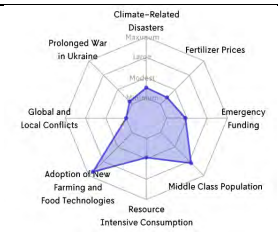
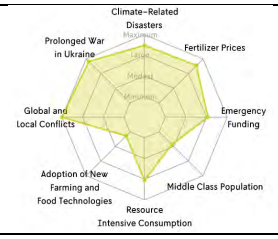
- 2025: Si continua ad esplorare una varietà di metodi e tecnologie per la gestione dell'acqua. D'altro canto, i fornitori di servizi di pubblica utilità sono lenti nel trasformare digitalmente le proprie attività.
- 2030: Mentre alcune soluzioni tecnologiche progrediscono, molte delle tecnologie emergenti non riescono a fare passi avanti o non riescono a essere implementate su larga scala.
- 2035: I rischi legati alle infrastrutture critiche si verificano frequentemente a causa della mancanza di aggiornamenti.
- 2040: Il problema della scarsità d'acqua peggiora nelle regioni aride anche per ragioni economiche e politiche

Il futuro della sicurezza alimentare: quattro scenari tra il 2025 e il 2040

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito al tema della sicurezza alimentare tra il 2025 e il 2040. I driver considerati per la realizzazione degli scenari sono: Adozione di nuove tecnologie agricole e alimentari; Finanziamenti di emergenza; Prezzi dei fertilizzanti; Disastri legati al clima; Consumo ad alta intensità di risorse; Popolazione della classe media; Prolungamento del conflitto in Ucraina; Conflitti globali e locali.

Nei paragrafi seguenti dettagliamo ciascuno scenario ma ne diamo una visione sintetica in Tabella 9.

Tabella 9. Sintesi di 4 scenari per la sicurezza alimentare tra il 2025 e il 2040

	I disordini politici globali e il conseguente aumento dei prezzi dei prodotti alimentari colpiscono in modo sproporzionato i paesi in via di sviluppo e quelli dipendenti dalle importazioni. La povertà estrema e i disordini sociali derivanti dalla perenne insicurezza alimentare diventano così gravi che centinaia di migliaia di persone dall'Africa e dall'Asia si dirigono verso l'Europa, causando una grande instabilità nella regione e nel clima economico globale.
	La rapida crescita della popolazione globale della classe media mette a dura prova l'approvvigionamento alimentare ed energetico mondiale, poiché gran parte della loro dieta è costituita da alimenti ad alto contenuto calorico e ad alto consumo di risorse. Ciò porta ad un aumento dei problemi di salute legati all'alimentazione e ad un aumento dei prezzi di alcune materie prime. Inoltre, il consumo e il comportamento ad alta intensità di risorse della classe media contribuiscono al cambiamento climatico, che esercita ulteriore pressione sugli agricoltori e mette a repentaglio la sicurezza alimentare.
	L'introduzione di nuove tecnologie, la cooperazione globale e un commercio più cooperativo rimodellano la produzione alimentare e portano a una migliore sicurezza alimentare globale. Questi progressi consentono una produzione e una distribuzione alimentare più efficienti e incoraggiano i consumatori ad adottare diete e pratiche di consumo più sostenibili.
	La sicurezza alimentare si deteriora in molte parti del mondo a causa di molteplici fattori, tra cui conflitti politici e disastri legati al clima. Anche i paesi ricchi soffrono di una selezione alimentare ristretta e di prezzi alimentari senza precedenti.

I disordini politici portano a un mercato alimentare globale frammentato e a una migrazione di massa verso l'Europa

Mentre la Russia conduce una lunga guerra in Ucraina e continua a utilizzare come arma le forniture alimentari, il numero di persone esposte a una grave insicurezza alimentare sale alle stelle, soprattutto nei paesi che dipendono fortemente dalle importazioni alimentari. Inoltre, gli alti prezzi dei fertilizzanti derivanti dalla guerra e dai conflitti mettono sotto pressione la produzione agricola, in particolare quella della carne, poiché anche i costi di produzione dei mangimi salgono alle stelle. Di conseguenza, vari paesi, soprattutto quelli sviluppati, ottengono opportunità per accelerare l'innovazione nella produzione alimentare e incentivare i consumatori a cambiare le proprie abitudini alimentari. Il consumo di carne diminuisce in tutto il mondo.

Sebbene i paesi sviluppati promuovano sempre più l'autosufficienza nella produzione alimentare adottando nuove tecnologie alimentari e agricole, molti paesi in via di sviluppo e dipendenti dalle importazioni si trovano ad affrontare massicci disordini sociali e una crescente povertà estrema. Ciò porta a una migrazione di massa da molti paesi africani e asiatici verso l'Europa, portando instabilità nella regione e nell'economia globale.

Il ruolo dei driver in questo scenario è riportato in Figura 78.



Figura 78. Intensità dei driver per lo scenario 'I disordini politici portano a un mercato alimentare globale frammentato e a una migrazione di massa verso l'Europa' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo è:

- 2025: I prezzi dei prodotti alimentari e dei fertilizzanti continuano ad aumentare a causa della guerra in Ucraina e di altri conflitti su larga scala in tutto il mondo. Ciò costringe gli agricoltori a lasciare alcuni campi non coltivati o a utilizzare meno fertilizzanti, mettendo a rischio la resa e la qualità dei raccolti. Pertanto, i movimenti protezionistici accelerano in molti paesi per impedire che le scarse scorte di cibo lascino il paese.

- 2026: Poiché il crescente protezionismo alimentare non riesce a colmare il divario lasciato dall'assenza dell'offerta di cereali in Ucraina, i paesi dipendenti dalle importazioni soffrono ulteriormente a causa dell'impennata dei prezzi alimentari e della scarsità di cibo.
- 2027: I paesi sviluppati investono molto nell'innovazione tecnologica e in nuove tecniche per rimodellare la produzione e la distribuzione alimentare. Rafforzano inoltre l'autosufficienza alimentare nazionale per rispondere in modo più efficace alle carenze dei mercati alimentari globalizzati.
- 2028: Una combinazione dell'aumento dei prezzi dei prodotti alimentari e dei fertilizzanti porta a rivolte su larga scala soprattutto nei paesi dipendenti dalle importazioni.
- 2029: I massicci disordini civili causano migrazioni di massa verso l'Europa, portando instabilità nel continente e nell'economia globale.
- 2030: Le persone che vivono nei paesi con un'elevata autosufficienza alimentare apprezzano diete più sane. D'altra parte, un mercato alimentare globale frammentato ha un impatto sproporzionato sulle popolazioni dei paesi più poveri, il che porta a numerose carestie locali e ondate di rifugiati.

Il consumo ad alta intensità di risorse della nuova classe media accelera i problemi sanitari, i cambiamenti climatici e mina la sicurezza alimentare

La crescita esplosiva della classe media, soprattutto nei mercati emergenti, mette a dura prova l'approvvigionamento globale di cibo ed energia. Un numero sempre maggiore di consumatori sposta le proprie abitudini alimentari verso cibi zuccherati e grassi di origine animale e altamente trasformati, e cibi esotici che richiedono maggiori risorse. Anche la nuova classe media globale ha bisogno di case e negozi più grandi, vola spesso e utilizza i veicoli su una scala senza precedenti. I prezzi dell'energia e di alcune materie prime e forniture alimentari come carne, vino, cognac, frutti di mare, avocado e caffè aumentano ogni anno.

La combinazione di una popolazione globale in continua crescita della classe media e del loro appetito per un consumo dispendioso in termini di risorse porta a un aumento significativo delle malattie legate all'alimentazione come l'obesità, l'ipertensione e alcune malattie croniche come il diabete di tipo 2, soprattutto nei paesi in via di sviluppo. facendo lievitare i costi sanitari. Oltre a ciò, il consumo e il comportamento di viaggio della nuova classe media globale accelerano anche il cambiamento climatico, che aumenta costantemente la pressione sugli agricoltori e mina la sicurezza alimentare.

L'intensità dei driver considerati per la realizzazione dello scenario è raffigurata in Figura 79.

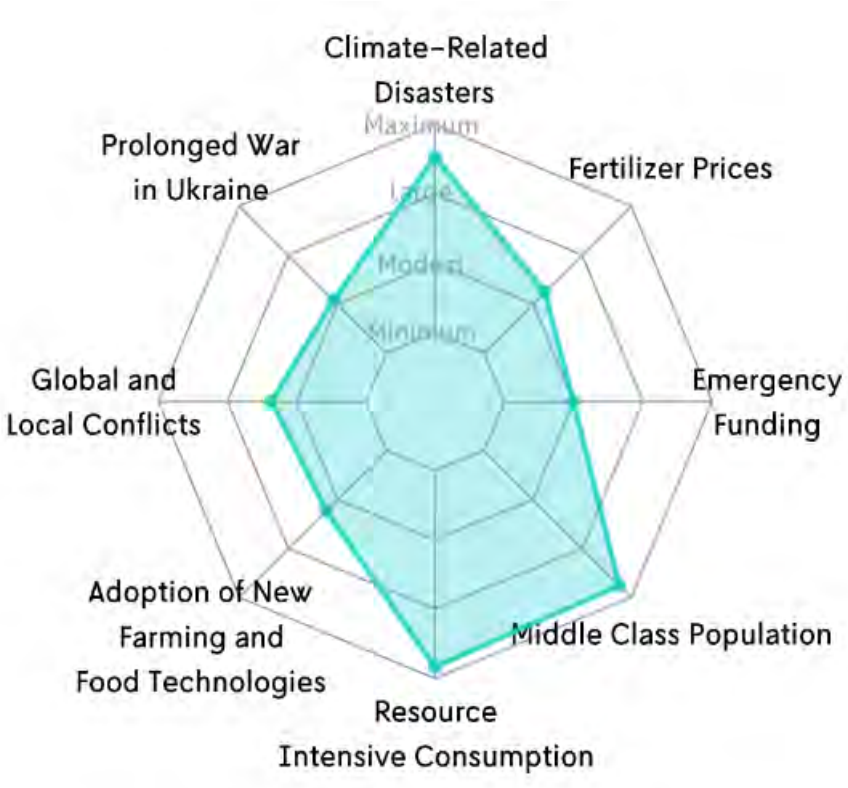


Figura 79. Intensità dei driver per lo scenario 'Il consumo ad alta intensità di risorse della nuova classe media accelera i problemi sanitari, i cambiamenti climatici e mina la sicurezza alimentare' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo è:

- 2026: La globalizzazione e i sistemi commerciali globali altamente interconnessi contribuiscono a una crescita economica sostenuta nei mercati emergenti.
- 2028: La popolazione della classe media cresce costantemente soprattutto in Asia.
- 2030: Il consumo di alimenti di origine animale, esotici e altamente trasformati aumenta a causa delle mutevoli preferenze dietetiche della crescente popolazione della classe media.
- 2033: Le diete ad alta intensità di risorse e i viaggi accelerano il cambiamento climatico.
- 2035: La maggior parte della popolazione mondiale ha accesso ad alimenti ipercalorici e poveri di nutrienti. Aumentano drasticamente i gruppi di persone che soffrono di malattie croniche e legate all'alimentazione come il diabete di tipo 2, l'obesità e l'ipertensione.

I sistemi alimentari globali diventano più resilienti grazie al fiorente commercio globale e alle nuove soluzioni basate sulla tecnologia

L'assenza di conflitti globali, il fiorente commercio e la cooperazione globale, la capacità di mitigare gli impatti del cambiamento climatico, i bassi prezzi dei fertilizzanti, dell'energia e delle materie prime e un consumo efficiente delle risorse, insieme a un'introduzione globale di nuove tecnologie, stanno aiutando a rimodellare la produzione alimentare e il rafforzamento della sicurezza alimentare globale. Soprattutto l'adozione su larga scala di nuove tecnologie agricole come l'agricoltura di precisione e robotica, la tecnologia OGM, l'agricoltura rigenerativa, l'agricoltura urbana e verticale, i droni, l'intelligenza artificiale, le luci a LED nella produzione alimentare e l'Internet delle cose (IoT), aumenta la l'efficienza e il volume della produzione e di conseguenza migliora la resilienza dei sistemi alimentari.

Inoltre, i nuovi progressi nella gestione della lavorazione e della distribuzione degli alimenti, comprese le filiere alimentari corte e intelligenti, gli alimenti coltivati in laboratorio, le tecnologie alimentari di origine vegetale e le tecnologie legate ai rifiuti alimentari, consentono ai consumatori di modificare la propria dieta e le pratiche di consumo.

L'intensità dei driver considerati per lo scenario è rappresentata in Figura 80.



Figura 80. Intensità dei driver nello scenario 'I sistemi alimentari globali diventano più resilienti grazie al fiorente commercio globale e alle nuove soluzioni basate sulla tecnologia' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo è:

- 2025: I paesi delineano politiche progressiste per alleviare la fame e rafforzare la sicurezza alimentare.

- 2028: Gli alimenti a base di insetti e piante continuano ad aumentare.
- 2030: La tecnologia degli OGM è ampiamente adottata per prevenire la carestia e produrre colture più ricche di nutrienti e resistenti alle malattie.
- 2032: Gli sprechi e le perdite alimentari diminuiscono in modo significativo, sostenuti dalle nuove tecnologie e con obiettivi giuridicamente vincolanti stabiliti dai governi.
- 2035: Le tecnologie dell'Industria 4.0 come l'intelligenza artificiale, l'IoT e la blockchain aumentano la trasparenza delle catene di approvvigionamento alimentare.
- 2040: L'insicurezza alimentare viene affrontata in gran parte con l'aiuto della tecnologia, della collaborazione internazionale e di un commercio più aperto, trasparente e cooperativo.

La sicurezza alimentare globale si deteriora fortemente

Oltre a una guerra di lunga durata in Ucraina, alcuni conflitti politici degenerano in eventi politici estremi con impatti globali, come l'attacco della Cina a Taiwan e lo scoppio della guerra civile negli Stati Uniti. Inoltre, i disastri legati al clima e la fornitura limitata di fertilizzanti ostacolano la produzione agricola e animale. Il protezionismo alimentare si intensifica enormemente mentre i paesi lottano per salvaguardare le scorte alimentari nazionali. Il mercato alimentare mondiale si ferma quasi completamente.

La combinazione di molteplici eventi catastrofici innesca una crisi alimentare senza precedenti in cui vaste aree del globo si trovano ad affrontare una carestia mortale: anche le aree ricche sperimentano una selezione ristretta di prodotti alimentari, prezzi alimentari senza precedenti e reali carenze alimentari.

L'intensità dei driver considerati per lo scenario è rappresentata in Figura 81.



Figura 81. Intensità dei driver per lo scenario 'La sicurezza alimentare globale si deteriora fortemente' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo è:

- 2025: Numerose carestie vengono dichiarate nei paesi del Medio Oriente, dell'Asia meridionale e dell'Africa a causa del prolungato blocco del Mar Nero da parte della Russia e degli eventi meteorologici estremi. I finanziamenti su larga scala non sono sufficienti per affrontare il deterioramento della sicurezza alimentare in queste regioni.
- 2028: I crescenti disordini sociali in tutto il mondo provocano molteplici eventi estremi. Una società sempre più frammentata negli Stati Uniti mostra una violenza diffusa, che alla fine porta a una situazione di tipo guerra civile.

- 2029: I fallimenti dei raccolti si verificano simultaneamente nei principali granai globali.
- 2030: Le rotte marittime commerciali in gran parte dell'Asia sono completamente bloccate a causa dell'intenso conflitto Cina-Taiwan. Ciò provoca una grave interruzione nel funzionamento delle catene di approvvigionamento alimentare globale.
- 2031: Le nuove tecnologie per far fronte all'insicurezza alimentare acuta sono limitate in termini di adozione e portata.
- 2032: Un numero crescente di paesi impone divieti sulle esportazioni alimentari per salvaguardare l'approvvigionamento alimentare nazionale. Il collasso delle catene di approvvigionamento alimentare globale peggiora una situazione terribile, tra cui carestie di massa e crisi catastrofiche di rifugiati.

Manifattura

L'industria manifatturiera è uno dei fondamenti dei sistemi economici moderni; eppure, come indicato dalla grande società di consulenza McKinsey & Company[53], il 52% dei manager di questo settore non sono pronti per guidare la propria azienda verso lo sviluppo digitale. Il settore è stato particolarmente colpito dalla crisi, impattando drasticamente il PIL negli ultimi 20 anni.

Rispetto al settore manifatturiero in Italia, il report di Confidustria sugli scenari previsionali[54] non delinea futuri rosei. In Italia esiste uno scenario economico dominato da estreme tensioni e incertezze generate dall'invasione russa in Ucraina, in un quadro già reso difficile dal perdurare della pandemia, dalle pressioni al rialzo sui prezzi di varie commodity, dal reperimento di materie prime e materiali e dai colli di bottiglia in alcune catene di fornitura globali. Da un'indagine del Centro Studi Confindustria (CSC) svolta su un campione di imprese associate è emerso che oltre il 16% di esse aveva già ridotto la produzione.

I dati ISTAT del 31 gennaio 2024 sul fatturato dell'industria[55] confermano quanto descritto da CSC e, con riferimento al comparto manifatturiero, mostrano che il settore con il maggiore incremento è quello dei macchinari e attrezzature (+6,8%), mentre le flessioni più marcate si riscontrano nel comparto della chimica (-12,7%) e nell'industria del legno, della carta e della stampa (-12,0%) in Figura 82. A novembre il volume del fatturato diminuisce in termini tendenziali del 2,2% (-3,2% in valore).

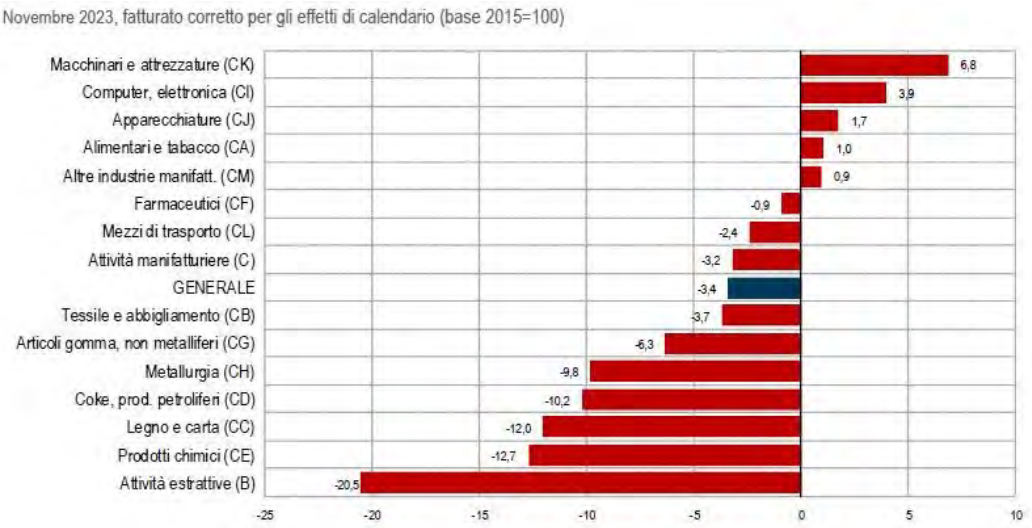


Figura 82. Fatturato totale, graduatoria dei settori di attività economica secondo le variazioni tendenziali (credits: ISTAT)

[53] https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/manufacturing%20process%20innovation%20for%20industrials/manufacturing-process-innovation-for-industrials.pdf?shouldIndex=false

[54] https://assembleaprivata2022.confindustria.it/scenari-previsionali-2022-2023/

[55] https://www.istat.it/it/files//2024/01/foit_202311.pdf

Nel report "Il futuro del settore manifatturiero Italiano" di pwc[56] -grande società di consulenza- sono state identificate alcune aree ritenute prioritarie per intraprendere il processo di ricostruzione del settore. L'identificazione di queste aree porta al delineamento di alcuni futuri possibili per la ripresa del settore.

Sostegno del "made in Italy" e dell'export. Per rafforzare il posizionamento delle aziende nazionali sui mercati globali, è importante sostenere un grande progetto di promozione all'estero del sistema paese, anche attraverso accordi Government-to-Government per supportare la domanda del "made in italy". Strumenti di e-commerce e piattaforme digitali per attività di vendita e di marketing rappresentano strumenti utili per il potenziale sviluppo del settore. È quindi necessario una semplificazione delle procedure di accesso ai finanziamenti per aumentare l'utilizzo degli incentivi dedicati alla PMI.

Supporto mirato all'aggregazione industriale. L'Italia è caratterizzata da un livello di aggregazione delle PMI ancora limitato. Solo il 33% del settore manifatturiero è organizzato in qualche forma di aggregazione, mentre la maggioranza opera in maniera isolata. Dalle statistiche emerge che i distretti industriali hanno una produttività di circa il 10% rispetto alle aree non distrettuali. Per favorire le aggregazioni di impresa sia verticali che orizzontali, è necessario facilitare l'accesso agli incentivi esistenti, rafforzando il bonus aggregazioni e rivedendone le modalità di erogazione.

Semplificazione al credito e alla liquidità. Il rallentamento dell'attività economica sta mettendo a rischio la sostenibilità delle aziende italiane. Si ritiene opportuno favorire l'accesso alla liquidità alle aziende, snellendo le procedure di emissioni obbligazionarie. L'entrata di nuovi investitori può essere agevolata mediante la creazione di incentivi fiscali, simili a quelli esistenti per investimenti in start-up innovative.

Piano infrastrutturale di investimenti per la ripresa economica. L'Italia è conosciuta a livello internazionale per la sua creatività, dinamismo e imprenditorialità ma ciò non riesce a tradursi in generazione di proprietà intellettuale, rimanendo indietro rispetto ad altre nazioni per numero di domande di brevetto depositate e per livello di innovazione digitale. Per supportare i settori strategici del "made in Italy" e la ripresa economica interna si considera opportuno predisporre un piano infrastrutturale che preveda investimenti in progetti con alto moltiplicatore di PIL e occupazione, con un'attenzione all'innovazione e allo sviluppo tecnologico.

Programma per il sostegno all'occupazione e allo sviluppo di competenze. L'Italia deve intraprendere un percorso di formazione e trasformazione digitale attraverso programmi di up-skilling digitale per il personale così da spingere le imprese all'adozione di nuove soluzioni digitali, applicate alle operations, supply chain e ai canali di vendita. Si suggeriscono inoltre, o interventi atti a rafforzare i programmi formativi per sostenere la formazione dei lavoratori e la riqualificazione dei disoccupati.

Le prospettive delineate sopra evidenziano la necessità imperativa di potenziare gli incentivi alle Piccole e Medie Imprese (PMI), semplificando il processo di adesione e partecipazione, possibilmente attraverso l'implementazione di strumenti tecnologici trasparenti e intuitivi. Si richiede esplicitamente al governo una ridefinizione e semplificazione delle politiche, accompagnata da un piano di formazione. È cruciale prevedere incentivi per la

[56] https://www.pwc.com/it/it/about-us/Italia2021/doc/Italia2021-LIndustria-Il-futuro-del-settore-manufatturiero-Italiano.pdf

rottamazione, la ristrutturazione, il risparmio energetico e la sostenibilità ambientale al fine di stimolare la domanda dei consumatori e rilanciare l'economia. Tutte queste proposte costituiscono un approccio completo, il cui beneficio sarà massimizzato attraverso una loro esecuzione sinergica.

