

Grandi speranze, impronta pesante: la ricerca dell'aviazione di cieli climaticamente neutri

In sintesi

Hazem Krichene
Senior Economist, Climate
hazem.krichene@allianz.com

Maria Latorre
Sector Advisor, B2B
maria.latorre@allianz-trade.com

Jade Elisabeth
Research Assistant
jade.elisabeth@allianz.com

Il peso dell'aviazione nella crisi climatica. Questo settore è anche uno dei più difficili da allineare agli obiettivi globali di neutralità climatica entro il 2050. Nel 2023, l'aviazione ha prodotto circa 1 gigatonnellata di CO₂ – rappresentando circa il 2,5% di tutte le emissioni di CO₂ d'origine umana, compresi i cambiamenti di uso del suolo. Considerando impatti non CO₂ come scie di condensa e ossidi di azoto, la quota del settore nel riscaldamento globale sale a circa il 6%, sottolineando l'entità della sfida.

Mitigare le emissioni richiede misure integrate su tecnologia, carburanti, operazioni e politiche. Un pilastro chiave è l'implementazione di carburanti aeronautici sostenibili (SAF), che possono ridurre le emissioni di CO₂ del 60 al 90% e sono compatibili con le flotte esistenti. Eppure l'attuale implementazione è ben al di sotto degli obiettivi climatici: i SAF hanno fornito solo lo 0,3% della domanda globale di carburante per jet nel 2024, limitati da materie prime sostenibili limitate, alti costi di produzione e lenta espansione infrastrutturale. L'espansione dei SAF richiederà investimenti importanti in elettricità rinnovabile, materie prime diversificate e impianti di produzione su larga scala, supportati da mandati politici chiari e stabili. Tuttavia, le evidenze scientifiche mostrano anche che i soli SAF non possono garantire la piena neutralità climatica, poiché effetti non legati al CO₂ – scie, NO_x e vapore acqueo – continuano a guidare il riscaldamento. I SAF rimangono essenziali, ma devono essere integrati da misure tecnologiche, operative e regolatorie più ampie. Miglioramenti nell'efficienza, come il ritiro degli aerei più vecchi, l'adozione di modelli più aerodinamici ed efficienti nei consumi, la riduzione del peso in cabina e l'introduzione del rullaggio elettrico, riducono ulteriormente il consumo di carburante. Parallelamente, nuove tecnologie di propulsione – idrogeno, aeromobili elettrici a batteria e ibridi-elettrici – offrono un potenziale trasformativo a lungo termine, anche se richiedono importanti progressi nelle infrastrutture e nei sistemi energetici.

Crediti di carbonio: strumenti di transizione per l'aviazione. Da un lato, CORSIA consente alle compagnie aeree di compensare una quota crescente delle emissioni internazionali, con costi che passano da livelli trascurabili durante la fase pilota (USD7–20/tonnellata CO₂) a potenziali USD100/tonnellata entro il 2027, rappresentando un onere finanziario fino a 9,5 miliardi di USD (26% dei profitti netti del settore) mentre la partecipazione si espande e gli obblighi si stringono. Dall'altra parte