Tali necessità delineano un nuovo scenario per il settore manifatturiero italiano. L'attuale accelerazione dei processi di cambiamento deve essere sfruttata per plasmare un modello operativo sostenibile ed efficace nel lungo periodo. È necessario adottare un approccio integrato che consideri varie dimensioni, tra cui spazi di lavoro, tempi di spostamento casa-lavoro, organizzazione della forza lavoro e acquisizione delle competenze necessarie per eccellere nel nuovo contesto. Inoltre, occorre valutare le performance dei team dislocati e l'adozione di tecnologie abilitanti.

È fondamentale anche riconsiderare la catena logistica e implementare azioni per favorire l'integrazione e il consolidamento della supply base. La recente sospensione delle attività industriali e le limitazioni al trasporto mettono in evidenza l'importanza di soluzioni volte a rendere più resiliente la catena logistica, al fine di mitigare l'impatto di eventuali interruzioni sulla realizzazione degli investimenti e sulla fornitura dei servizi ai clienti finali.

Nuovi materiali

La sostenibilità, in senso lato, sta assumendo sempre più rilevanza in ogni tipo di contesto. Negli ultimi anni, sono state enunciate numerose politiche e normative verso obiettivi di sostenibilità e molti investitori richiedono alle relative aziende di divulgare i dati ambientali. Così, le varie aziende stanno integrando nuovi processi e nuovi materiali sostenibili e/o a bassa emissione di carbonio. Secondo il sondaggio di Deloitte[57], il 59% degli intervistati ha dichiarato che le loro aziende hanno iniziato ad utilizzare materiali sostenibili, come materiali riciclati e prodotti a basse emissioni.

Dall'ultimo report di Deloitte in materia "The future of materials"[58] emerge che i materiali come il cemento auto-riparante o i polimeri bio-riassorbibili (che permettono ai punti di sutura di assorbirsi nel corpo) rappresentano dei sostanziali progressi nel mondo dei materiali che possono migliorare il nostro modo di vivere e lavorare. Recentemente, ci sono stati notevoli miglioramenti nei settori della medicina, dell'elettronica, dell'automobile, dell'edilizia, dell'energia e dell'agricoltura che stanno facilitando nuove applicazioni di biomateriali, semiconduttori, materiali intelligenti, nanomateriali e plastiche e resine avanzate.

Da qui al 2050, in conformità ai nuovi obiettivi politici e regolamentari di sostenibilità, si ipotizza lo sviluppo di nuovi materiali che avranno un impatto diretto sui settori della salute, infrastrutture, trasporti, costruzioni, aerospazio e sui prodotti di consumo (si veda Figura 83). Verranno creati materiali più leggeri, più resistenti, più efficaci, più conduttivi, più sostenibili e più convenienti rispetto ai materiali tradizionali.

I bio-materiali e i materiali circolari sembrano essere quelli che avranno più possibilità di sviluppo e implementazione nel prossimo futuro.

Biomateriali

Essi sono costituiti da materie prime naturali, da prodotti estratti dalle piante o da altre fonti organiche come amido, cellulosa, proteine. Questi possono essere a loro volta lavorati attraverso reazioni chimiche e biologiche per essere trasformati in fibre, film e resine. La domanda dei materiali a base biologica da parte dei consumatori è attualmente in crescita e si prevede che continuerà a crescere in futuro, man mano che le aziende si orienteranno verso materiali più sostenibili. Le bioplastiche globali rappresentano solo l'1% della produzione totale di materie plastiche ma potrebbero aumentare potenzialmente nel 2027.

La scalabilità di questi materiali però è più complessa. È necessario procedere gradualmente per garantire prestazioni e durate elevate, prestando attenzione alla lavorazione efficiente e al controllo di qualità. L'utilizzo di IA e altre tecnologie però può semplificare il processo di produzione, riducendo sprechi e costi.

L'infrastruttura ancora in fase di sviluppo nel mercato dei materiali biobased può rappresentare una sfida per l'analisi del ciclo di vita e gli sforzi di sostenibilità. Materiali "drop-in" possono ridurre le emissioni senza richiedere cambiamenti significativi nei processi di produzione, ma altri materiali possono richiedere una riprogettazione più ampia, comportando significativi investimenti in R&D e cambiamenti infrastrutturali.

[57] https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/legacy/docs/2023-deloitte-cxo-sustainability-report.pdf
[58] https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/the-future-of-materials.html

Non tutti i materiali biobased sono biodegradabili o compostabili e quelli che lo sono possono richiedere condizioni specifiche per decomporsi correttamente.

Lo scenario che si delinea utilizzando bio materiale può essere di potenziale impatto ed è in effettiva crescita. Ciò nonostante, bisogna affrontare delle nuove sfide legate alla scalabilità della produzione, alla riprogettazione dei progetti ove necessaria e alla gestione dei rifiuti.

Materiali circolari

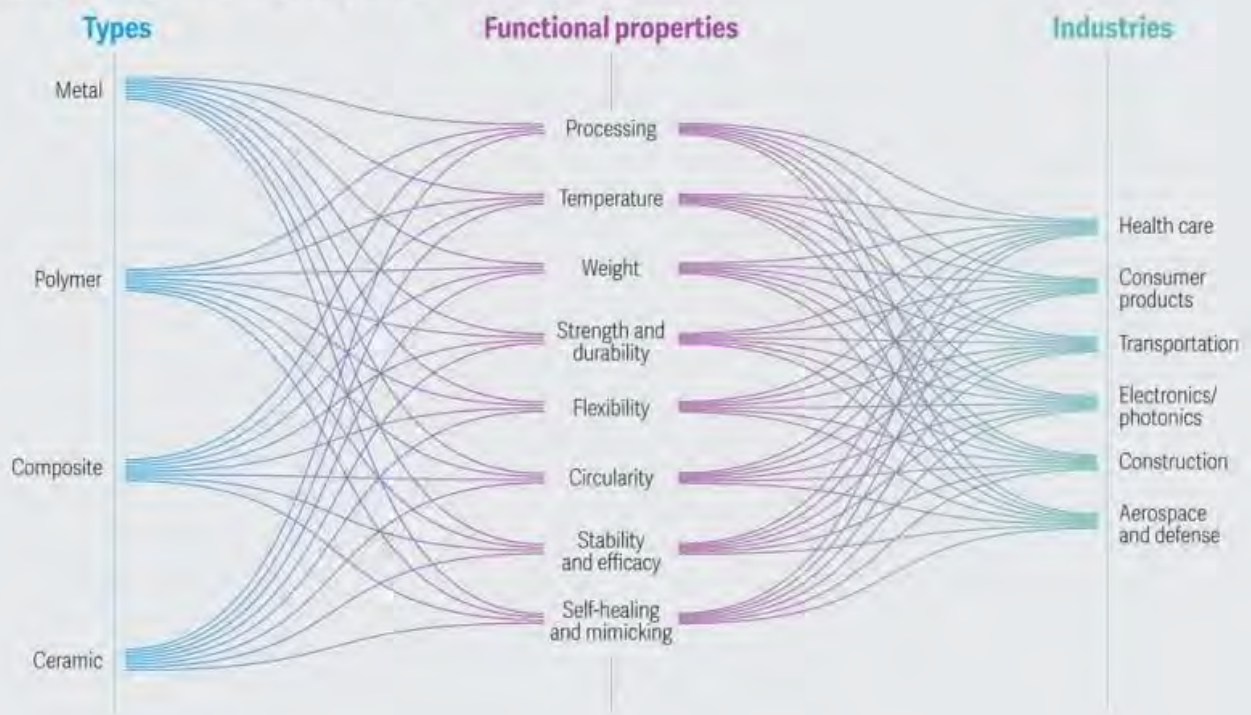
Le soluzioni circolari potrebbero ridurre i rifiuti e le emissioni, preservando maggiormente il valore economico dei prodotti. Le percentuali di riciclaggio domestico negli Stati Uniti sono aumentate dal 10% nel 1980 a poco più del 30% nel 2019. Tuttavia, tali percentuali variano notevolmente per prodotto, con il riciclaggio della plastica che è passato dal meno dell'1% nel 1980 al 9% oggi. Questo è paradossale, i prodotti chimici sono più preziosi dell'acciaio, del vetro e del cemento, ma vengono riciclati a tassi significativamente più bassi rispetto agli altri materiali. Sebbene le complessità del riciclaggio dei prodotti chimici, nel totale, possano renderlo più costoso, alcune aziende sembrano trovare modi per sviluppare soluzioni efficienti per ridurre i costi. Trovando modi economicamente vantaggiosi per utilizzare soluzioni circolari, è possibile preservare maggior valore dai prodotti chimici al termine della loro vita. Questo è di fondamentale importanza per i rifiuti della plastica, dato che la produzione è destinata a triplicare a livello globale entro il 2060.

Il riciclaggio meccanico frantuma meccanicamente la plastica e la rifonde in granulato (preservandone la struttura molecolare) per utilizzarla nella produzione di nuove plastiche. Sebbene il riciclaggio meccanico abbia il vantaggio di avere l'impronta di carbonio più bassa tra tutte le tecnologie di riciclaggio attualmente esistenti, può anche essere limitato da diversi fattori. In primo luogo, le plastiche che possono essere riciclate sono limitate per tipo e livello di contaminanti. In secondo luogo, il processo di riciclaggio meccanico porta a una qualità inferiore di riciclo della plastica. Di conseguenza, meno del 10% della plastica viene riciclato meccanicamente più di una volta. A causa di questi limiti, sono in corso studi per sviluppare nuovi processi per trattare una maggiore quantità di rifiuti di plastica per il riutilizzo.

Diversamente, tutte le forme di riciclaggio chimico (a volte chiamato riciclaggio avanzato o riciclaggio molecolare) producono "resina vergine" che possono essere utilizzate in applicazioni farmaceutiche e possono (almeno teoricamente) essere riciclate un numero infinito di volte senza comprometterne la qualità. Questi processi chimici rientrano in tre categorie distinte: purificazione, depolimerizzazione e conversione. Come i materiali di origine biologica, ci sono sfide nello scalare i processi di riciclaggio chimico. Infatti, mentre alcuni consumatori hanno dimostrato una volontà di pagare premi più alti per beni sostenibili, i consumatori tendono ad essere sensibili al prezzo, specialmente in periodi di recessione economica. Di conseguenza, alcuni investitori potrebbero considerare l'investimento in un grande impianto di riciclaggio relativamente rischioso dal punto di vista di mercato.

In sintesi, per il futuro prossimo, le aziende dovranno valutare i loro asset e i loro dati attuali per individuare opportunità di miglioramento e monitorare i progressi verso pratiche più sostenibili. Affinché le iniziative di sostenibilità siano economicamente sostenibili, bisognerà ricorrere a contratti a lungo termine, finanziamenti governativi e strategie per garantire la fedeltà dei clienti.

Advanced materials ecosystem



Types	Functional properties	Industries	Emerging materials	Emerging technologies	Emerging applications
Metal	• Strength and durability • Electromagnetic (processing)	• Transportation • Construction • Health care	• High-entropy alloys • Shape memory alloys • Lithium anodes • Electrical steel	• Additive manufacturing • Powder metallurgy • Surface engineering	• Engine parts, suspension systems, and drivetrain components. • Medical implants
Polymer	• Flexibility • Stability and efficacy • Self-healing • Circularity	• Consumer products • Transportation • Construction • Electronics • Health care	• Bio-based monomers and additives • Conducting polymers • Graphene • Lipid nanoparticles	• Nanoencapsulation • Hyperspectral imaging for sorting mixed plastics • Advanced recycling	• Drug delivery system, implants, and diagnostics • Solid electrolytes in battery applications
Composite	• Strength and durability • Temperature • Weight	• Aerospace and defense • Transportation • Construction	• Aramid fiber • Carbon fiber composites • Graphene composites	• Automated fiber placement • Automated tape laying	• Aircraft, construction, and automotive components • Wind turbines blades
Ceramic	• Strength and durability • Temperature • Electronic/photonic • Processing	• Electronics • Photonics • Construction	• Battery cathodes • Zirconia • Silicon nitride	• Digital printing • Spark plasma sintering • Atomic layer deposition	• Subnano ceramic membranes for wastewater treatment • Ceramic components supporting IoT, 5G

Source: Deloitte analysis.

Deloitte. Insights | deloitte.com/insights.com

Figura 83. L''ecosistema' dei materiali avanzati (credits: Deloitte)

Dispositivi e sistemi

Il termine IoT, Internet of Things, si riferisce alla rete collettiva di dispositivi connessi e tecnologie che facilita la comunicazione tra dispositivi e cloud, nonché tra i dispositivi stessi. Grazie all'avvento di chip per computer poco costosi e telecomunicazioni ad alta larghezza di banda, ora abbiamo miliardi di dispositivi connessi a Internet. Ciò significa che i dispositivi di uso quotidiano, come spazzolini da denti, aspirapolveri, auto e macchine possono utilizzare sensori per raccogliere dati e rispondere agli utenti in modo intelligente.

L'Internet of Things integra le "cose" di tutti i giorni con Internet. Gli ingegneri informatici aggiungono sensori e processori agli oggetti di uso quotidiano dagli anni '90. Il progresso, tuttavia, in principio era lento a causa delle dimensioni e dell'ingombro eccessivo dei chip.

È sorto un intero settore industriale incentrato sui dispositivi IoT per le nostre abitazioni, aziende e uffici. Tali oggetti intelligenti possono trasmettere automaticamente dati a e da Internet. Tutti questi "dispositivi informatici invisibili" e la tecnologia a essi associata sono definiti collettivamente Internet of Things[59].

Un sistema IoT è costituito dalle tre componenti rappresentate in Figura 84.

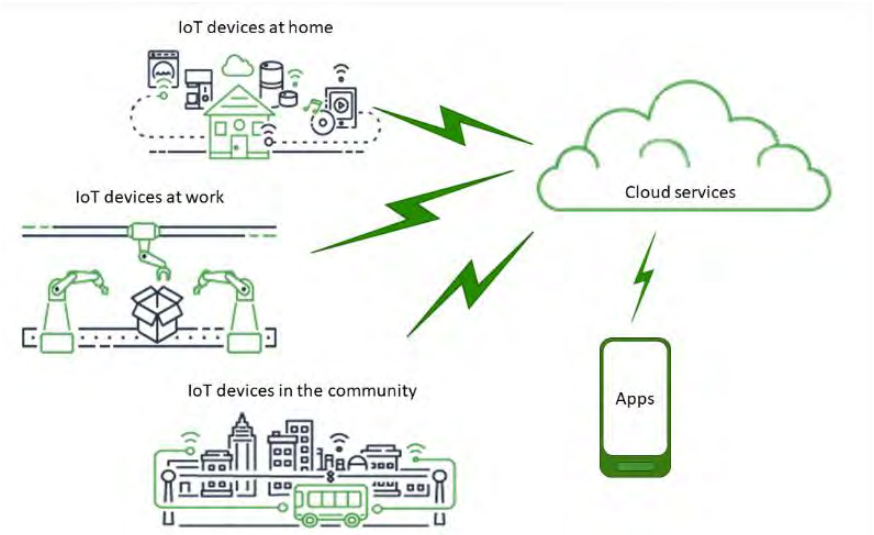


Figura 84. Componenti di un sistema IoT (credits: Amazon Web Services)

- Dispositivi intelligenti: si tratta di dispositivi come il televisore, la videocamera di sorveglianza o attrezzature fitness dotati di funzionalità di calcolo. Il dispositivo raccoglie dati dal rispettivo ambiente, input dell'utente o modelli di utilizzo e comunica tali informazioni su Internet a e dalla propria applicazione IoT.
- Applicazione IoT: un'applicazione IoT è una raccolta di servizi e software che integra i dati ricevuti dai vari dispositivi IoT. Mediante l'uso del machine learning o dell'Intelligenza Artificiale, essa analizza questi dati e prende decisioni informate. Tali decisioni vengono ritrasmesse al dispositivo IoT e questo risponde agli input in modo intelligente.

[59] https://aws.amazon.com/it/what-is/iot/

- Un'interfaccia utente grafica: L'interfaccia utente grafica può gestire il dispositivo IoT o una flotta di dispositivi. Tra gli esempi comuni sono inclusi un'applicazione mobile o un sito Web che è possibile utilizzare per registrare e controllare i dispositivi intelligenti.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Internet of Things della School of Management del Politecnico di Milano, nel suo ultimo report (Febbraio 2024) "Smart Home, l'Innovazione è di casa: prodotti, servizi, integrazione", approfondisce il quadro applicativo di prodotti e servizi Internet of Things per la smart home a livello italiano e internazionale. Il report illustra inoltre la prospettiva dei consumatori italiani e i nuovi trend legati a servitizzazione e Intelligenza Artificiale, che stanno trasformando l'offerta di soluzioni per la casa smart.

Il mercato italiano delle soluzioni IoT per la smart home ha registrato una crescita del 5% nel 2023, raggiungendo poco oltre gli 800 milioni di euro. Tuttavia, questa crescita è più lenta rispetto agli anni precedenti, principalmente a causa della riduzione di incentivi come il Superbonus 110%. Di conseguenza, le vendite di dispositivi smart per il risparmio energetico, come caldaie, valvole termostatiche e termostati, hanno subito un impatto negativo. Nonostante questo rallentamento, il risultato è comunque positivo se confrontato con il calo del 9,1% osservato nei primi quattro mesi dell'anno a livello europeo, come in Figura 85.

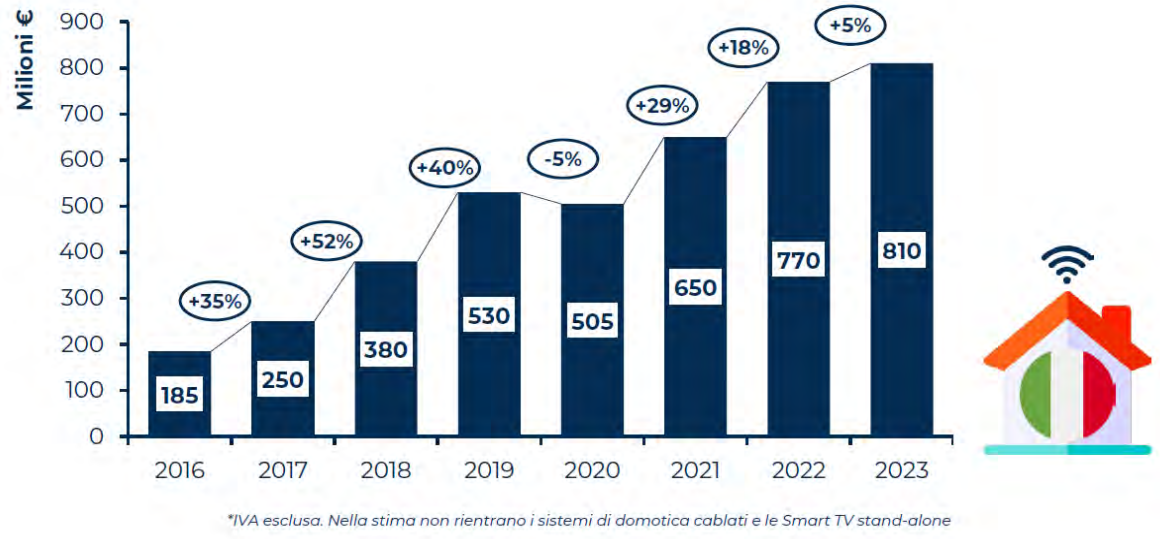


Figura 85. Andamento del mercato Smart Home in Italia (credits: Osservatorio Internet of Things 2024, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

La prospettiva dei consumatori nei confronti delle Smart Home è cambiata nel corso degli anni: partendo dall'idea iniziale di domotica si è arrivati a un concetto più "accessibile" e alla portata di tutti. Questa trasformazione si è manifestata tramite il raggiungimento della concezione di casa intelligente come un insieme di servizi mirati a migliorare il comfort e il benessere abitativo. Ma qual è oggi il livello di soddisfazione dell'utente rispetto ai prodotti e servizi smart acquistati? Il 70% di coloro che hanno acquistato almeno un oggetto smart (si veda Figura

86) si ritiene complessivamente soddisfatto dei benefici ottenuti in relazione al prezzo pagato, mentre solo l'8% risulta particolarmente insoddisfatto.

In conclusione, dall'ultimo report sull'IoT dell'Osservatorio Internet of Things del Politecnico di Milano viene rivelata una crescita sostenuta del mercato smart home in Italia, nonostante un rallentamento dovuto alla riduzione degli incentivi. La sicurezza emerge come principale driver di vendita, seguita dagli elettrodomestici smart. La percezione e le motivazioni di acquisto dei consumatori riflettono un elevato grado di soddisfazione, con un interesse crescente per il comfort, la sicurezza e il controllo dei consumi. Questi trend sottolineano l'importanza di continuare a investire in innovazione, servitizzazione e integrazione AI per rispondere alle esigenze dei consumatori e mantenere la crescita del settore.

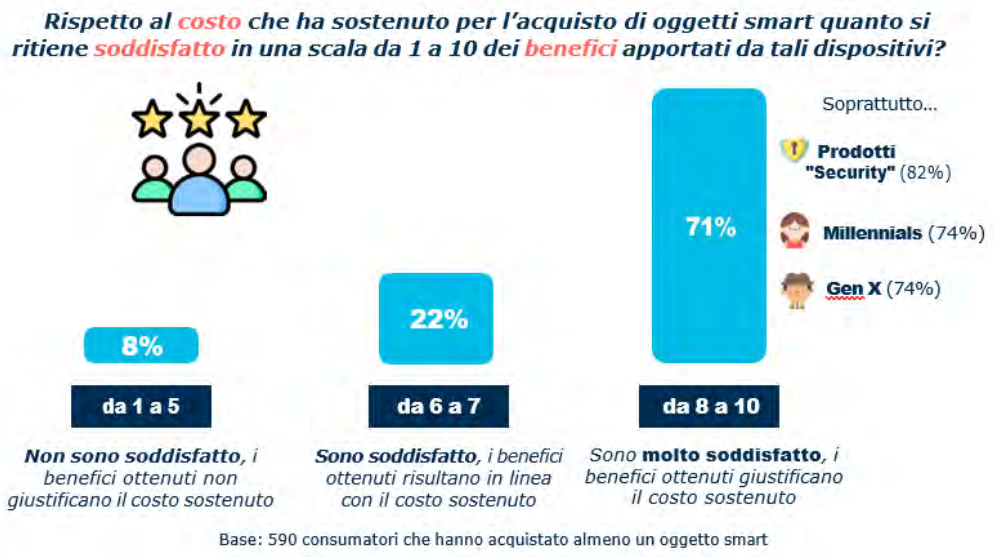


Figura 86. Rapporto prezzo-benefici riferito dai consumatori rispetto ai servizi di Smart Home (credits: Osservatorio Internet of Things 2024, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Dal report di Mckinsey "How can we recognize the real power of the Internet of Things?"[60] emerge ancora di più il potenziale nell'adottare le tecnologie IoT. Dal monitoraggio delle macchine in fabbrica al monitoraggio dei progressi delle navi in mare, dal rilevamento dei cambiamenti negli ambienti fisici al controllo dei segni vitali delle persone, i sistemi IoT possono consentire alle aziende di ottenere molto di più dei loro asset fisici, di rivoluzionare il modo in cui gestire le nostre città e le nostre case, migliorare i risultati sanitari e persino salvare vite umane. Secondo le stime, entro il 2025 l'IoT avrà un potenziale impatto economico complessivo di 11,1 trillioni di dollari all'anno. Di fatto, l'IoT sarà la più grande fonte di valore di tutte le tecnologie dirompenti (si veda Figura 87). L'impatto dei sistemi IOT varierà a seconda del contesto. Le fabbriche e le città, ad esempio, saranno quelle che ne trarranno i maggiori benefici. Per sfruttare al massimo i vantaggi dell'IoT sarà necessario capire dove è possibile creare valore e affrontare con successo

[60] https://www.mckinsey.de/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/How%20can%20we%20recognize%20the%20real%20power%20of%20the%20Internet%20of%20Things/How-can-we-recognize-the-real-power-of-the-Internet-of-Things.pdf

alcune sfide complesse come l'interoperabilità e i problemi legati ai dati. Ma è chiaro che quella che all'inizio era una soluzione di connettività ha dato vita a un'industria dinamica che si estende oltre i confini del settore tecnologico tradizionale.

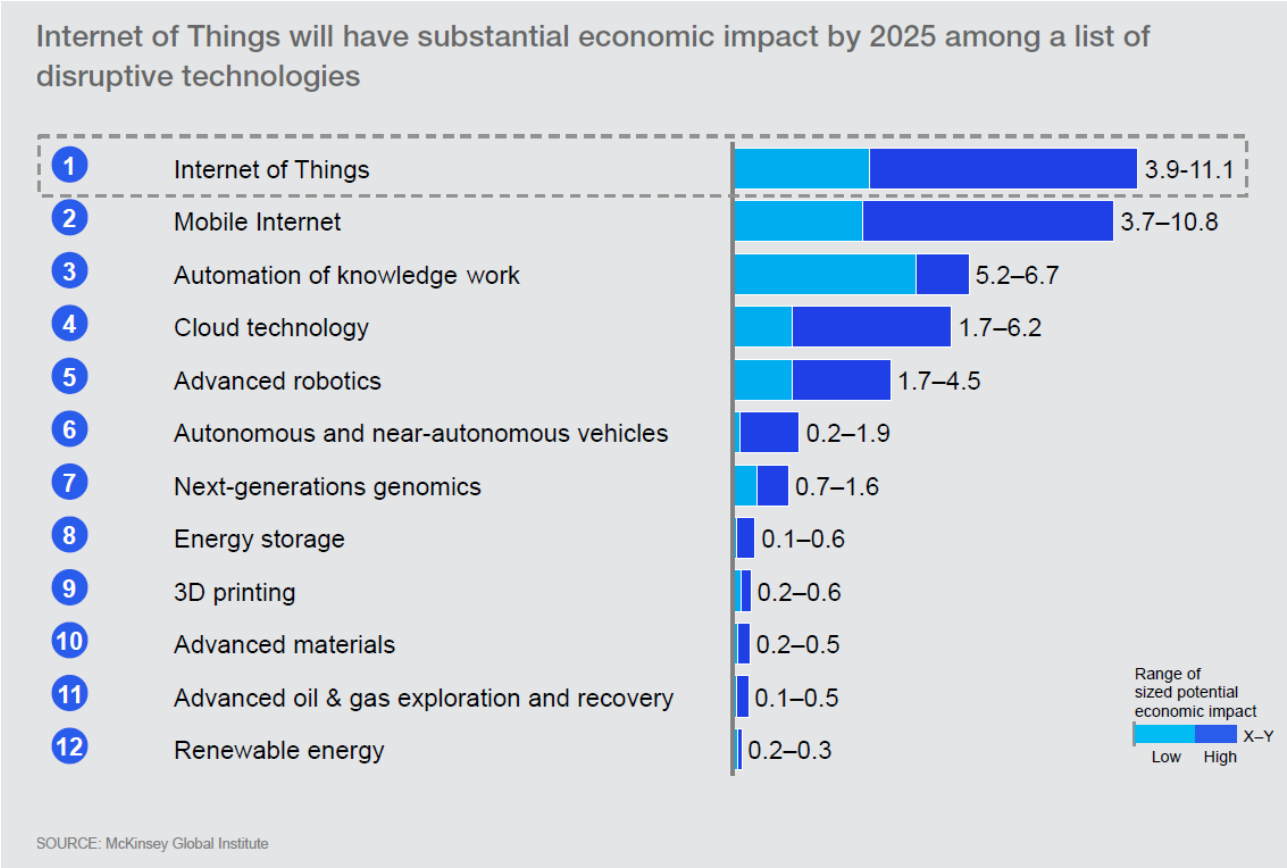


Figura 87. Impatto economico dell'IoT al 2025 rispetto alle altre tecnologie più dirompenti (credits: McKinsey)

Osservare il potenziale dell'IoT esclusivamente attraverso le industrie verticali in cui potrebbe essere implementato non rivela completamente il suo valore potenziale. Esaminando invece gli ambienti fisici in cui le tecnologie IoT potrebbero essere applicate, come i luoghi di lavoro, le case o gli spazi esterni, possiamo analizzare l'intero spettro dei benefici e delle sfide potenziali dell'IoT (si veda l'infografica in Figura 88).

Tra questi ambienti, le fabbriche e altri contesti produttivi guidati da processi, come ospedali e industrie, sono propensi a ottenere i maggiori benefici dall'adozione di sistemi IoT, fino a $3.7 trilioni entro il 2025. Per le realtà con il valore deriverà da miglioramenti nell'efficienza energetica, nella produttività del lavoro, nella manutenzione delle attrezzature, nell'ottimizzazione delle scorte e nella salute e sicurezza dei lavoratori.

L'evoluzione dell'IoT, come delineato dagli ultimi studi e report, sta trasformando radicalmente il modo in cui viviamo e lavoriamo, aprendo nuove frontiere nell'efficienza, nella sicurezza e nel comfort. Con un impatto economico stimato in trilioni di dollari, l'IoT si posiziona come una delle tecnologie più influenti del prossimo decennio. Le sfide rimangono, specialmente in termini di interoperabilità e gestione dei dati, ma il potenziale per miglioramenti significativi in vari

contesti, dalle fabbriche alle città smart, è immenso. Le implicazioni per il futuro sono vastissime, richiedendo un approccio innovativo e integrato per sfruttare appieno le sue capacità.

Setting	Description	Examples
Human	Devices attached to or inside the human body	Devices (wearables and ingestibles) to monitor and maintain human health and wellness; disease management, increased fitness, higher productivity
Home	Buildings where people live	Home controllers and security systems
Retail Environments	Spaces where consumers engage in comerce	Stores, banks, restaurants, arenas—anywhere consumers consider and buy; self-checkout, in-store offer, inventory optimization
Offices	Spaces where knowledge workers work	Energy management and security in office buildings; improved productivity, including for mobile employees
Factories	Standardized production environments	Places with repetitive work routines, including hospitals and farms; operating efficiencies, optimizing equipment use and inventory
Worksites	Custom production environments	Mining, oil and gas, construction; operating efficiencies, predictive maintenance, health and safety
Vehicles	Systems inside moving vehicles	Vehicles including cars, trucks, ships, aircraft, and trains; condition-based maintenance, usage-based design, pre-sales analytics
Cities	Urban environments	Public spaces and infrastructure in urban settings; adaptive traffice control, smart meters, environmental monitoring, resource management
Outside	Between urban environment (and outside other settings)	Outside uses include railroad tracks, autonomous vehicles (outside urban locations), and flight navigation; real-time routing, connected navigation, shipment tracking

Figura 88. Contesti applicativi nei quali l'IoT può apportare valore (credits: McKinsey)

Sistemi predittivi e di controllo

L'Harvard Business School definisce l'analisi predittiva [61] come l'uso dei dati per prevedere tendenze e eventi futuri. Utilizza dati storici per pronosticare scenari potenziali che possono guidare decisioni strategiche. Le previsioni possono riguardare il futuro prossimo, come ad esempio prevedere il malfunzionamento di una macchina quel giorno stesso, o un futuro più lontano, come prevedere i flussi di cassa di un'azienda per l'anno successivo. L'analisi predittiva può essere condotta manualmente o tramite algoritmi di machine learning, utilizzando sempre dati storici per fare supposizioni sul futuro. Prevedere permette di prendere decisioni migliori e formulare strategie basate sui dati.

In riferimento al settore manifatturiero, si può parlare di manutenzione predittiva. Essa si basa sul monitoraggio basato sulle condizioni per ottimizzare le prestazioni e la durata delle apparecchiature valutandone continuamente lo stato in tempo reale. Raccogliendo dati dai sensori e applicando strumenti e processi analitici avanzati come l'apprendimento automatico (ML), la manutenzione predittiva può identificare, rilevare e affrontare i problemi nel momento in cui si verificano, nonché prevedere il potenziale stato futuro delle apparecchiature e quindi ridurre i rischi. La chiave è fornire le informazioni giuste al momento giusto alle persone giuste[62].

I progressi tecnologici nei sensori IoT, nella raccolta di big data e nelle tecnologie di archiviazione sono proseguiti e continueranno a ritmo sostenuto. La crescita dei dati e l'accessibilità dell'IA/ML stanno migliorando i modelli di manutenzione predittiva e promuovendo la sua adozione. Inoltre, la pandemia ha accelerato gli sforzi di trasformazione digitale, creando ambienti aziendali più integrati e una maggiore richiesta di insight in tempo reale basati sull'intelligenza. Infine, l'aumento vertiginoso dei tempi di inattività non pianificati, che secondo gli esperti ammontano a circa l'11% del fatturato delle società Fortune Global 500, sta favorendo anche l'adozione della manutenzione predittiva sul mercato. Le seguenti tecnologie sono solo alcune tra quelle che contribuiscono alla continua evoluzione e al valore della manutenzione predittiva:

- **L'ispezione robotica automatizzata** sta rendendo il monitoraggio delle apparecchiature in luoghi remoti o pericolosi da raggiungere, come nel settore petrolifero e del gas, più efficiente ed economico. I robot agiscono come sensori mobili che monitorano più risorse e inseriscono i dati nei sistemi computerizzati di gestione della manutenzione;
- **Tecnologie immersive** come la realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) vengono sviluppate per semplificare le ispezioni. L'AR può raccogliere dati ed entrambe le tecnologie possono migliorare le ispezioni visive e il rilevamento precoce dei guasti;
- **I gemelli digitali** possono aumentare la manutenzione predittiva creando la rappresentazione virtuale di una risorsa fisica che genera dati di sensori e simula scenari e soluzioni di guasti operativi durante tutto il ciclo di vita di una risorsa senza che corra dei rischi;
- **Le soluzioni di manutenzione predittiva abilitate all'IoT** verranno fornite come parte integrante delle soluzioni EAM/CMMS e integrate con altre applicazioni aziendali;
- La **manutenzione predittiva as-a-service** renderà la manutenzione predittiva più accessibile e conveniente. Un servizio fornito dai partner può essere meno dirompente rispetto alle implementazioni on-premises,

[61] https://online.hbs.edu/blog/post/predictive-analytics

[62] https://www.ibm.com/it-it/topics/predictive-maintenance

richiedere meno investimenti e formazione e garantire un time-to-value più rapido. Può anche essere adattato a singoli ambienti e apparecchiature.

I settori in cui può essere implementata la manutenzione predittiva sono molti e l'impatto di questa tecnologia ha grande potenziale (come descritto sopra) e grande impatto. Dal report di McKinsey & Company "Prediction at scale: How industry can get more value out of maintenance" [63] emergono subito, però, le notevoli difficoltà che le aziende possono incontrare nell'utilizzare questo tipo di tecnologie:

- I dati non sono sufficienti, spesso inaccessibili o di poca qualità;
- La tecnologia è inadeguata, pochi sensori e una scarsa infrastruttura IT;
- Prioritizzare è difficile, le aziende hanno una scarsa visione sugli asset da implementare con questa nuova tecnologia;
- Le competenze da impiegare nel settore mancano, i data engineer e i data scientist più competenti devono costruire da zero modelli analitici avanzati;
- Il ritorno economico può essere basso, dati gli alti costi iniziali nello sviluppare modelli sui diversi asset per predirre diverse tipologie di errori.

Superare queste sfide richiede un approccio sistematico e olistico alla progettazione, sviluppo e implementazione della manutenzione predittiva. Tale approccio inizia con una chiara comprensione della base di asset dell'organizzazione e dei suoi obiettivi di affidabilità. Le aziende devono anche riconoscere che la manutenzione predittiva comprende una vasta gamma di approcci analitici e tecnologici, con diversi livelli di complessità, costi e benefici (si veda Figura 89).

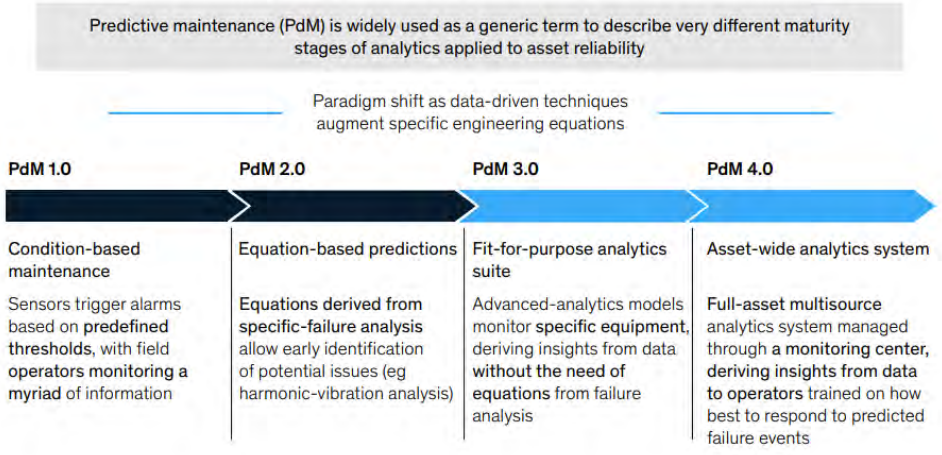


Figura 89. Evoluzione nelle capacità della manutenzione predittiva (credits: McKinsey)

[63] https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/prediction%20at%20scale%20how%20industry%20can%20get%20more%20value%20out%20of%20maintenance/prediction-at-scale-how-industry-can-get-more-value-out-of-maintenance.pdf?shouldIndex=false

I sistemi di manutenzione predittiva più avanzati (PdM 4.0), che coprono tutti gli asset, sono ancora rari oggi. Essi richiedono sostanziali investimenti in ricerca e sviluppo, oltre a profonde conoscenze del settore, accesso a darti pertinenti e esperienza operativa pratica. Chi utilizza un approccio così sviluppato ottiene diversi benefici:

- Multipli asset o impianti con un certo grado di somiglianza che permettono vantaggi di scala come la replica dei modelli e la condivisione di dati e migliori pratiche;
- Crescita limitata degli asset in modo che la produzione aggiuntiva si converte in ulteriori vendite;
- Modalità di guasto ad alto valore, come quelle relative ad apparecchiature critiche, che si verificano con bassa frequenza ogni anno, rendendole più difficili da prevedere accuratamente con i metodi tradizionali o gli approcci tipici dell'intelligenza artificiale.

McKinsey sostiene che ormai tutte le aziende dovrebbero già implementare soluzioni di manutenzione predittiva avanzata. Sebbene ci siano alte barriere d'ingresso, alcuni recenti studi hanno ridotto il loro impatto e hanno migliorato le soluzioni all'implementazione: i sensori sono meno costosi e più chiari, i dati sono sempre più disponibili, i processi hanno maggiore potenza, i talenti sono sempre più competenti e esiste, sempre di più, un grosso ecosistema composto da partner tecnici che investono nel settore, semplificandolo.

Per utilizzare soluzioni di manutenzione predittiva bisogna subito:

- **Scegliere attentamente l'asset da sensorizzare**. Sebbene le implementazioni di PdM di livello 3.0 e 4.0 siano ormai dimostrate funzionare su larga scala, richiedono un certo livello di capacità nell'IoT, una lunga storia di dati e tempi di inattività di sufficiente valore per poter fare analisi. La decisione su dove implementare la PdM richiede una validazione asset per asset dei potenziali benefici e della disponibilità dei dati.
- **Scegliere un team tecnico di esperti pronti a supportare**. Più sofisticato è l'approccio per la manutenzione predittiva, più è richiesta una comprovata esperienza in dati e sviluppo. La PdM 4.0 è probabilmente più difficile da padroneggiare a causa della complessità della modellazione iniziale, dell'implementazione del modello e della manutenzione continua del modello. Oltre all'implementazione tecnica bisogna assicurarsi che gli strumenti PdM stiano creando un valore significativo e tangibile. Il partner giusto può aiutare a rendere l'adozione della PdM più facile, fornendo formazione su misura per il personale coinvolto, coinvolgendoli durante l'implementazione per garantire l'accettazione, o integrando le azioni PdM nei sistemi di flusso di lavoro esistenti.
- **Nuovi processi e un nuovo modo di pensare**. Un'implementazione di successo della manutenzione predittiva richiede non solo un accurato sviluppo del modello, ma anche nuovi processi e nuovi modi di pensare per incorporare i cambiamenti. Infatti, la gestione del cambiamento che mette l'utente al centro dell'implementazione è il fattore di successo più critico per garantire l'adozione su scala ad impatto sostenibile. L'infografica in Figura 90 mostra 5 elementi che, se messi insieme, supportano l'implementazione dalla manutenzione predittiva.

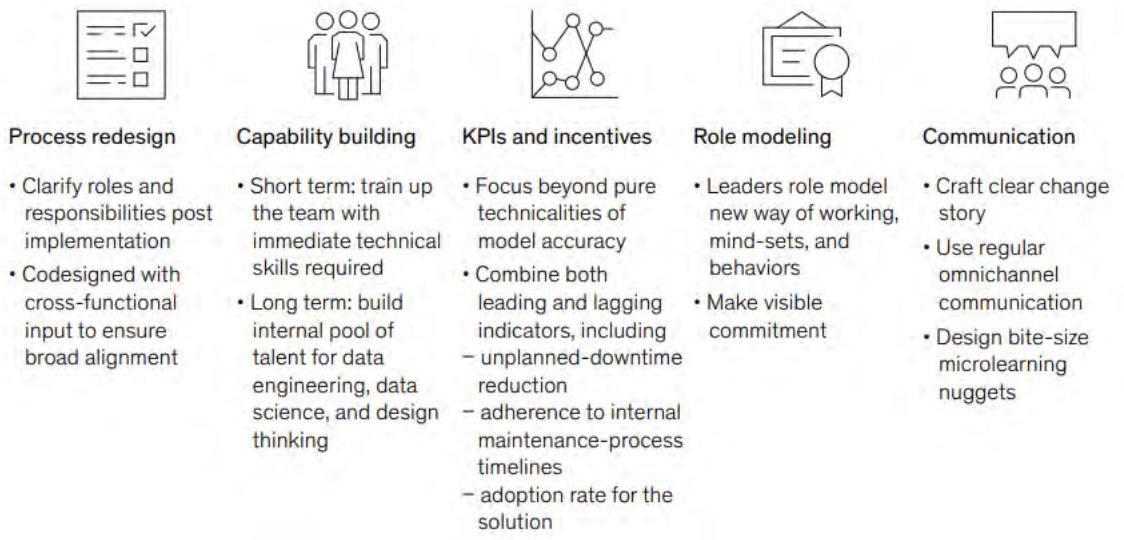


Figura 90. Elementi a supporto della manutenzione predittiva (credits: McKinsey)

- **Integrare la soluzione di manutenzione predittiva nell'intero ecosistema digitale**. Anche il sistema di PdM più sofisticato creerà valore solo se guida una risposta sul campo: un insieme di azioni che derivano chiaramente dall'allarme che il sistema genera. Ciò significa creare collegamenti stretti tra i sistemi di PdM e altre parti dell'ecosistema di manutenzione digitale (si veda Figura 91).

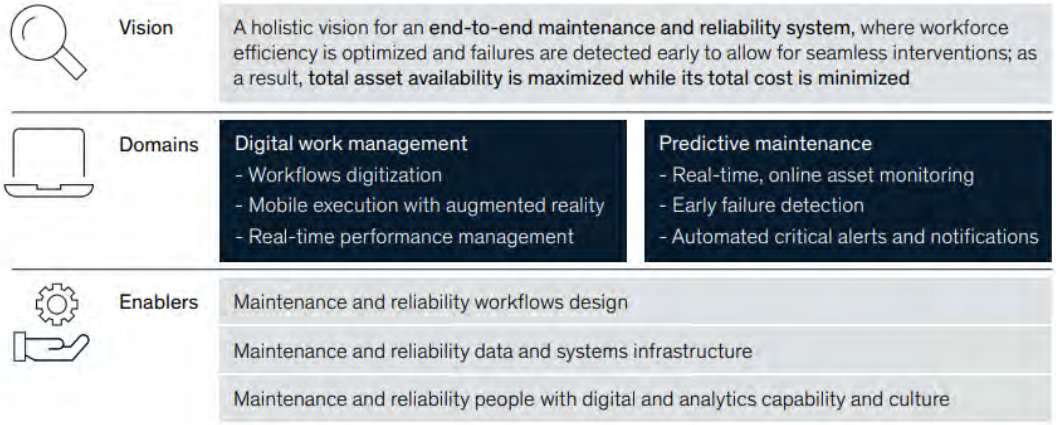


Figura 91. L'ecosistema della manutenzione predittiva (credits: McKinsey)

L'analisi predittiva e la manutenzione predittiva rappresentano un'evoluzione significativa nelle strategie aziendali e nella gestione degli asset, sfruttando dati e tecnologie avanzate per prevedere tendenze, malfunzionamenti e ottimizzare le operazioni. La chiave del successo risiede nell'integrazione sistematica e olistica di queste tecnologie, che richiede investimenti in ricerca e sviluppo, conoscenza del settore, e una gestione del cambiamento focalizzata sull'utente. Le aziende possono massimizzare il valore della manutenzione predittiva identificando asset critici, investendo in competenze tecniche adeguate e integrando le soluzioni PdM nell'ecosistema digitale aziendale, superando così le sfide legate alla raccolta e analisi dei dati e garantendo un ritorno sull'investimento significativo.

Dai Futures Studies: scenari possibili in tema manifattura

Il futuro del grafene: quattro scenari tra il 2030 e il 2040

Spesso definito il materiale delle meraviglie, il grafene è stato scoperto all'inizio degli anni 2000 e da allora il lavoro sul suo utilizzo e sfruttamento è stato intenso in tutto il mondo (si veda Figura 92 per un trend riguardo il numero di brevetti relativi al grafene negli ultimi 24 anni). Grazie alle sue proprietà favorevoli, si prevede che il grafene diventerà un materiale importante che consentirà enormi passi di sviluppo in diversi settori. La ricerca sul materiale miracoloso del grafene è stata insignita del Premio Nobel per la fisica già nel 2010.

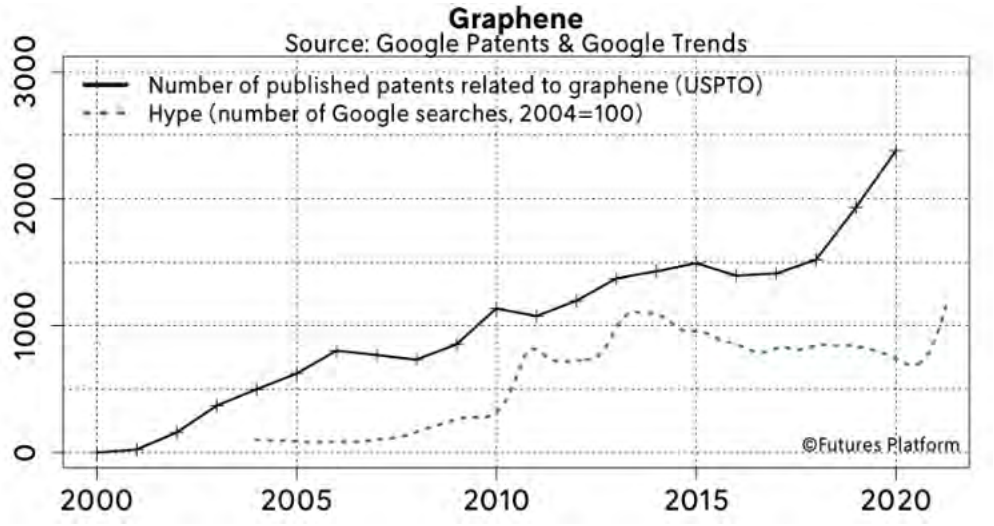


Figura 92. Numero di brevetti pubblicati relativi al grefene e presenza nei termini di ricerca Google (credits: Futures Platform)

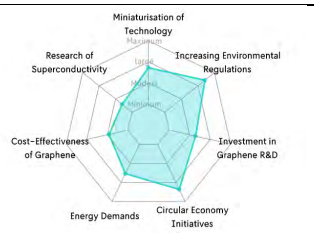
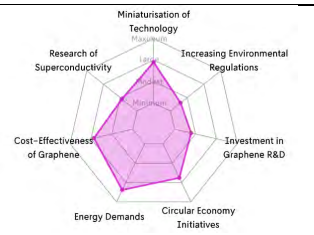
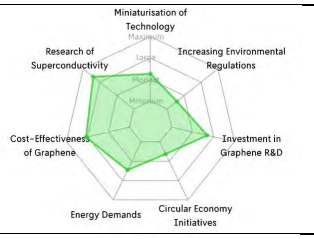
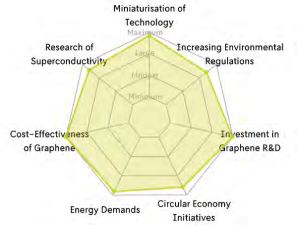
Il grafene ha diversi usi da solo, ma ha un grande potenziale anche in combinazione con altre sostanze, il che ne amplia ulteriormente la portata futura. Attualmente, si prevede che il grafene fornirà soluzioni efficienti e attivamente ricercate, in particolare nei settori dell'elettronica, dell'edilizia, automobilistico, aeronautico, alimentare e medico e nei processi di purificazione dell'acqua. I processi di produzione avanzano costantemente e i primi prodotti in grafene sono già stati introdotti sul mercato. Ad esempio, l'asfalto arricchito con grafene è stato sperimentato per le superfici stradali nel Regno Unito ed è probabile che venga utilizzato in più località. Questo rivoluzionario rivestimento utilizzando il grafene potrebbe aiutare a spingere il settore delle costruzioni stradali verso una manutenzione più rispettosa del carbonio con una durata di vita prolungata delle caratteristiche stradali. Tuttavia, ci sono ancora molte sfide da risolvere prima che la rivoluzione del grafene passi dai laboratori all'uso significativo nell'industria. Una sfida chiave è trovare modi per produrre in serie il grafene a un prezzo competitivo senza compromettere la qualità del materiale o nessuna delle sue proprietà desiderate.

Nel 2020, i ricercatori del MIT hanno trovato un nuovo modo per produrre grandi quantità di grafene mantenendone la conduttività elettrica e le proprietà meccaniche. Questo nuovo metodo, che prevede il posizionamento dei fogli di grafene in un processo roll-to-roll, potrebbe essere la chiave per sbloccare le varie potenzialità del grafene. Potrebbe, ad esempio, consentire di posizionare celle solari trasparenti sui dispositivi mobili. Insieme al grafene, il materiale miracoloso più recente, sintetizzato per la prima volta dagli scienziati della CU Boulder nel 2022, è la grafine (graphyne). La grafine è simile al grafene in quanto è anch'essa una struttura bidimensionale del carbonio. Tuttavia,

a differenza del grafene, la grafine contiene doppi e tripli legami e i suoi atomi non hanno sempre una disposizione esagonale, il che consente tipi molto diversi di capacità supermateriali. Ad esempio, quando il grafene consente una conduzione bidirezionale superveloce degli elettroni, la grafine lo consente in una sola direzione. Questa proprietà potrebbe aiutare i ricercatori a progettare transistor più veloci e altri componenti elettronici che elaborano corrente unidirezionale superveloce.

Futures Platform (2024) ha elaborato 4 scenari relativi alla cosiddetta "rivoluzione del grafene" tra il 2030 e il 2040. I driver identificati sono: Iniziative di economia circolare; Aumento di normative ambientali; Miniaturizzazione della tecnologia; Richieste energetiche; Investimenti in ricerca e sviluppo sul grafene; Rapporto costo-efficacia del grafene; Ricerca sulla superconduttività. Nei paragrafi successivi dettagliamo ciascuno dei 4 scenari ma ne offriamo sin d'ora in Tabella 10 una panoramica.

Tabella 10. Sintesi di 4 scenari per la rivoluzione del grafene tra il 2030 e il 2040

	Il grafene e la grafine vengono utilizzati come additivi sostenibili in vari settori poiché le iniziative di economia circolare guadagnano sempre più terreno. La capacità di convertire i rifiuti organici in grafene riduce i rifiuti domestici e riduce l'impronta di carbonio dei materiali da costruzione, stimolando la crescita del mercato del grafene in tutto il mondo.
	Il grafene e/o la grafine diventano un materiale cruciale per l'elettronica di consumo e la tecnologia delle batterie grazie alle proprietà superiori. Il suo utilizzo porta a dispositivi elettronici più piccoli ed efficienti con una maggiore durata della batteria, accelera l'adozione di veicoli elettrici e aumenta la produzione di energia solare.
	Massicci investimenti in ricerca e sviluppo sulla superconduttività basata sul grafene portano a significativi progressi tecnologici, accelerando l'arrivo di computer quantistici più potenti, scanner MRI più accurati e treni maglev più veloci.
	Le aree di applicazione del grafene e della grafia si espandono in modo significativo grazie alle loro proprietà uniche e ai metodi di produzione notevolmente migliorati. La produzione di massa di grafene e grafene di alta qualità segna una nuova era per il loro utilizzo pratico in innumerevoli campi e industrie.

L'attenzione alla sostenibilità spinge il grafene nel mainstream

Le migliori applicazioni del grafene e/o della grafine si trovano negli additivi sostenibili che spingono avanti il mercato in una società sempre più orientata all'ambiente, lasciando al secondo posto le aree di applicazione dell'alta tecnologia. Con i paesi che implementano normative più severe per ridurre le emissioni di carbonio, il modo in cui produrre e integrare il grafene in modo sostenibile continua a guadagnare molta attenzione da parte di diversi settori. Essendo uno dei processi ecologici, la conversione dei rifiuti organici o di qualsiasi materiale a base di carbonio in grafene riduce significativamente i rifiuti domestici generando al contempo una grande quantità di grafene. Questo grafene viene quindi aggiunto ai materiali da costruzione, riducendo l'impronta di carbonio di questi materiali nella produzione. Pertanto, concentrarsi sugli aspetti sostenibili del grafene aiuta a creare un processo circolare e a stimolare la crescita del mercato mondiale.

L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 93.



Figura 93. Intensità dei driver per lo scenario 'L'attenzione alla sostenibilità spinge il grafene nel mainstream' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo è il seguente:

- 2025: Sempre più paesi introducono regolamenti, politiche e standard per mitigare efficacemente la propria impronta di carbonio. Anche i governi, le organizzazioni e le aziende continuano a finanziare investimenti in vari progetti di economia circolare.
- 2026: Con l'accelerazione della transizione verso un'economia circolare, produttori e progettisti diventano sempre più responsabili degli impatti sulla produzione e del loro ciclo di fine vita.
- 2028: I processi di produzione sostenibili del grafene sono adottati più facilmente e ampiamente. Ciò aiuta a ridurre il prezzo commerciale del grafene e a realizzare un processo circolare.
- 2030: Consentendo ai processi di produzione del grafene di essere compatibili con i principi dell'economia circolare, la domanda di materiali a base di grafene aumenta enormemente. L'ulteriore vantaggio di sostenibilità del grafene aumenta le sue applicazioni in diversi settori industriali.

Il grafene miniaturizza ulteriormente l'elettronica migliorando l'efficienza

In un mondo in cui l'elettronica sta diventando sempre più piccola pur mantenendo o migliorando la propria efficienza, la capacità di creare chip, transistor e batterie più piccoli inaugura l'elettronica di prossima generazione. Con la limitazione di miniaturizzare ulteriormente i chip di silicio, il grafene diventa un materiale ideale, sostituendo infine il silicio nell'elettronica. L'uso del grafene nelle batterie ne migliora significativamente la longevità e la capacità. Ciò significa che l'elettronica di consumo continua a diventare più piccola ma più efficiente con una durata della batteria notevolmente migliorata.

In Figura 94 riportiamo l'intensità dei driver per lo scenario considerato.



Figura 94. Intensità dei driver nello scenario 'Il grafene miniaturizza ulteriormente l'elettronica migliorando l'efficienza' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo è il seguente:

- 2025: Con la domanda di energia in costante aumento in tutto il mondo, la concorrenza per lo sviluppo di batterie più efficienti e di lunga durata diventa sempre più agguerrita.
- 2028: Una nuova forma di grafene migliora il costo e l'efficienza delle batterie.
- 2030: Le industrie facilitano l'adozione del grafene per l'elettronica su larga scala grazie al suo migliore rapporto costo-efficacia e alle sue straordinarie capacità, come l'elevata conduttività elettrica e termica.
- 2032: Il grafene governa l'elettronica stampabile, indossabile e flessibile della prossima generazione grazie alle sue proprietà superiori. Anche le batterie a base di grafene vengono utilizzate per la produzione di massa. Ciò accelera significativamente l'adozione di veicoli elettrici che possono guidare per giorni con una sola carica e aumenta la produzione di energia solare.

La superconduttività nel grafene rappresenta una svolta significativa nelle applicazioni high-tech

La superconduttività ad alta temperatura nel grafene e/o nella grafene apre le porte a significative rivoluzioni tecnologiche in una vasta gamma di settori, dall'informatica quantistica ai trasporti, alla risonanza magnetica (MRI). Con enormi quantità di ricerca e capitali investiti nella superconduttività basata sul grafene, si materializzano superconduttori che operano più vicino alla temperatura ambiente. Ciò porta a enormi progressi sotto forma di un computer quantistico con una potenza di calcolo molto maggiore di qualsiasi altra cosa attualmente disponibile, scanner MRI con immagini più accurate e profonde dei tessuti umani e treni maglev con velocità sempre più elevate.

L'intensità dei driver per lo scenario considerato è riportata in Figura 95.

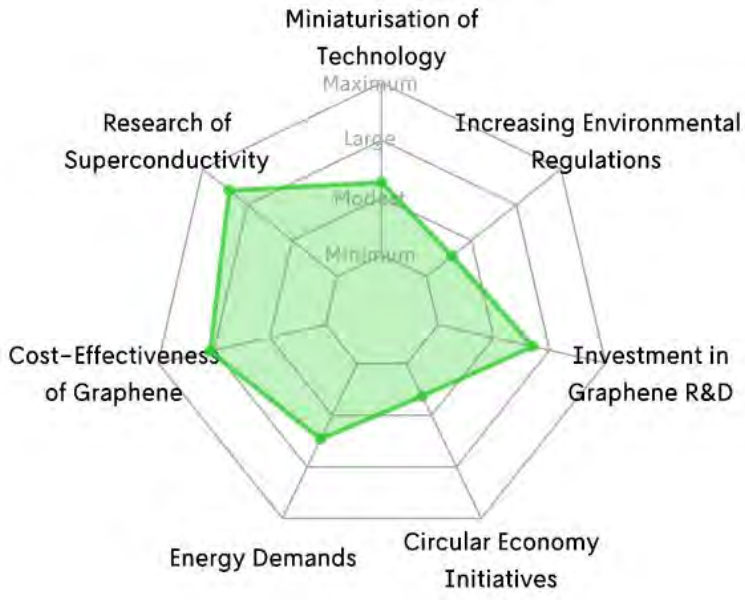


Figura 95. Intensità dei driver nello scenario 'La superconduttività nel grafene rappresenta una svolta significativa nelle applicazioni high-tech' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo è:

- 2025: I ricercatori continuano a esplorare la superconduttività sorprendentemente ad alta temperatura che si verifica nel grafene in ulteriori studi.
- 2035: I continui progressi nella superconduttività basata sul grafene consentono di utilizzare computer con un consumo energetico estremamente ridotto.
- 2040: La superconduttività basata sul grafene espande ulteriormente i suoi ambiti di applicazione e diventa un elemento chiave in un'ampia gamma di tecnologie all'avanguardia.

Il grafene rivoluziona ogni aspetto della società

Tutte le impressionanti proprietà combinate del grafene e/o della grafine determinano un effetto completamente dirompente sull'economia globale. Con un'enorme quantità di capitale investito in progetti di ricerca e sviluppo, vengono stabiliti modi rapidi ed economici per produrre materiali meravigliosi di alta qualità. Ciò apre nuove aree di applicazione per entrambi in innumerevoli settori, tra cui trasporti, medicina, elettronica, energia, edilizia, informazione e depurazione delle acque. Ciò significa che il grafene e/o la grafine apportano miglioramenti rivoluzionari ai materiali e alle tecnologie esistenti, fornendo materiali e soluzioni tecnologiche pulite più piccoli, più leggeri e più efficienti.

L'intensità dei driver considerati per lo scenario è rappresentato in Figura 96.



Figura 96. Intensità dei driver per lo scenario 'Il grafene rivoluziona ogni aspetto della società' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo è il seguente:

- 2025: Grandi investimenti in ricerca e sviluppo e startup che creano innovazioni con le tecnologie del grafene aumentano il valore del grafene e il potenziale di mercato.
- 2026: Il grafene presenta una proposta di valore convincente, come il miglioramento delle prestazioni del prodotto o la stabilità a lungo termine rispetto al costo, sia nelle prove di laboratorio che in quelle in loco per varie applicazioni.
- 2032: Il grafene fornisce impulsi significativi allo sviluppo di bio e nanotecnologie, materiali compositi e tecnologie energetiche e informatiche, offrendo così progressi diretti o indiretti a quasi tutti i campi e le industrie oltre i limiti della nostra immaginazione.
- 2035: Il vero potenziale del grafene e/o della grafine si realizza in innumerevoli applicazioni.

Il futuro dell'economia circolare: quattro scenari tra il 2025 e il 2040

L'economia circolare è una modalità di produzione in crescita (si veda Figura 97) che mira a ridurre gli sprechi e l'inquinamento seguendo i principi dello sviluppo sostenibile nella progettazione dei flussi di materiali. L'uso efficiente e il riciclaggio di tutte le materie prime apportano benefici all'ambiente e all'economia. Il passaggio a un sistema circolare avvantaggia direttamente anche gli esseri umani consentendoci di sostenere i nostri stili di vita, creare nuove opportunità di lavoro e migliorare la nostra salute attraverso la riduzione dell'inquinamento atmosferico.

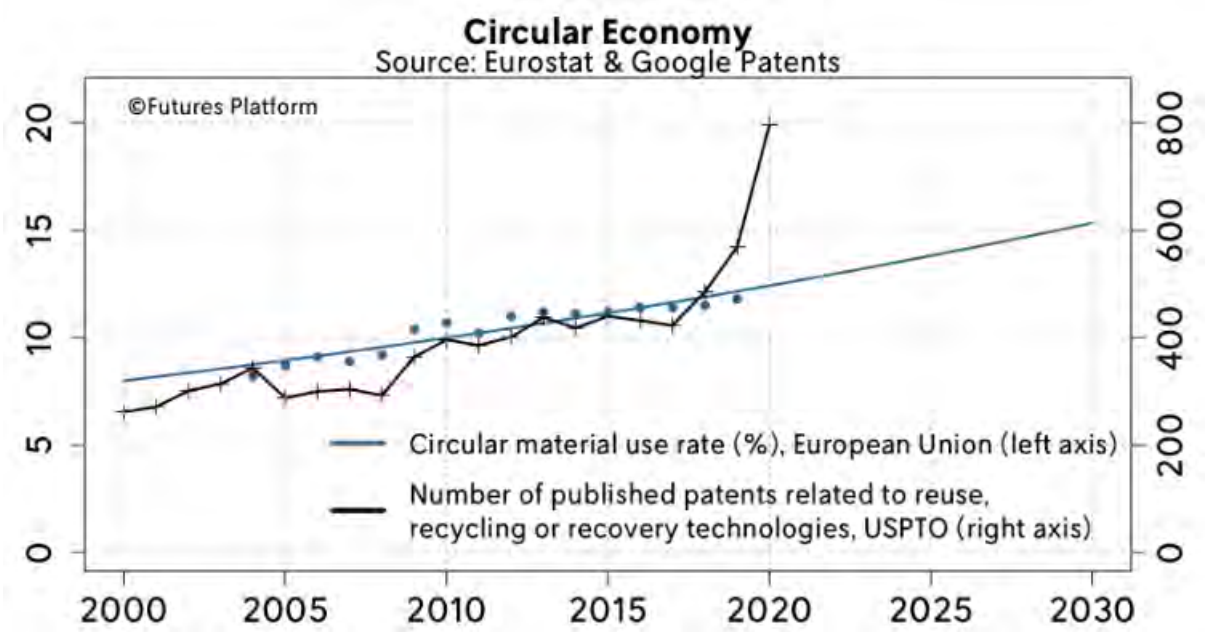
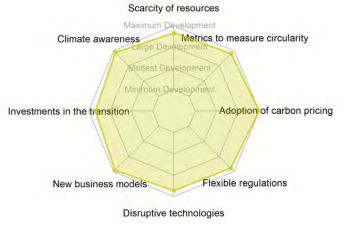


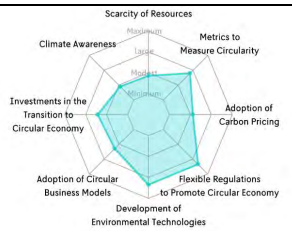
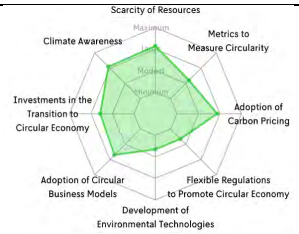
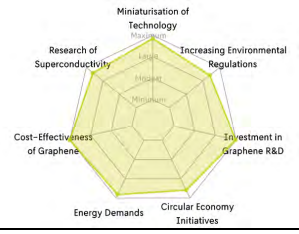
Figura 97. Trend di sviluppo dell'economia circolare (credits: Futures Platform)

Nei paragrafi seguenti si mostrano quattro scenari relativi al futuro dell'economia circolare tra il 2025 e il 2040. I driver considerati per la realizzazione degli scenari sono: Adozione del Carbon Pricing; Scarsità di risorse; Consapevolezza climatica; Investimenti nella transizione all'economia circolare; Adozione di modelli di business circolari; Metriche per misurare la circolarità; Sviluppo di tecnologie ambientali; Norme flessibili per promuovere l'economia circolare.

Nei paragrafi successivi dettagliamo ciascuno dei 4 scenari ma ne offriamo sin d'ora in Tabella 11 una panoramica.

Tabella 11. Sintesi di 4 scenari per l'economia circolare tra il 2030 e il 2040

	L'economia circolare guadagna terreno a livello globale, poiché i governi e le aziende sviluppano misure e modelli di business che danno priorità al riciclaggio e ai prodotti più ecologici. Ciò porta a una riduzione delle emissioni di carbonio e del consumo di energia, creando al contempo nuove opportunità di lavoro e riducendo lo spreco di materie prime.

	I paesi sviluppati sono meglio attrezzati per la transizione verso un'economia circolare grazie alle loro risorse e capacità tecnologiche, mentre i paesi in via di sviluppo faticano ad attuare i principi circolari senza sostegno. Il progresso globale disomogeneo ostacola gli obiettivi ambientali e climatici e lascia irrisolte molteplici questioni ambientali.
	La tariffazione del carbonio e la pressione sociale incentivano le aziende a passare a modelli circolari. Tuttavia, molte aziende che non riescono ad adattarsi all'economia circolare e al suo panorama competitivo si impegnano nel greenwashing, e la mancanza di politiche e standard trasparenti continua a rappresentare una sfida per la piena evoluzione dell'economia circolare.
	La transizione verso un'economia circolare è ostacolata da ostacoli quali tecnologia insufficiente, mancanza di incentivi economici, enfasi sulla convenienza rispetto all'azione per il clima e istruzione pubblica inadeguata. Molti paesi continuano a seguire un modello economico lineare.

Transizione globale verso pratiche sostenibili e crescita economica

La transizione completa verso un'economia circolare è stata ampiamente raggiunta in molte parti del mondo. I governi sviluppano misure concrete e offrono incentivi economici alle aziende che forniscono prodotti più ecologici e sostengono programmi di riciclaggio. Inoltre, le aziende adottano sempre più modelli di business circolari man mano che vengono sviluppate nuove tecnologie, esistono esempi di processi più concreti e i vantaggi in termini di costi diventano chiari. La cooperazione globale e gli investimenti su larga scala contribuiscono a facilitare l'implementazione di successo di modelli di produzione e consumo circolari, soprattutto nelle economie sviluppate, ma in una certa misura anche nelle economie in via di sviluppo. Ciò riduce la necessità di estrarre nuove materie prime, aiuta a mantenere puliti gli oceani, i fiumi e i fossati, apre opportunità per nuovi posti di lavoro e riduce le emissioni di carbonio e il consumo di energia su larga scala.

In Figura 98 si rappresentano i driver considerati per questo scenario e la loro intensità.

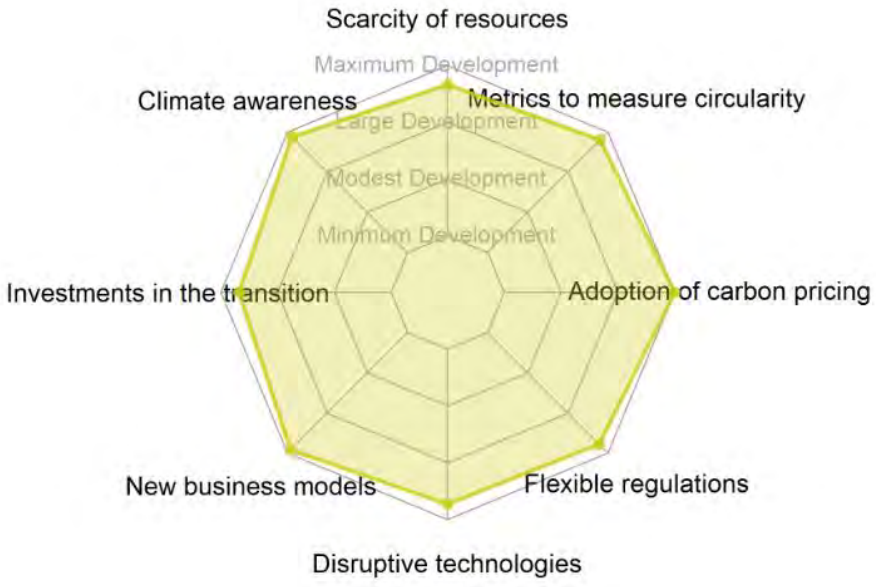


Figura 98. Intensità dei driver per lo scenario 'Transizione globale verso pratiche sostenibili e crescita economica' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo per lo scenario è il seguente:

- 2026: La transizione verso un'economia circolare accelera grazie a nuove iniziative e cooperazioni pubbliche e private e alla crescente pressione sociale per le azioni a favore del clima.
- 2028: Sempre più città e aziende finanziano la transizione verso un modello di economia circolare emettendo ad es. obbligazioni verdi.
- 2030: Gli investimenti pubblici e privati e solidi quadri di governance contribuiscono ad ampliare le attività dell'economia circolare nei paesi in via di sviluppo.
- 2035: Il progresso tecnologico, tra cui la robotica AI, l'estrazione in discarica, il riciclaggio rapido, la tecnologia blockchain, VR, AR, IoT, stampa 3D e droni, aiuta l'implementazione di strategie di economia circolare.
- 2037: L'approccio intersettoriale facilita la creazione di modelli di business che tengono conto dell'intero ciclo di vita di prodotti e servizi senza compromettere la comodità del consumatore. Di conseguenza, diversi

modelli di business, tra cui la sharing economy, il Product-as-a-Service e il recupero e riciclaggio delle risorse, che si basano sul concetto di economia circolare, stanno guadagnando slancio.

- 2040: Un'economia circolare diventa dominante in tutto il mondo, aumentando l'occupazione e la crescita economica e mitigando al tempo stesso lo spreco di materie prime rare e gli impatti peggiori delle emissioni e dei cambiamenti climatici.

Progressi disomogenei nel mondo

Sebbene molti paesi sviluppati, soprattutto europei, raggiungano livelli elevati di circolarità, gli elevati costi economici e politici della transizione rendono difficile per i paesi in via di sviluppo costruire un sistema economico circolare. Con grandi investimenti pubblici e privati che stimolano la transizione, oltre a consentire alle tecnologie di maturare e espandersi rapidamente, molti paesi sviluppati aprono la strada a una transizione di successo verso un'economia circolare. Tuttavia, i paesi in via di sviluppo faticano ad adottare i principi dell'economia circolare senza una diffusa consapevolezza climatica, fondi considerevoli, obblighi legali, regole e standard comuni internazionali e strumenti necessari. Pertanto, i progressi disomogenei a livello globale verso un'economia circolare non aiutano a raggiungere gli obiettivi ambientali e climatici prefissati. I driver e la loro intensità sono rappresentati in Figura 99.

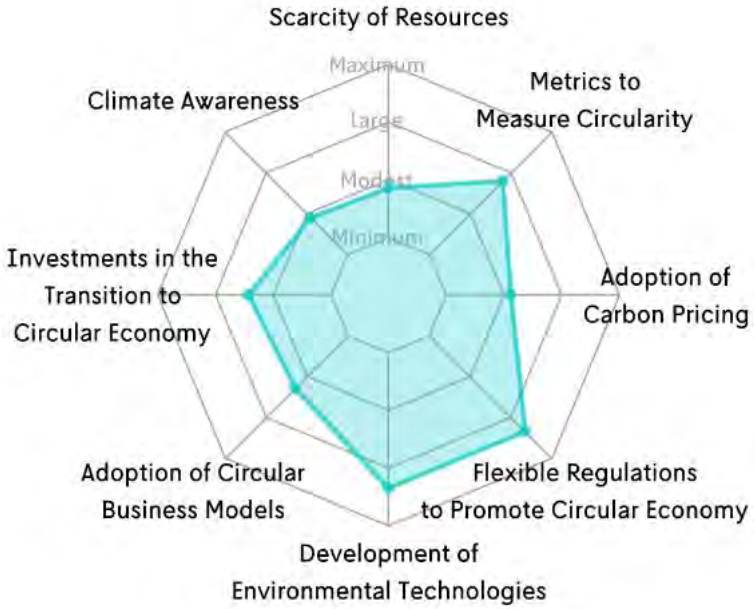


Figura 99. Intensità dei driver nello scenario 'Progressi disomogenei nel mondo' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è:

- 2025: Un'ondata di tecnologie dirompenti aiuta le economie sviluppate a migliorare la produttività delle risorse e a ridurre il consumo di materiali.
- 2028: Le normative si evolvono di conseguenza per garantire il successo dell'implementazione di un'economia circolare in molti paesi sviluppati. Un esempio è l'applicazione di una legge che richiede il riutilizzo o il riciclaggio dei materiali utilizzati, ad esempio, nei settori dell'edilizia e dell'elettronica. Nel frattempo, non esistono obblighi e meccanismi giuridici per promuovere l'economia circolare nei paesi in via di sviluppo.
- 2030: Molti paesi sviluppati stabiliscono parametri per misurare e valutare la circolarità, come la longevità delle infrastrutture e dei prodotti e la preservazione dei valori materiali ed ecosistemici, che competono con le misurazioni pervasive del progresso economico, come il PIL.
- 2035: Senza un approccio coerente a livello globale verso un'economia circolare, il mondo fa pochi progressi nel raggiungimento degli Obiettivi di sviluppo sostenibile e degli obiettivi climatici. Pertanto, i principali problemi ambientali rimangono irrisolti.

Il greenwashing costituisce un ostacolo allo sviluppo di un'economia circolare pienamente funzionante

Mentre il sostegno politico e sociale accelera il passaggio a un'economia circolare, il persistente greenwashing impedisce all'economia circolare di evolversi in un modello economico pienamente funzionante. Essendo uno dei potenti strumenti per affrontare il cambiamento climatico, la fissazione del prezzo del carbonio progredisce rapidamente in tutto il mondo. Con l'adozione diffusa e coordinata a livello globale della tariffazione del carbonio, le risorse riciclate e riutilizzate iniziano ad avere un vantaggio in termini di prezzo rispetto alle risorse naturali ad alta intensità di carbonio. Ciò, insieme alla pressione sociale, incentiva in una certa misura le aziende a passare a modelli di business circolari. Molte aziende dominanti non riescono ad adattarsi al panorama competitivo in evoluzione e, a loro volta, sono più propense ad adottare comportamenti di greenwashing per rimanere rilevanti. D'altra parte, il commercio del carbonio consente di aggirare il riciclaggio semplicemente acquistando i diritti di emissione dal mercato, che spesso è l'opzione più economica.

In Figura 100, l'intensità dei driver per lo scenario considerato.

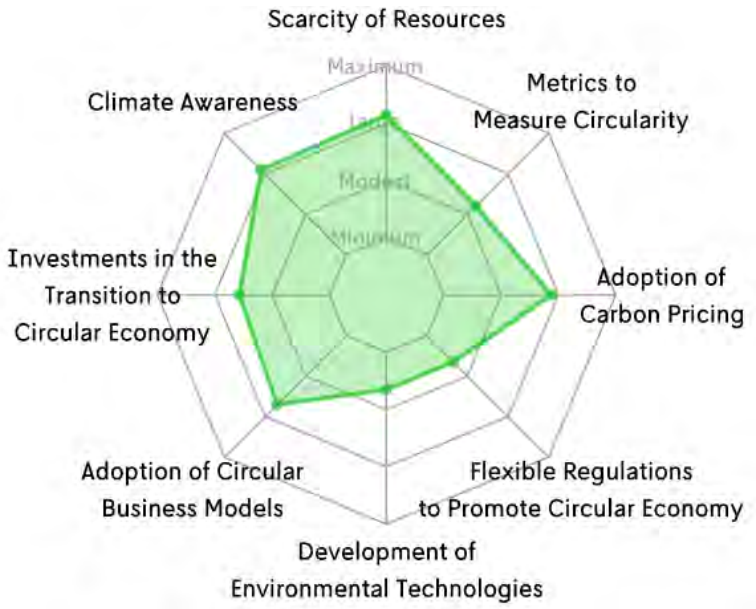


Figura 100. Intensità dei driver per lo scenario 'Il greenwashing costituisce un ostacolo allo sviluppo di un'economia circolare pienamente funzionante' (credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di sviluppo per lo scenario è il seguente:

- 2025: Un numero crescente di paesi traduce i propri ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni nell'attuazione di misure concrete.
- 2026: A livello globale sono in vigore sempre più strumenti commerciali e di fissazione del prezzo del carbonio, insieme ad azioni politiche coerenti a livello globale che mirano a riflettere accuratamente il costo delle emissioni per il pianeta.
- 2028: Acquistare diritti di emissione e affidarsi realmente ai principi dell'economia circolare diventano due opzioni concorrenti sui mercati.

- 2030: Le aziende che sono “nate” in modo circolare interrompono aziende consolidate che hanno iniziato in un’economia lineare, poiché le prime offrono prodotti più competitivi e rispettosi del clima e generano fonti di reddito ricorrenti durante tutto il ciclo di vita dei prodotti.
- 2032: Sebbene venga raggiunto un certo livello di circolarità, il greenwashing persiste sia tra le nuove che tra le vecchie aziende a causa della mancanza di regole, politiche e standard trasparenti e solidi per la transizione verde.

L'economia non circolare rimane dominante a livello globale

La transizione verso un'economia circolare diventa lenta e presenta numerosi ostacoli sul percorso. Le industrie non si trovano ad affrontare un'allarmante scarsità di materie prime fondamentali dovuta all'espansione delle aree destinate all'estrazione delle risorse.

Anche tecnologie come il riciclaggio rapido, la robotica di riciclaggio basata sull'intelligenza artificiale e l'estrazione in discarica, necessarie per riciclare tutti i tipi di materiali, sono ancora agli inizi. Non c'è quasi alcun incentivo economico a riciclare i materiali, e quindi è difficile ottenere un profitto dal riciclo. Inoltre, l'enfasi sulla convenienza rispetto all'azione per il clima e la scarsa comprensione dell'economia circolare da parte dei cittadini, dei settori imprenditoriali e dei governi ostacolano l'applicazione di normative aggiornate per promuovere l'economia circolare.

Nel complesso, molte parti del mondo continuano a seguire un modello economico lineare "business as usual" e non circolare.

L'intensità dei driver considerati per la realizzazione di questo scenario è riportata in Figura 101.

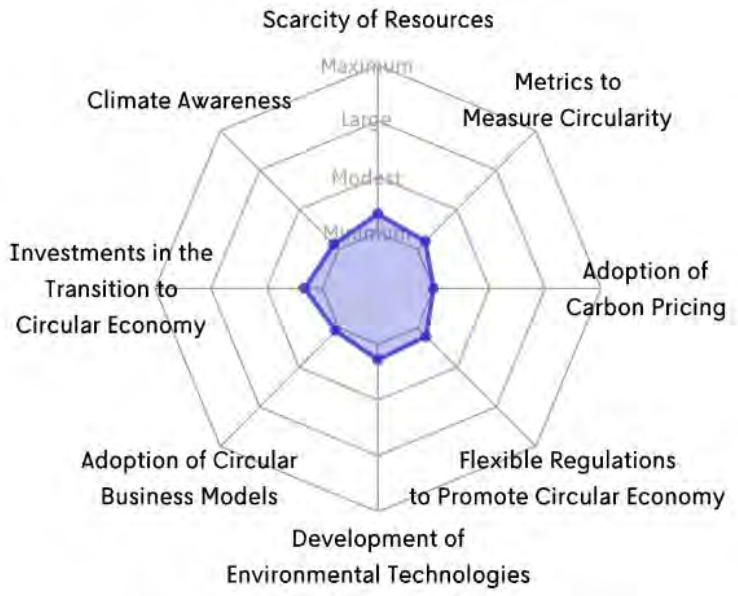


Figura 101. Intensità dei driver per lo scenario 'L'economia non circolare rimane dominante a livello globale' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo dello scenario è la seguente:

- 2025: Poiché manca un'educazione approfondita dei consumatori e dei produttori sull'economia circolare, la consapevolezza pubblica e la penetrazione nel mercato dei prodotti circolari rimangono a un livello basso.
- 2026: Le imprese e il contesto normativo mantengono l'economia basata sul consumo e sulla convenienza.
- 2028: Le barriere tecnologiche e i modelli di business pervasivi impediscono che i prodotti siano progettati per essere riparabili, aggiornabili, riutilizzabili e riciclabili. Allo stesso tempo, la scarsità di alcune risorse non è un problema imminente per le imprese o le superpotenze globali che espandono le aree di sfruttamento delle risorse, dall'Artico alle profondità marine fino allo spazio.

- 2032: Poiché la classe media globale continua ad espandersi drasticamente a causa della rapida industrializzazione dei paesi in via di sviluppo, il consumo complessivo aumenta in modo esponenziale. Le modalità di consumo capitaliste persistono in molte economie in via di sviluppo.
- 2035: Molte aziende fondate nell'economia lineare continuano le loro pratiche di business as usual a causa della mancanza di coordinamento tra aziende, industrie e governi.

Società digitali

Il presente capitolo si propone di esaminare le dinamiche delle società digitali, esplorando gli scenari attuali e tracciando proiezioni sul loro futuro. Attraverso un'analisi approfondita, ci addentreremo nei temi delle Smart City e dell'economia spaziale, analizzando la gestione dei dati, la miniaturizzazione e la standardizzazione tecnologica che caratterizzano l'evoluzione delle città e dei servizi in orbita.

Partendo dal concetto di Società Digitali, esploreremo come le Smart City stiano trasformando l'esperienza urbana attraverso l'integrazione di tecnologie innovative per migliorare la qualità della vita, l'efficienza dei servizi e la sostenibilità ambientale. Analizzeremo anche la gestione dei dati all'interno di queste città intelligenti, evidenziando le sfide e le opportunità legate alla raccolta, all'analisi e alla protezione delle informazioni.

Successivamente, ci concentreremo sull'economia spaziale, esaminando come la miniaturizzazione e la standardizzazione dei satelliti stiano aprendo nuove frontiere nell'erogazione di servizi in orbita, dal monitoraggio ambientale alla comunicazione globale. Esploreremo inoltre il concetto di frazionamento e i servizi in orbita, discutendo delle implicazioni di una crescente presenza di attività commerciali nello spazio.

Infine, mediante l'ausilio dei Futures Studies, ci proponiamo di delineare possibili scenari futuri per le Società Digitali e le Smart City, esplorando le tendenze emergenti e le sfide che potrebbero plasmare il futuro delle città e degli spazi digitali.

Smart cities

Oggi più della metà della popolazione vive in città con un'urbanizzazione accelerata. Questo numero è in costante aumento, il che comporta enormi sfide negli ambienti urbani. Vari problemi come l'aumento del traffico, l'inquinamento, il consumo di energia e i rifiuti imposti dalla crescente popolazione stanno spingendo le città a fare maggiore affidamento sulle tecnologie per fornire soluzioni: le Smart City, intrise di tecnologia intelligente, sono in aumento in tutto il mondo.

Le città intelligenti sono costruite su strutture complesse e intelligenti di reti digitali onnipresenti e sensori computerizzati integrati nel tessuto urbano. Attraverso le reti onnipresenti delle città, potenziate da software basato su cloud, edge computing e intelligenza artificiale, i dati raccolti dalle infrastrutture cittadine vengono trasformati in intelligence in tempo reale che aiuterà i residenti delle città a migliorare la loro qualità di vita. Ad esempio, i percorsi dei trasporti pubblici possono adattarsi in tempo reale in base alla domanda e i semafori intelligenti possono migliorare la congestione e il flusso del traffico. I bidoni della spazzatura intelligenti monitorano il tasso di utilizzo e comunicano agli amministratori quando raccogliere la spazzatura. Ora, grandi aziende globali come Toyota, Panasonic, Volkswagen e altre stanno investendo vigorosamente nello sviluppo delle smart city o creando le proprie città da zero.

Questo è vero per le grandi aziende ma anche per gli enti locali. Infatti, negli ultimi anni, c'è stato un aumento della consapevolezza da parte degli enti locali sull'importanza di sfruttare appieno i dati disponibili, anche grazie alla crescente quantità di iniziative e progetti legati alle Smart City. Queste soluzioni, che si basano su tecnologie digitali e IoT, generano una vasta quantità di dati. Se questi dati non vengono adeguatamente utilizzati, i progetti rischiano di rimanere isolati. Di conseguenza, l'adozione di strategie per valorizzare i dati diventa una priorità per garantire la piena integrazione nell'implementazione e nella gestione dei progetti Smart City.

Qual è precisamente lo stato dell'arte delle Smart City in Italia? A che punto sono i comuni italiani in termini di progetti e di consapevolezza da parte delle istituzioni e dei cittadini? A queste domande ha risposto la ricerca del 2023 dell'Osservatorio Smart City del Politecnico di Milano.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Smart City della School of Management del Politecnico di Milano, nel report del 2023 "Smart City: il punto di vista dei comuni e dei cittadini italiani nel 2022", analizza il punto di vista sul tema delle Smart City da parte dei comuni e dei cittadini italiani, con un campione di 408 decisori pubblici in ambito comunale (referenti Smart City e responsabili di trasformazione digitale) e 1001 cittadini contattati tramite survey.

Partendo dal punto di vista dei comuni, la maggior parte del campione (48%) è composto da comuni del Nord-Ovest; tuttavia, si rileva un buon grado di rappresentatività anche delle altre zone del Paese.

Secondo gli intervistati, la Smart City continua ad essere un tema prioritario, con importanti differenze tra i comuni piccoli e quelli medi o grandi. Come semplicemente immaginabile, all'aumentare della dimensione del

Comune, si osserva una maggiore rilevanza attribuita ai progetti di Smart City ed anche una maggiore numerosità di progetti.

In tutto il campione, in ogni caso, quello che si osserva è un trend in crescita nel tasso di adozione anno dopo anno: dall'11% nel 2020 al 21% nel 2022. Questa tendenza è un segnale positivo per il futuro, con i comuni italiani pronti ad investire sempre di più in strategie smart e in un numero maggiore di interventi.

Analizzando i singoli interventi ed ambiti applicativi di progetti Smart City (si veda Figura 102), risulta evidente come nel triennio 2020-2022 l'ambito applicativo più gettonato sia stato quello dell'Illuminazione pubblica (74%, +18% rispetto al 2021), priorità numero uno per i centri urbani di ogni dimensione; seguono i progetti legati alla Sicurezza (60%) e all'Integrazione di processi interni e servizi ai cittadini (54%), con la Smart Mobility che si posiziona al quarto posto con il 51% dei voti.

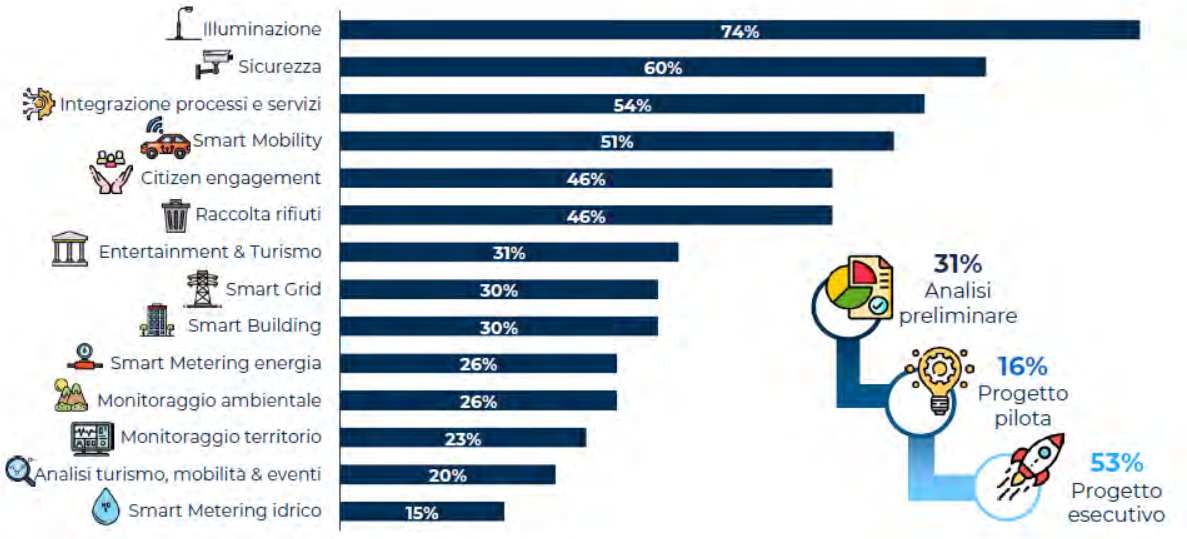


Figura 102. Ambiti applicativi dei progetti Smart City (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Esistono, tuttavia, dei punti di attenzione. Molti comuni, infatti, sono convinti di adottare applicazioni "smart" quando in realtà sono fermi a un livello ancora superficiale di innovazione. Per quanto riguarda l'illuminazione pubblica, ad esempio, è emerso che nel 39% dei casi si tratta unicamente di installazione di lampade a LED. Lo stesso vale per la sicurezza, dove le soluzioni più adottate riguardano i circuiti di telecamere connesse (85%), non sempre supportate da soluzioni di video analytics.

La mancanza di consapevolezza è, in realtà, solo uno degli ostacoli che vengono incontrati dalle pubbliche amministrazioni quando approcciano i progetti Smart City. La mancanza di personale e di competenze adeguate, in linea con quanto emerso negli scorsi anni, si conferma la principale barriera all'avvio dei progetti Smart City per i comuni di qualsiasi dimensione. Oltre le barriere, i comuni stanno agendo su diverse soluzioni al fine di facilitare l'avvio di progetti Smart City (si veda Figura 103).

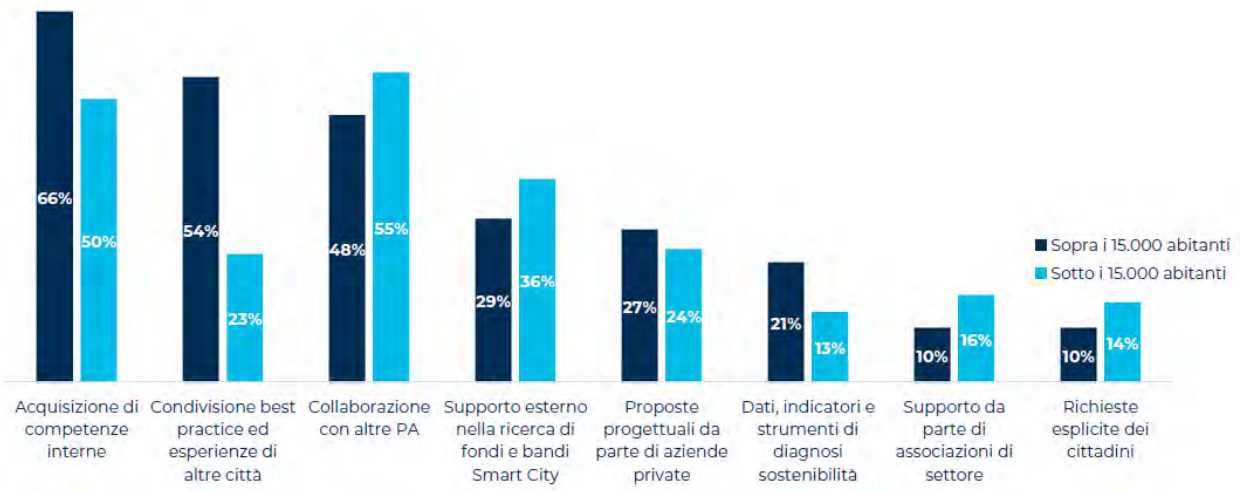


Figura 103. Fattori chiave per il superamento di barriere nei progetti Smart City (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Venendo invece al punto di vista dei cittadini, l'Osservatorio Smart City ha condotto un'indagine insieme a BVA Doxa, rivolta agli abitanti di città medie e grandi (popolazione maggiore di 20000 abitanti), tra i 18 e i 74 anni di età. Dall'indagine emerge che, nonostante le convinzioni piuttosto futuristiche sul termine Smart City, i cittadini hanno ben chiaro da dove partire nel processo di innovazione urbana, ossia dall'implementare progetti smart che risolvano le problematiche più diffuse (si veda Figura 104). In particolare, le persone intervistate lamentano soprattutto difficoltà nel trovare parcheggio (54%), pessime condizioni del manto stradale (53%), criminalità e vandalismo (39%), eccessivo livello di traffico e trasporto pubblico carente (entrambi al 37%). È chiaro, dunque, come le priorità suggerite dai cittadini siano fortemente legate ai temi della mobilità smart e della sicurezza (sentite entrambe come esigenza dal 41% di essi). Al terzo posto troviamo, invece, le comunità energetiche rinnovabili (30%), una soluzione dettata dall'esigenza di ridurre i consumi e l'impatto ambientale.

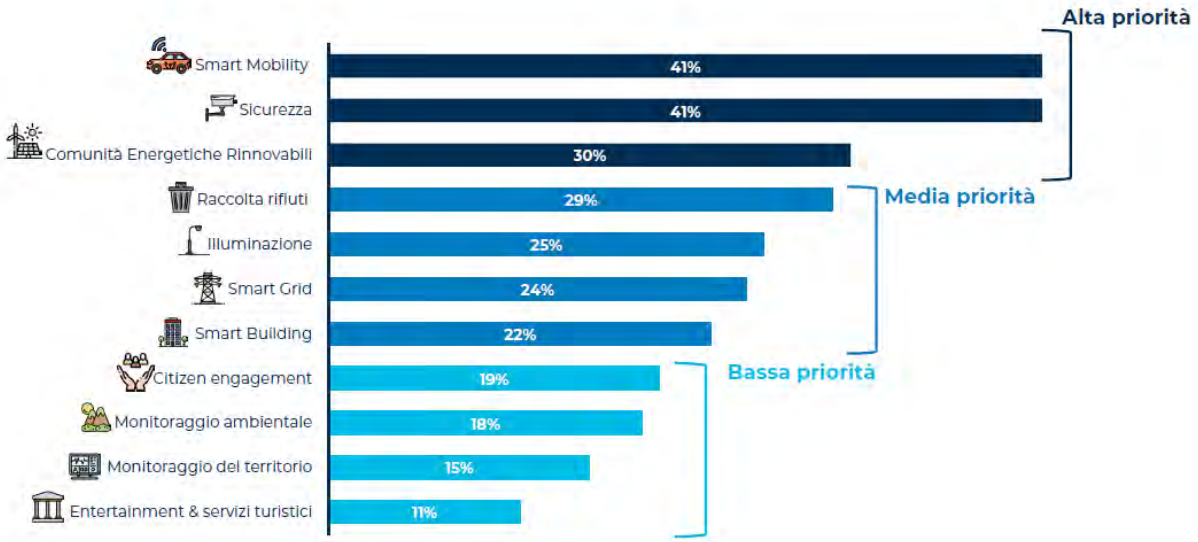


Figura 104. Priorità secondo i cittadini di applicazione di progetti di Smart City (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Dopo aver esaminato il punto di vista dei decisori dei comuni italiani e dei cittadini relativamente ai progetti Smart City, qual è lo scenario per gli anni a venire?

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Smart City della School of Management del Politecnico di Milano, nel report del 2023 "Smart City: il punto di vista dei comuni e dei cittadini italiani nel 2022", presenta uno scenario possibile al 2025 per le progettualità in ambito Smart City.

I trend futuri ci indicano che il numero di progetti registrerà una forte crescita: sono in aumento, dal 33% nel 2021 al 41% nel 2022, i comuni che vogliono investire in iniziative di Smart City nel prossimo triennio. Nei 3 anni successivi al 2022, le priorità dei comuni si manterranno piuttosto stabili rispetto ai risultati visti precedentemente: continuano a svettare sugli altri ambiti applicativi l'Illuminazione (74%), la Sicurezza e il controllo del territorio (63%) e l'Integrazione di processi e servizi (62%). Si prevede, inoltre, una crescita per altri verticali, come quello della Smart Mobility (62%, +11 p.p. rispetto ai comuni che ad oggi han detto di averci investito) e della Raccolta dei rifiuti (61%, +15 p.p.). Il podio cambia a seconda delle dimensioni dei comuni: sopra i 15.000 abitanti emerge a grande maggioranza tra le priorità la Smart Mobility (84%), con applicazioni per gestire i parcheggi e il traffico ed introdurre servizi sempre più integrati. I centri urbani più piccoli vogliono invece puntare sugli ambiti che più consentono di ridurre i costi (in ordine Illuminazione, Integrazione di processi e servizi e Raccolta dei rifiuti). Si veda Figura 105 per una panoramica rispetto agli ambiti applicativi prioritari.

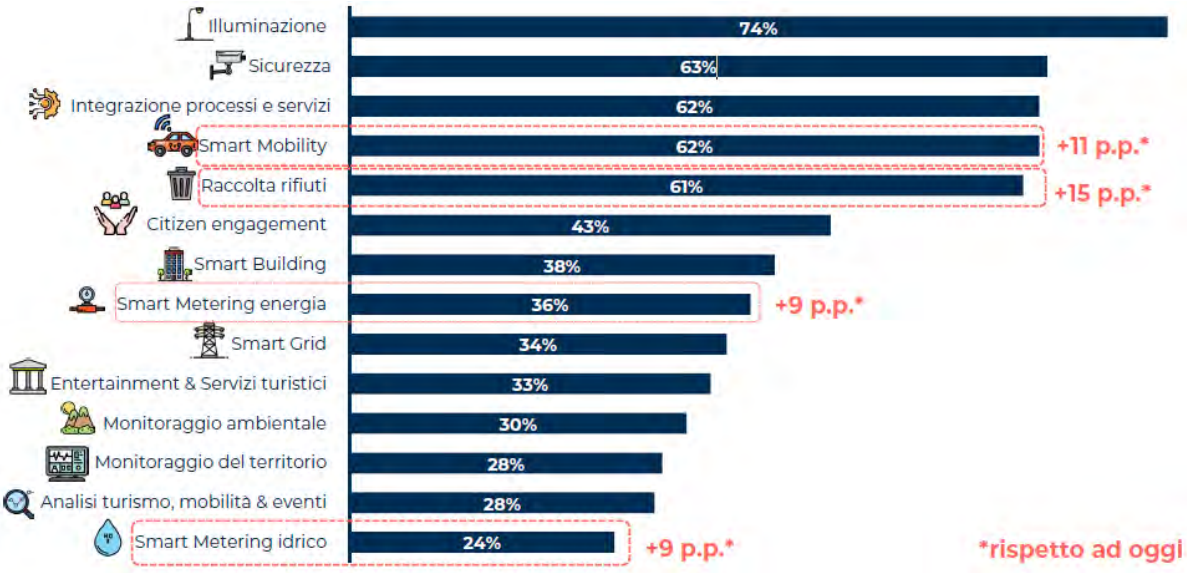


Figura 105. Proiezione al 2025 degli ambiti applicativi dei progetti Smart City nei comuni italiani (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

Un altro tassello fondamentale per lo sviluppo delle Smart City è quello delle tecnologie, che permettono la sperimentazione di soluzioni sempre più avanzate. Come mostrato in Figura 106, i comuni italiani sono già avanti in alcuni ambiti e puntano ad espanderli ulteriormente: in particolare, spiccano per livello di adozione i pagamenti innovativi, ad oggi implementati nel 30% dei comuni, numero che salirà di 26 punti percentuali nel prossimo triennio. Il Cloud Computing è un altro esempio di tecnologia piuttosto diffusa e destinata a crescere in modo significativo: il 23% dei comuni dichiara di averla già implementata e un altro 35% è interessato ad implementarla nel breve-medio termine. In terza posizione troviamo l'Internet of Things, fattore chiave per lo sviluppo di molti applicativi della Smart City: si parte da un 10% di comuni che stanno già utilizzando oggetti connessi, più un altro 20% che è pronto ad introdurli entro i prossimi tre anni.

Un'ulteriore evidenza che emerge dall'indagine è che le tecnologie di nicchia inizieranno a crescere solo nei prossimi 2-3 anni: tra queste, quelle che potranno trovare un maggiore spazio, secondo gli attuali amministratori comunali, saranno l'Artificial Intelligence (+11% nei prossimi 2-3 anni), la Blockchain (+6%) e il Quantum Computing (+5%).

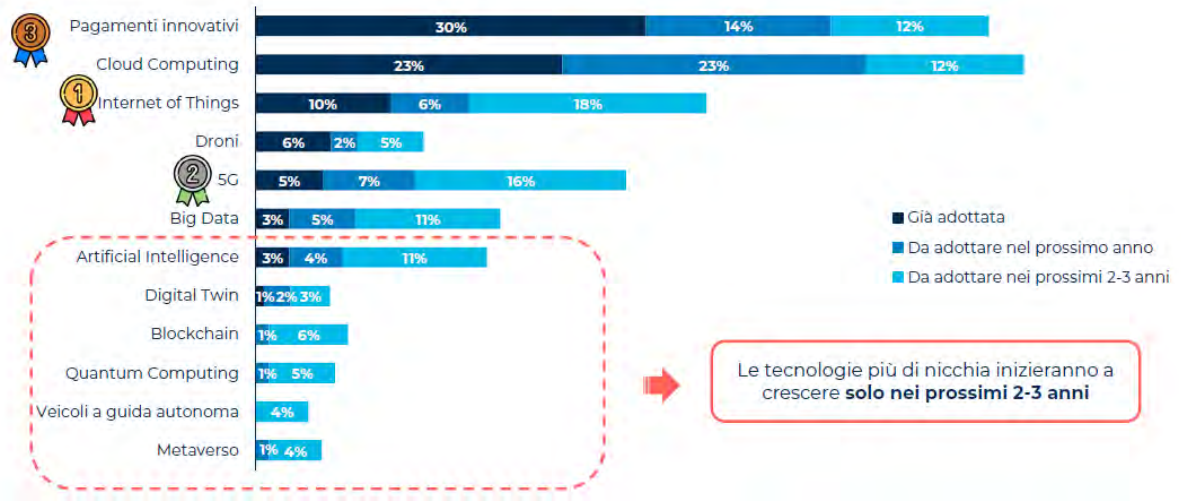


Figura 106. Le tecnologie abilitanti per i progetti Smart City e la loro adozione nel breve-medio periodo (credits: Osservatorio Smart City 2023, Politecnico di Milano – www.osservatori.net)

In termini di collaborazioni, nel panorama attuale sono ancora poche le sinergie instaurate con enti e attori esterni. Si tratta per lo più di accordi con aziende municipalizzate per gestire i vari servizi urbani, come le utilities e il trasporto pubblico. Tuttavia, se spostiamo lo sguardo alle intenzioni future, si delinea una priorità molto forte: i comuni sentono l'esigenza di coordinarsi con altri comuni vicini (afferenti, per esempio, alla stessa Unione di comuni, alla stessa Città Metropolitana, o alla stessa Regione). Cresce anche la volontà di instaurare partnership con startup innovative (+20 punti percentuali), Università e centri di ricerca (+12 punti percentuali), e fornitori di servizi (+14 punti percentuali), che ricopriranno un ruolo sempre più centrale nelle città intelligenti del futuro.

A segnare un cambio di passo nei prossimi anni potrebbero essere gli ingenti investimenti messi a disposizione anche degli enti locali dal PNRR. L'82% dei comuni rispondenti dichiara, infatti, di volere utilizzare i fondi messi a disposizione dal PNRR: questo dato fa emergere la priorità del tema, che è in netta crescita rispetto al 69% di comuni interessati rilevati nel 2021. Sul podio degli investimenti, troviamo le Missioni del Piano più legate alla

Smart City: la Missione 1 di Digitalizzazione (63%), la Missione 2 di Rivoluzione Verde e Transizione ecologica (21%) e la Missione 5 di Inclusione e Coesione (18%).

Space economy

Con il termine Space Economy - economia spaziale – ci si riferisce alle attività economiche legate all'esplorazione spaziale, alla tecnologia satellitare e ad altre industrie legate allo spazio. Comprende una vasta gamma di attività, tra cui la produzione di satelliti, il lancio di satelliti, il turismo spaziale, l'estrazione di asteroidi e la ricerca spaziale. L'economia spaziale è un settore in rapida crescita: nel 2022 la spesa istituzionale globale per lo spazio ha superato i 100 miliardi di dollari e Futures Platform stima che il mercato nel suo complesso avrà un valore dell'ordine di trilioni di dollari nei prossimi anni.

L'OCSE, nel report del 2023, intitolato "The Space Economy in Figures: Responding to Global Challenges"[64], ha analizzato la situazione dell'Italia nella cosiddetta Space Economy.

L'Italia ha una lunga storia nel settore dei voli spaziali ed è il terzo maggior contributore all'Agenzia spaziale europea dopo Francia e Germania, con forti capacità industriali nel trasporto spaziale e nell'osservazione della Terra e comunità di ricerca dinamiche. In Italia si trova il Centro per l'Osservazione della Terra dell'Agenzia Spaziale Europea (ESRIN), così come il data center del Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche a Medio Termine (ECMWF). Il Centro di Geodesia Spaziale "Giuseppe Colombo", gestito dall'Agenzia Spaziale Italiana, è uno dei più importanti osservatori geodetici della rete internazionale.

Nel 2022, il bilancio spaziale istituzionale dell'Italia ha raggiunto i 1.391 milioni di dollari (esclusi i fondi nazionali di recupero non gestiti dall'Agenzia spaziale italiana). Il bilancio è cresciuto in modo significativo dal 2015, con un tasso di crescita annuo del 5,8% in termini reali (si veda Figura 107).

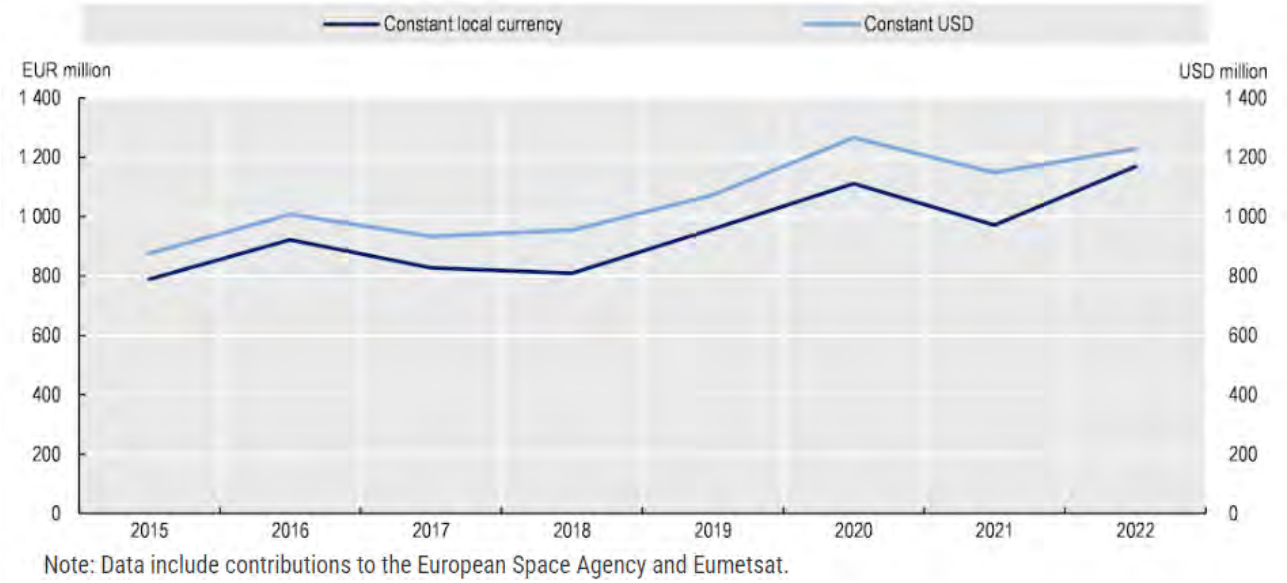


Figura 107. Budget di spesa in ambito Spazio (credits: OCSE)

Ciò include i contributi all'Agenzia spaziale europea (che rappresentano il 51% del budget) e all'Eumetsat (5%), con il resto dedicato ad attività nazionali e piccoli progetti/programmi internazionali. Nel complesso, il budget istituzionale

[64] https://www.oecd-ilibrary.org/sites/e4b500c0-en/index.html?itemId=/content/component/e4b500c0-en

per lo spazio ha rappresentato lo 0,069% del prodotto interno lordo italiano nel 2022. Lo spazio è sempre più apprezzato a livello governativo, come dimostrano i recenti aumenti di bilancio e la creazione di un consiglio di gestione interministeriale nel 2018, ponendo lo spazio al centro della politica governativa. Un altro aumento del budget era previsto nel 2023, come parte del PNRR in parte finanziato dall'Unione Europea.

L'industria manifatturiera spaziale italiana ha forti legami con l'industria della difesa e automobilistica e produce sistemi spaziali completamente assemblati (ad esempio lanciatori), nonché sottosistemi e strumenti. Nel 2020, l'industria spaziale italiana ha generato ricavi per circa 2,3 miliardi di dollari (2 miliardi di euro), impiegando circa 7.000 equivalenti a tempo pieno nei principali cluster del centro del Paese (in Lazio, Toscana e Abruzzo).

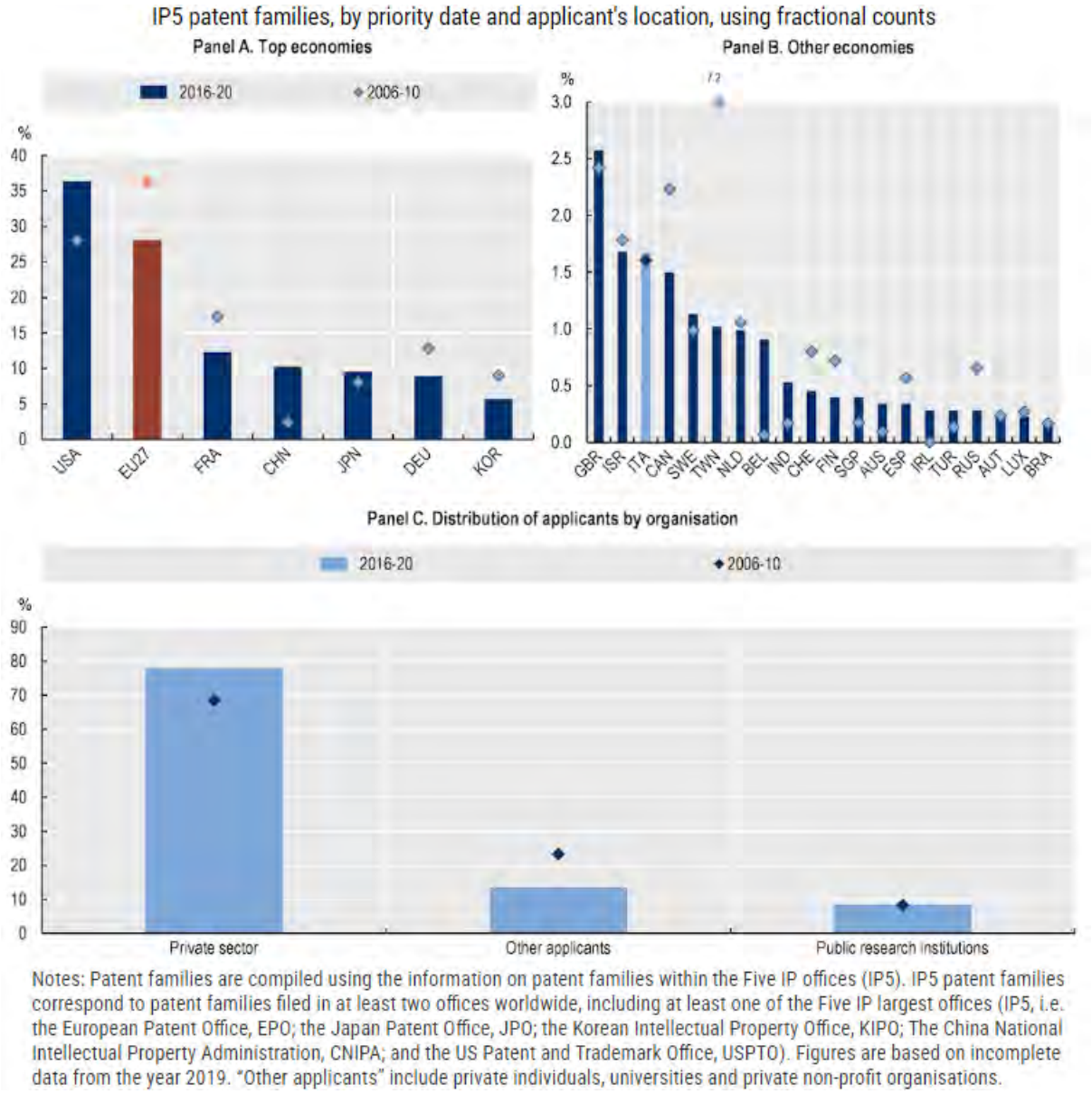


Figura 108. Domande di brevetti legati allo spazio (credits: OCSE)

L'Italia è stata tra i primi dieci richiedenti di brevetti per le tecnologie spaziali a livello mondiale nel periodo 2016-2020, come mostrato in Figura 108, rappresentando circa l'1,7% delle domande. Le aziende private hanno presentato la maggioranza delle domande (77%). La quota di richiedenti del settore privato è aumentata tra il 2006-2010 e il 2016-2020.

Sulla base dei dati contenuti nel database Creditor Reporting System del Comitato di assistenza allo sviluppo dell'OCSE, l'Italia ha impegnato 5 milioni di dollari USA al netto dell'inflazione per l'assistenza ufficiale allo sviluppo nel settore spaziale nel periodo 2002-21 (si veda Figura 109), con progetti incentrati sulla protezione ambientale e sulla prevenzione e gestione dei disastri. L'Italia fornisce assistenza anche indirettamente, attraverso le istituzioni dell'Unione Europea, l'Agenzia Spaziale Europea e la Banca Mondiale.

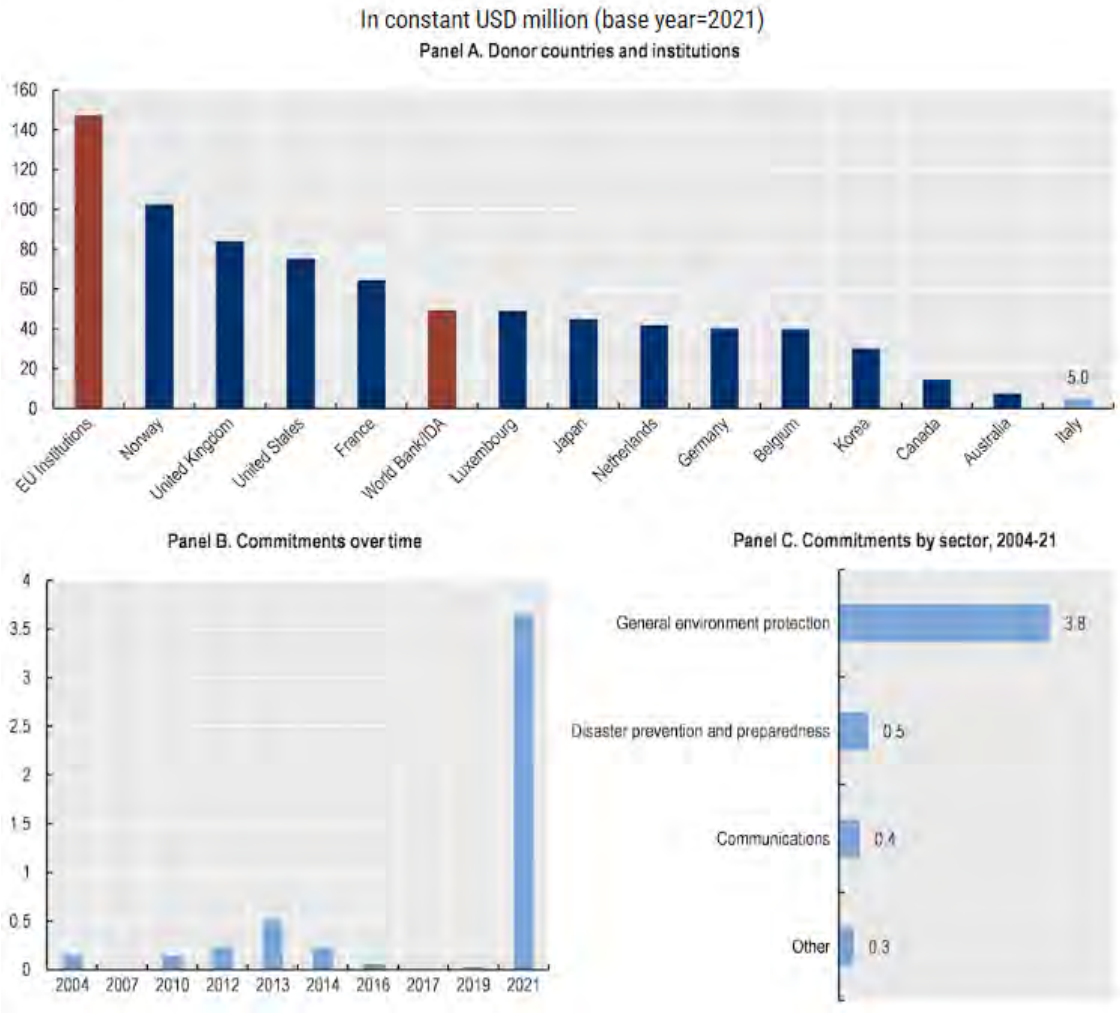


Figura 109. Tendenze nel finanziamento pubblico relativamente al settore spaziale (credits: OCSE)

In termini di produzione scientifica ed eccellenza, gli indicatori OCSE per la produzione scientifica, i coautori internazionali e le citazioni nelle categorie di riviste scientifiche legate allo spazio (ingegneria aerospaziale; astronomia; scienze atmosferiche; e scienze spaziali e planetarie), mostrano che gli autori presso le istituzioni

affiliate all'Italia hanno ottenuto risultati superiori alla media OCSE nel 2021, per tutti gli indicatori e in tutte e tre le categorie di riviste, in particolare per le scienze dell'atmosfera.

Secondo il report "The Space Report" di Space Foundation[65], il mercato globale della space economy è destinato a raggiungere la soglia di 800 miliardi di dollari nel 2027 rispetto ai 580 miliardi stimati nel 2023, con una crescita del 38% in 4 anni. Il trend di evoluzione è riportato in Figura 110. Sono i numeri di un settore che impiega oltre 1 milione di persone, che esprime un ROI molto alto (per ogni dollaro speso, 11 ne vengono creati) e che punta a traguardare i 1000 miliardi di dollari nel 2030.

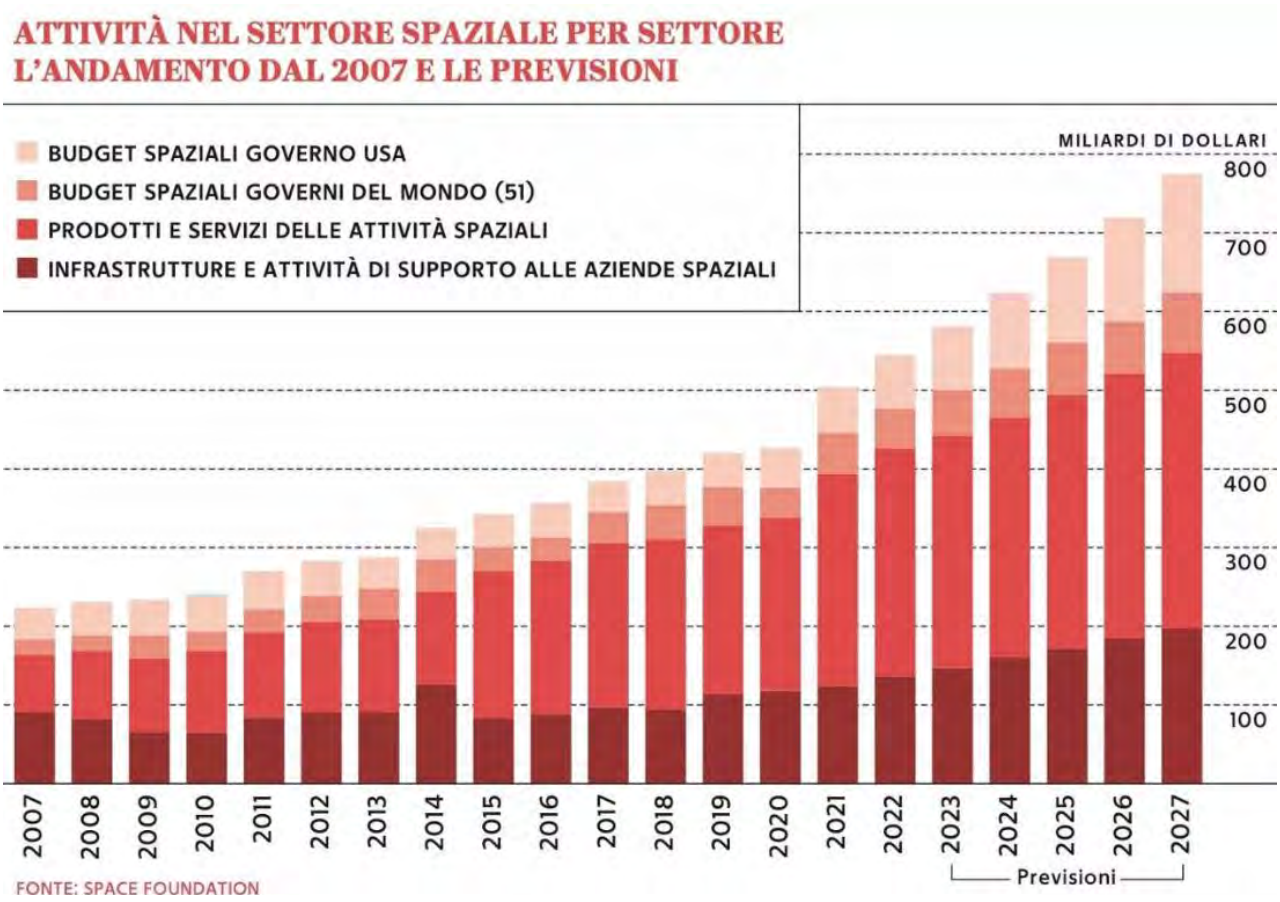


Figura 110. Sviluppo della space economy per settore con previsioni al 2027 (credits: Space Foundation)

Anche secondo McKinsey, la domanda di lanci verso lo spazio aumenterà nei prossimi anni. Nello scenario base, la previsione è di 27.000 satelliti attivi in orbita entro la fine del 2030, quasi il quadruplo rispetto a oggi. Un obiettivo traguardabile lanciando nello spazio da 4.000 a 5.000 satelliti all'anno per i prossimi sei. In uno scenario a domanda elevata, la previsione è di lanciare in orbita più di 65.000 satelliti entro il 2030. McKinsey delinea anche i diversi andamenti potenziali della domanda di lancio. Qualora si verificasse lo scenario di domanda elevata, questa aumenterebbe rapidamente per poi diminuire in modo graduale man mano che le costellazioni satellitari raggiungono uno stato stazionario, nel caso in cui non ci siano ulteriori lanci. L'andamento dello scenario di base sarebbe

[65] https://www.thespacereport.org/

leggermente diverso, con un picco della domanda entro il 2028 e una successiva stabilità: la domanda rimarrebbe intorno ai livelli attuali fino al 2027 e poi subirebbe una breve flessione[66].

Sullo spazio anche l'Europa ha deciso di puntare forte: solo per il 2024 il budget stanziato dall'Agenzia spaziale europea (Esa) è di 7,8 miliardi di euro, il 10% in più rispetto al 2023. Il principale contributore è la Germania (1,05 miliardi), poi la Francia (1 miliardo) e Regno Unito (610 milioni). L'Italia è la quarta contributrice (perde il terzo posto dello scorso anno), con 580 milioni di euro (11,8%, meno 2 punti percentuali rispetto al 2022). In Figura 111, il budget dell'ESA diviso per paesi contributori.

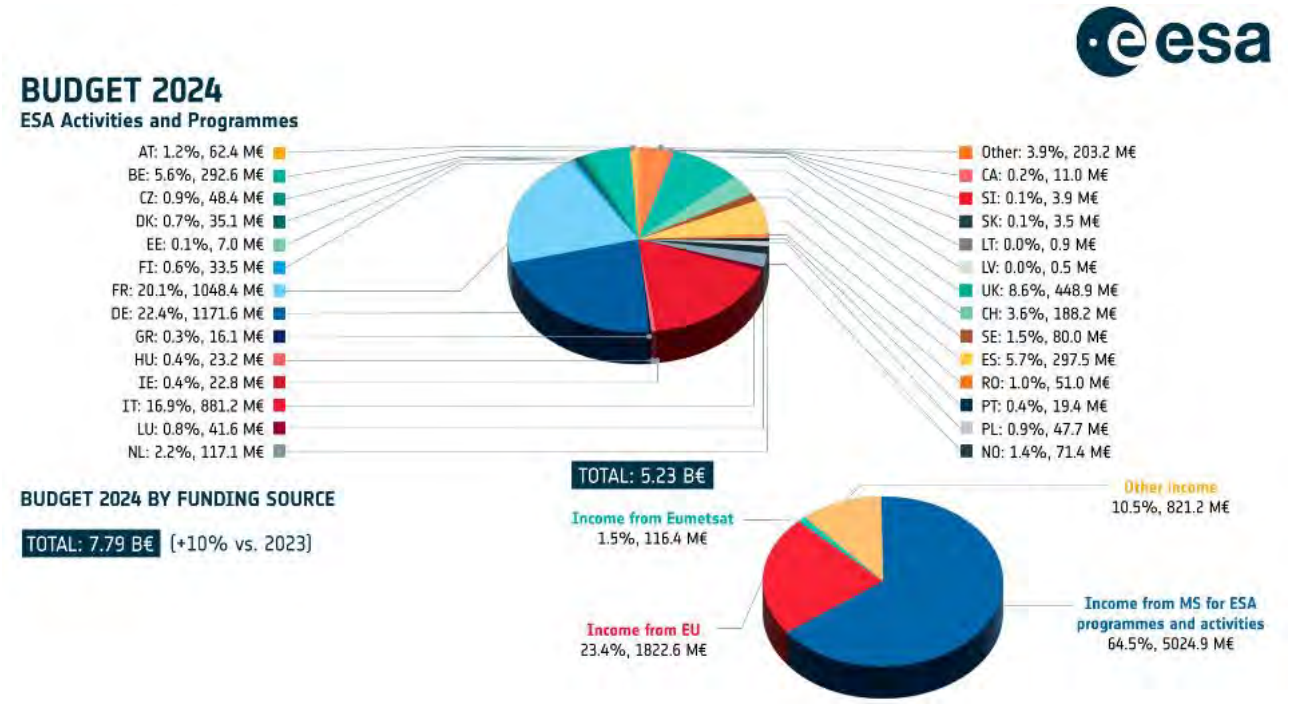


Figura 111. Budget dell'Agenzia Spaziale Europea per il 2024, suddiviso per Paesi contributori (credits: ESA)

Sono i programmi di osservazione della Terra ad avere il contributo maggiore, con 2,3 miliardi pari al 30,5% del budget. La navigazione satellitare è un altro settore importante, al quale l'Esa assegna 1,05 miliardi (13,5% del budget). Ai lanciatori sono dedicati 1,03 miliardi (13,3% del budget). Tante anche le attività previste nell'esplorazione umana e robotica, con circa 874 milioni (11,2% del budget) e nei programmi scientifici con 632 milioni (8,1%). In Figura 112, una rappresentazione grafica della ripartizione del budget 2024 rispetto ai settori.

66 https://www.repubblica.it/dossier/economia/innova-italia/2024/03/25/news/i_satelliti_spingono_il_mercato_in_orbita-422369240/

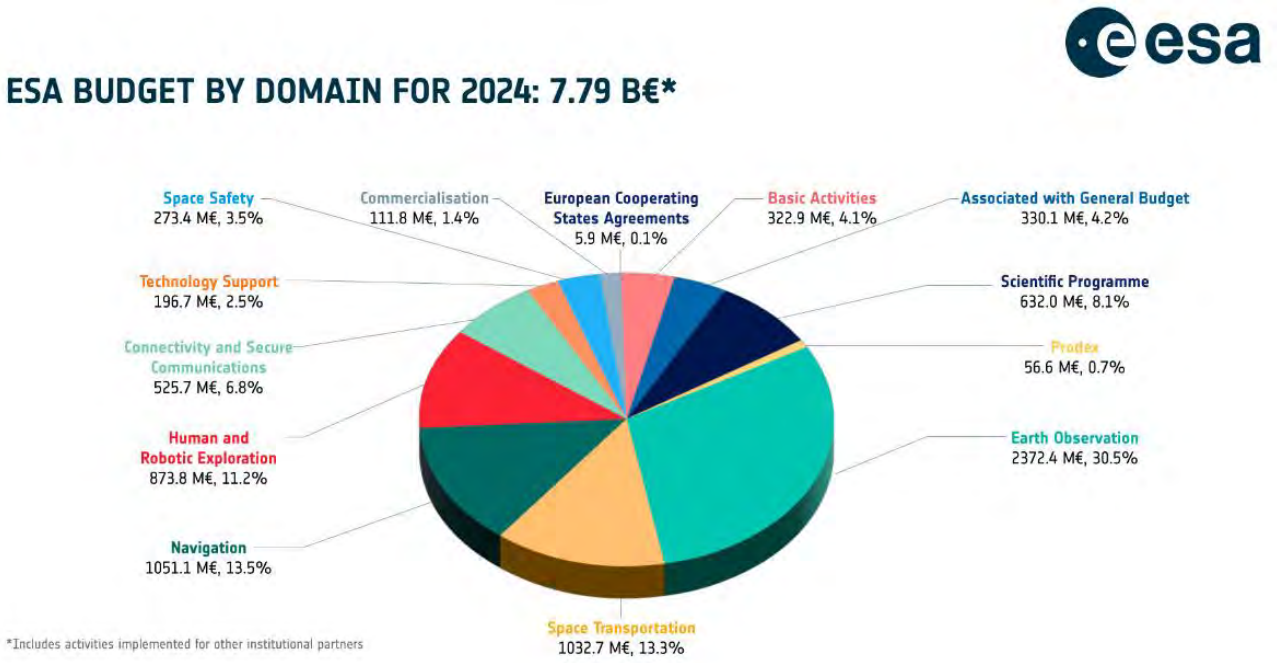


Figura 112. Budget dell'Agenzia Spaziale Europea per il 2024, suddiviso per dominio di applicazione (credits: ESA)

L'Osservatorio Space Economy della School of Management del Politecnico di Milano ha esplorato in dettaglio la situazione attuale a livello nazionale per l'Italia, identificando trend emergenti e direzioni di crescita del settore.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Space Economy della School of Management del Politecnico di Milano, nella ricerca del 2023 confluita nel report "L'evoluzione della Space Economy: mercato, trend e nuove sfide", ha mappato 144 imprese con sede in Italia attive nel mercato della space economy e che ricoprono diversi ruoli nella catena del valore dell'Osservazione della Terra: da Product & Service Provider, fino a fornitori di infrastrutture e piattaforme. Si tratta per lo più di attori che non si posizionano in maniera univoca in un solo ruolo della value chain, ma che hanno un'offerta eterogenea che spazia dai dati ai servizi, passando per tecnologie abilitanti come piattaforme e infrastrutture. Tali imprese sono presenti nell'intero territorio nazionale: in particolare, 4 aziende su 10 (40%) sono localizzate nel Nord Italia, stessa percentuale (40%) anche nelle aree del Centro Italia, mentre il Sud e le Isole rappresentano il restante 20% della popolazione.

In linea con le caratteristiche del sistema produttivo nazionale, anche questo mercato è caratterizzato principalmente da piccole e medie imprese (ricavi inferiori a 50 milioni di euro). Guardando difatti ai rispettivi ricavi, oltre tre aziende su 4 (76%) sono Micro imprese, avendo raggiunto ricavi inferiori ai 2 milioni. Segue un 13% di Piccole imprese e un 8% di Medie imprese. Sebbene, infine, siano solo il 3% le attività imprenditoriali con ricavi superiori ai 50 milioni di euro, tali realtà contribuiscono in maniera ben maggiore a determinare il mercato italiano.

Si tratta dunque di un mercato che, sebbene abbia ancora gran parte del suo potenziale inesplorato, può contare già su una solida base e dinamicità legate soprattutto alla richiesta di servizi da parte di attori pubblici. Sebbene

tutta la Space Economy, non solo l'Osservazione della Terra, si stia aprendo sempre più ad attori privati, la domanda risulta ancora in larga parte costituita da clienti istituzionali. Non sorprende quindi che circa due terzi del fatturato complessivo (65%) sia legato a enti pubblici nazionali o sovranazionali (es. Commissione Europea, Ministeri e Protezione Civile), Agenzie Spaziali (es. ESA, EUSPA, ASI) ed Enti pubblici locali come Regioni, Province e Comuni. Il restante 35% è invece imputabile alla domanda proveniente da Grandi imprese, PMI e Startup che stanno per prime investendo in Osservazione della Terra.

L'indagine condotta ha anche messo in luce la tipologia di dati che vengono utilizzati per la creazione di servizi innovativi. Il 55% dei rispondenti ha indicato i sensori ottici come fonte dati principale, mentre il restante 45% si appoggia prevalentemente su tecnologie SAR (Synthetic Aperture Radar). Oltre la metà (56%) dei dati utilizzati provengono da fonti pubbliche europee (es. programma Copernicus), il 14% da fonti pubbliche extraeuropee (es. Nasa), mentre nel 12% dei casi si ricorre a dati pubblici italiani e solo nell'11% dei casi a dati privati di grandi multinazionali (a pagamento).

Quali sono i trend tecnologici che dobbiamo attenderci dal mercato della space economy? L'Osservatorio Space Economy del Politecnico di Milano ne individua tre principali.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Space Economy della School of Management del Politecnico di Milano, nella ricerca del 2023 confluita nel report "L'evoluzione della Space Economy: mercato, trend e nuove sfide", individua tre principali trend tecnologici per la space economy.

Miniaturizzazione e standardizzazione

La tendenza a costruire componenti elettronici, sistemi e payload di dimensioni sempre più piccole ha favorito la diffusione di nano-satelliti, satelliti così chiamati poiché il peso non supera i 10 kg. Tale configurazione permette una notevole riduzione di tempo e risor- se necessarie per lo sviluppo e la produzione di tali tecnologie, nonché un risparmio del costo della messa in orbita, le ridotte dimensioni dei nano-satelliti ne consentono infatti la simultanea messa in orbita, tramite i cosiddetti piggyback launch.

L'avvento dei nano-satelliti e la relativa necessità di combinarli ha portato con sé lo sviluppo di una standardizzazione nella produzione. Si sono infatti definiti degli standard relativi alla dimensione e alla massa, in modo tale da renderli compatibili e, in certi casi, combinabili tra loro. Per esempio, i CubeSat possono essere di varie dimensioni, ma si basano tutti sull'unità CubeSat standard (1U): una struttura a forma di cubo di 10x10x10 centimetri con una massa compresa tra 1 e 1,33 kg. Questa standardizzazione ha determinato importan- ti cambiamenti all'interno del settore spaziale, tra cui di particolare rilievo è l'avvento della produzione in serie dei deployer, i contenitori di satelliti utilizzati all'interno del lanciatore). Occorre inoltre precisare che la standardizzazione ha ormai interessato anche i sottosistemi satellitari, come quello di controllo o di assetto, andando a definire un "catalogo" di scelta dei sottosistemi per i diversi progetti spaziali, favorendo così l'adozione di prodotti "a scaffale", come avviene comunemente in altri settori quali, ad esempio, l'automotive.

Attualmente i nano-satelliti e, in particolare, i CubeSat sono impiegati nella costituzione di costellazioni e sono ormai standard industriali nell'ambito della Osservazione della Terra e delle telecomunicazioni. Sono invece più recenti le applicazioni in ambito IoT, SAR, Space Weather, astrofisica e space system inspection.

Guardando poi ai prossimi traguardi, uno degli obbiettivi principali è quello di portare questo tipo di satellite miniaturizzato dall'orbita bassa al deep space, riuscendo così a sfruttare i relativi vantaggi anche nelle orbite più lontane.

Frazionamento

L'ampliamento del mercato e l'ingresso di nuovi attori hanno fatto emergere nuove necessità a cui l'industria spaziale sta cercando di dare risposte attraverso la creazione e l'implementazione di un sistema satellitare frazionato, da intendersi in complementarità rispetto ai sistemi miniaturizzati e non in alternativa.

Difatti, per frazionamento si intende la realizzazione di sistemi satellitari con caratteristiche diversificate che permettono, per esempio, di avere una risoluzione variabile dal centimetro al metro, di ottenere immagini ottiche, termiche o radar, e di avere tempi di rivisita e di ricezione inferiori.

Un esempio concreto di sistema frazionato è rappresentato dai satelliti Sentinel 1 e 2, concepiti in coppia così da offrire il servizio di Osservazione della Terra con brevi tempi di rivisita e con la capacità ricevere o inviare dati rapidamente. Con questa logica, le moderne costellazioni arrivano ad essere composte anche da centinaia di satelliti in grado così di coprire più facilmente le varie zone del globo e di garantire la continuità di segnale nel caso di malfunzionamento di un singolo satellite, elemento da non sottovalutare soprattutto in determinate applicazioni, quali ad esempio i contesti emergenziali dove vi è la necessità di un servizio costantemente operativo.

Occorre tuttavia prestare attenzione anche ai limiti che un sistema frazionato può avere. Il primo riguarda il maggior traffico di satelliti, che comporta la necessità di tener conto dell'elevato numero di corpi già nell'orbita di riferimento per evitare scontri o incidenti. Secondariamente, l'evoluzione dei sistemi satellitari è più rapida del trasporto spaziale che, al momento, presenta tassi di crescita inferiori.

È dunque necessaria una riorganizzazione dell'intera filiera industriale, opportunamente supportata da un'accelerazione nella digitalizzazione, non solo implementando maggiore intelligenza a bordo, ma anche digitalizzando l'intero ciclo di vita e gestione dei prodotti e dei dati.

In-orbit services

Con il diffondersi delle nuove tecnologie sopra descritte, si sta affermando sempre più la necessità di nuovi servizi a supporto dei sistemi in orbita.

Si parla dunque sempre più di In-Orbit Services, definiti come la fornitura di servizi di supporto da parte di un veicolo spaziale (servicer) a un altro oggetto spaziale (serviced) mentre è in orbita (definizione utilizzata dall'ESPI).

Con l'innovazione e il progresso tecnico, gli In-Orbit Services sono oggetto di un rinno- vato interesse e una crescente maturità tecnologica. Sebbene rimangano molte sfide da affrontare, questa attività nascente e

dirompente viene spesso descritta come un "game changer", con il potenziale per modificare il modo in cui i sistemi spaziali vengono progettati, prodotti e gestiti. Infatti, l'evoluzione di questo tipo di servizi implica novità tecnologiche sia a terra, come infrastrutture software e hardware dei servizi, sia a bordo, come ad esempio l'installazione di braccia robotiche. Anche in questo caso, infine, la standar- dizzazione degli assetti satellitari concorrerà alla semplificazione dei sistemi di In-Orbit Services.

Dai Futures Studies: scenari possibili in tema società digitali

Il futuro delle Smart City: due scenari tra il 2025 e il 2040

In questa sezione riassumiamo due scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito all'evoluzione tecnologica delle Smart City tra il 2025 e il 2040. Per la realizzazione degli scenari, vengono considerati i seguenti assi di incertezza (driver): Pressione per lo sviluppo sostenibile; Sviluppo dell'Intelligenza Artificiale; Promozione dell'autosufficienza cittadina; Progresso delle tecnologie intelligenti.

Le città continuano a svilupparsi in modo sempre più intelligente

Le città delle nazioni più ricche continueranno a svilupparsi in modo più intelligente e connesso. A lungo termine, le città più intelligenti potrebbero anche diventare più autonome e richiedere meno intervento umano. In molte piccole città intelligenti di nazioni ricche ci si può addirittura aspettare che l'intelligenza artificiale basata su sensori si occupi automaticamente e autonomamente delle faccende quotidiane. Più dati raccoglie una città, più è in grado di prendere decisioni informate, adattate alle esigenze specifiche della città.

I vantaggi di vivere nelle città intelligenti si espandono in vari settori. Ad esempio, l'infrastruttura intelligente può offrire la gestione dello spazio in tempo reale o il monitoraggio della salute strutturale e il feedback per determinare quando sono necessarie riparazioni. La densità della folla e la pulizia degli spazi pubblici sono costantemente monitorate e vengono forniti avvisi tempestivi quando vengono rilevate condizioni anomale. Tali servizi aumentano la sicurezza pubblica e il benessere umano e prevengono anche i crimini.

Inoltre, l'integrazione delle fattorie verticali urbane aumenta l'autosufficienza delle città, consentendo alle città di nutrirsi senza fare affidamento su consegne inquinanti e congestionate provenienti da altrove. In un futuro più lontano, le città più intelligenti del mondo potrebbero essere sviluppate al punto in cui pensano da sole per raggiungere uno sviluppo ottimizzato.

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

- 2025: Sempre più sensori sono incorporati nel tessuto delle città più sviluppate.
- 2028: Il processo decisionale su questioni complesse viene eseguito centralmente da amministratori umani sulla base della ricchezza di dati.
- 2030: I macchinari autonomi nelle infrastrutture cittadine dotati di intelligenza cognitiva stanno gradualmente prendendo le proprie decisioni.
- 2040: Le città più intelligenti del mondo pensano da sole a operazioni ottimizzate basate sulle capacità di apprendimento dell'intelligenza artificiale.

Le Smart City portano a una progressiva perdita di privacy

Le città intelligenti e iperconnesse possono rappresentare una distopia del Grande Fratello urbano, dando il via a una serie di circostanze impreviste che potrebbero mettere a rischio le libertà civili comuni. Telecamere, localizzatori e sensori sono componenti comuni della tecnologia delle città intelligenti, tuttavia presentano un rischio intrinseco per la privacy delle persone. L'enorme quantità di dati raccolti è vulnerabile e rivela il comportamento e persino le opinioni politiche dei cittadini che vivono nelle città intelligenti, erodendone la privacy e l'autonomia.

Le città intrise di tecnologia lasciano anche la questione della governance cittadina. Per integrare le risorse e le tecnologie necessarie nella costruzione delle infrastrutture, si prevede che molti governi facciano affidamento sul settore pubblico per sviluppare nuovi tessuti e servizi urbani creando partenariati pubblico-privato. Tuttavia, potrebbe condurre una città verso un luogo più privatizzato in cui il processo decisionale aziendale prevale sulla democrazia.

Poiché le aziende possiedono più risorse digitali, potrebbero controllare quali informazioni vengono raccolte e come possono essere utilizzate. Di conseguenza, gli abitanti delle città potrebbero essere inconsciamente intrappolati in modelli comportamentali a favore di determinate aziende.

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

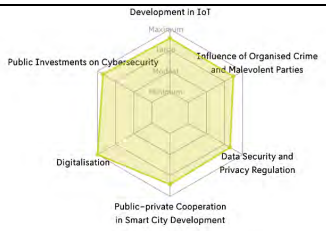
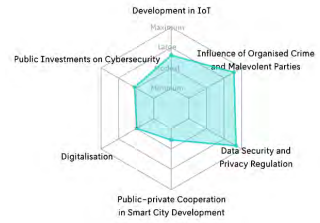
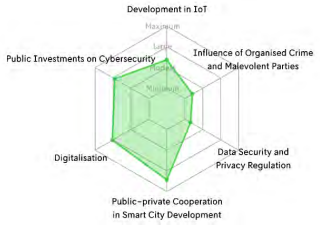
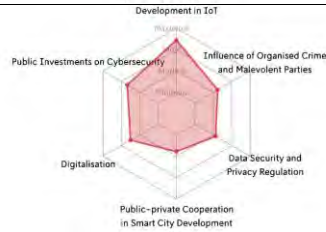
- 2028: I settori pubblici stringono partnership con organizzazioni private per costruire sistemi di gestione delle città olistici e basati sull'intelligenza artificiale.
- 2030: Ulteriori dati sui modelli comportamentali dei residenti vengono raccolti e utilizzati per la pianificazione urbana. Le preoccupazioni relative alla privacy e alla sicurezza sono in aumento.
- 2035: I fornitori di algoritmi di intelligenza artificiale accumulano risorse di dati e li utilizzano nei loro prodotti e servizi tramite le infrastrutture cittadine.
- 2040: I residenti delle città sono inconsciamente intrappolati in comportamenti a favore di alcune società private.

Gli attacchi alle Smart City del domani: quattro scenari tra il 2026 e il 2035

In questa sezione riassumiamo quattro scenari alternativi sviluppati dai futuristi di Futures Platform (2023) in merito agli attacchi che potrebbero riguardare le Smart City tra il 2026 e il 2035. Per la realizzazione degli scenari, vengono considerati i seguenti assi di incertezza (driver): Digitalizzazione; Investimenti pubblici sulla sicurezza informatic; Sviluppo in IoT; Influenza della criminalità organizzata e delle parti malevole; Cooperazione pubblico-privata nello sviluppo delle città intelligenti; Regolamentazione sulla sicurezza dei dati e sulla privacy.

Nelle sezioni seguenti si dettagliano gli scenari con le traiettorie di sviluppo ma in Tabella 12 desideriamo offrirne sin d'ora una sintetica panoramica.

Tabella 12. Sintesi di 4 scenari per la cybersecurity nelle Smart City tra il 2026 e il 2035.

	I servizi cittadini e i residenti dipendono fortemente dalla tecnologia digitale, con una distinzione sfumata tra servizi fisici e virtuali. Le interruzioni occasionali che causano caos e paura sono accettate come un compromesso con i vantaggi di servizi efficienti e convenienti. Le città intelligenti necessitano di manutenzione e vigilanza continue contro gli attori malintenzionati.
	La regolamentazione della privacy ha la priorità rispetto alle misure attive di sicurezza informatica a causa della pressione pubblica, che ostacola i vantaggi della digitalizzazione e porta a normative rigorose. Gli attacchi informatici sono aumentati con l'adozione del concetto di Crime-as-a-Service, mentre alcuni stati partecipano all'acquisto e alla vendita di informazioni rubate per operazioni di guerra ibrida.
	L'ambiente di sicurezza stabile rende la pianificazione dei miglioramenti digitali utilizzando l'approccio Security by Design semplice e conveniente, portando a una forte attenzione alla digitalizzazione nelle città in cui è vantaggiosa.
	Le città e i governi pubblici raccolgono dati estesi e sono diventati bersagli degli hacker a causa degli alti livelli di IoT, delle responsabilità poco chiare nella sicurezza informatica e delle connessioni wireless onnipresenti.

Alti rischi di sicurezza ed alti guadagni in una città completamente digitalizzata

I servizi cittadini sono quanto più completamente digitalizzati possibile e i residenti delle città utilizzano ampiamente gli ambienti virtuali. Non esiste un confine chiaro tra servizi digitali e fisici, ma sono fusi insieme come uno solo. Le persone possono divertirsi utilizzando servizi efficienti e convenienti ma sporadicamente in alcune città questi servizi smettono di funzionare, creando caos e paura. Tuttavia, questa possibilità viene accettata come prezzo di tutta la comodità e le persone vengono informate normalmente su questi eventi. Le città funzionano come macchine perfezionate che necessitano di continua manutenzione e attenzione per poter svolgere tutte le loro funzioni. Nella maggior parte dei casi, ciò si ottiene con ingenti investimenti nella sicurezza informatica, ma ci sono innumerevoli attori malefici che cercano costantemente di prendere il controllo di una città. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 113.

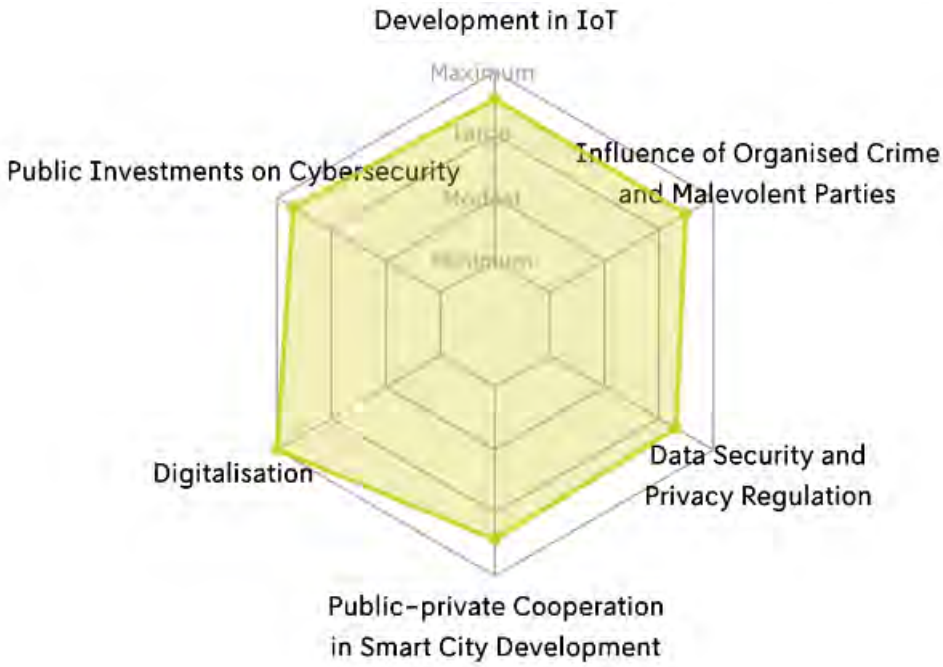


Figura 113. Ruolo dei driver nello scenario 'Alti rischi di sicurezza ed alti guadagni in una città completamente digitalizzata'

Una possibile traiettoria di realizzazione di questo scenario è:

2026: La digitalizzazione ha ridotto significativamente i costi del servizio pubblico e migliorato l'usabilità del servizio. L'idea della città intelligente guadagna sempre più popolarità.

2030: In alcune megalopoli si verificano blackout totali, che creano paura, gravi disfunzioni e costi ingenti.

2035: Vengono effettuati ingenti investimenti nella sicurezza informatica per proteggere le funzioni vitali di una città. La fiducia nelle funzioni delle città intelligenti alla fine ritorna.

Il regolamento sulla privacy ha priorità rispetto alla sicurezza informatica nella protezione delle città intelligenti

Invece di investire pesantemente in misure attive di sicurezza informatica, la regolamentazione della privacy ha la priorità di proteggere le città intelligenti a causa dell'intensa pressione pubblica. Anche se in una certa misura verrà effettuata un'ulteriore digitalizzazione, i servizi fisici offline rimangono al centro dell'attenzione nelle città. L'influenza degli attacchi informatici è vista come temibile. Il concetto del crimine come servizio e i negozi online criminali sono stati ampiamente adottati dai criminali, aumentando la portata degli affari illegali. Inoltre, alcuni stati acquistano e vendono informazioni rubate come parte delle loro operazioni di guerra ibrida, tentativi di influenza e raccolta fondi. Tutti questi attacchi informatici hanno creato norme severe che ostacolano la realizzazione dei vantaggi della digitalizzazione e delle possibilità di risparmio sui costi nei servizi pubblici. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 114.

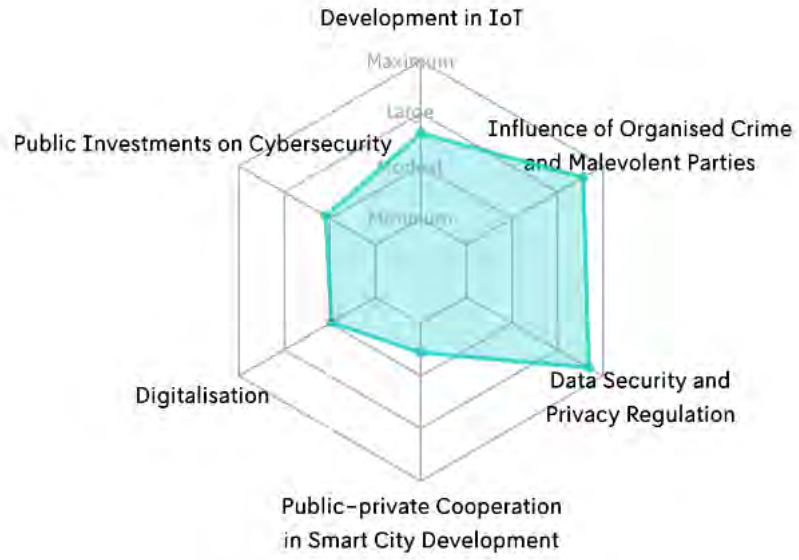


Figura 114. Ruolo dei driver nello scenario 'Il regolamento sulla privacy ha priorità rispetto alla sicurezza informatica nella protezione delle città intelligenti' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo per questo scenario è la seguente:

- 2026: In molte città informazioni sensibili finiscono nelle mani degli aggressori informatici. I dati vengono ulteriormente venduti nel dark web e si sospetta che facciano parte del finanziamento degli stati falliti.
- 2030: L'opinione pubblica sulla digitalizzazione è fortemente negativa, diminuendo i progetti di smart city.
- 2035: Viene introdotta una rigorosa regolamentazione sulla privacy, che rende impegnativo lo sviluppo di nuovi piani di digitalizzazione. Diminuisce la disponibilità degli imprenditori privati a offrire soluzioni e a negoziare nuove responsabilità con le amministrazioni cittadine.

La pianificazione urbana intelligente è facilitata da un ambiente sicuro e stabile

L'ambiente di sicurezza rimane stabile, rendendo relativamente semplice ed economico pianificare miglioramenti digitali. L'applicazione di patch retrospettive non è ampiamente necessaria e le possibilità di concentrarsi sull'approccio Security by Design (SbD) sono buone. Pertanto, la digitalizzazione è fortemente presente nel piano urbanistico dove è vantaggiosa. Tuttavia, tutti gli acquisti vengono effettuati in stretta collaborazione con i fornitori di sistemi dopo un'approfondita analisi costi-benefici. Il quadro normativo permissivo dà mano libera ai governi locali per organizzare le loro soluzioni di città intelligente come ritengono opportuno. L'accettazione pubblica dei progetti è elevata perché i benefici superano gli svantaggi. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 115.

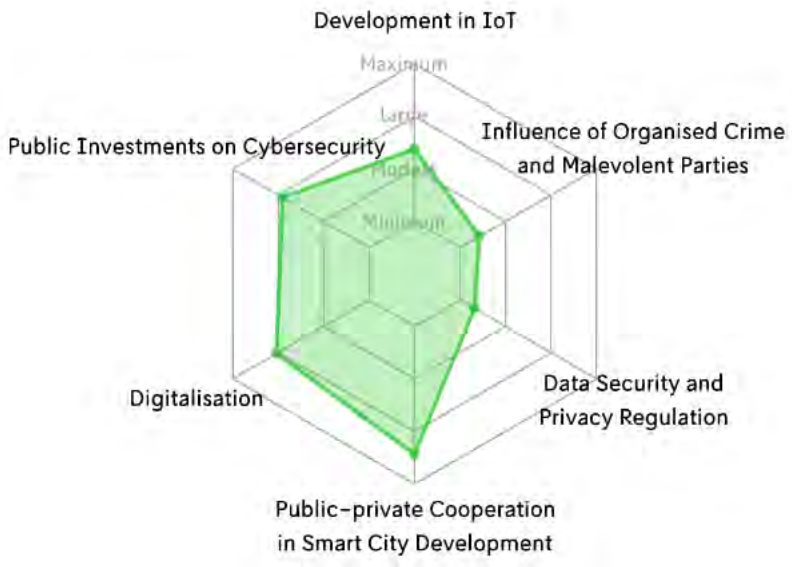


Figura 115. Ruolo dei driver nello scenario 'La pianificazione urbana intelligente è facilitata da un ambiente sicuro e stabile' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo per questo scenario è la seguente:

2026: Le peggiori carenze della sicurezza informatica pubblica vengono riparate in modo proattivo perché lo sviluppo dei servizi digitali è considerato vitale per lo sviluppo delle città.

2030: Il ruolo della criminalità organizzata sta diminuendo a livello globale.

2035: Un numero crescente di città in tutto il mondo beneficiano delle proprie soluzioni intelligenti senza gravi sfide o inconvenienti. Gli esempi positivi incoraggiano altre città a cercare soluzioni personalizzate a livello locale.

Le Smart City con una sicurezza informatica frammentata causano elevati rischi di furto di dati

Di tanto in tanto vengono adottate soluzioni basate sulla tecnologia senza pianificazione a lungo termine o personalizzazione delle soluzioni in base a esigenze precise. Tuttavia, la raccolta di dati onnipresente è la norma. Le reti a bassa latenza consentono a diversi tipi di dispositivi di connettersi automaticamente e in tempo reale, governando l'ambiente fisico. La gestione del sistema integrato è scarsa e non vi sono responsabilità chiaramente condivise tra le parti coinvolte. Le città e i governi pubblici sono centri di dati e sempre più anche banche dati. Ciò incentiva gli hacker a penetrare nei database che hanno un valore sempre più elevato, coprendo tutti i residenti della città e la maggior parte delle transazioni. La vasta raccolta di dati e le connessioni wireless presentano molti percorsi disponibili per gli hacker. L'intensità dei driver considerati per questo scenario è rappresentata in Figura 116.

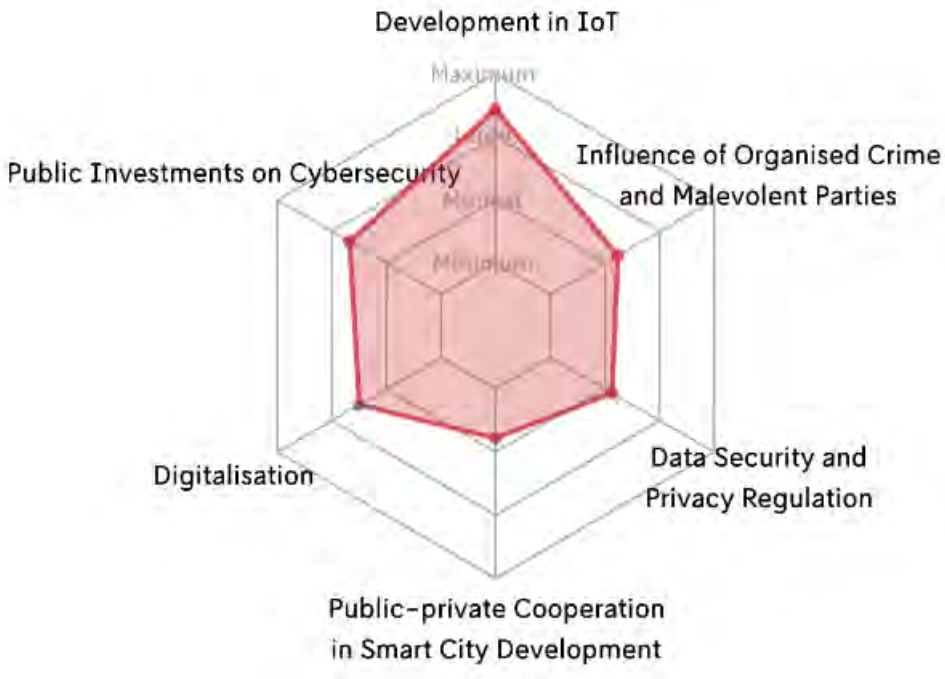


Figura 116. Ruolo dei driver nello scenario 'Le Smart City con una sicurezza informatica frammentata causano elevati rischi di furto di dati' (credits: Futures Platform)

Una possibile traiettoria di sviluppo per questo scenario è la seguente:

- 2026: Vengono introdotte reti migliorate a bassa latenza. Un numero crescente di dispositivi può raccogliere dati per scopi pubblici.
- 2030: Le città iniziano a utilizzare sempre più i big data per ottenere vantaggi economici e migliorare i propri servizi e la propria efficienza.
- 2035: Vengono rivelate le prime prove che i dati hackerati e intenzionalmente falsificati hanno avuto un impatto significativo su decisioni e investimenti governativi.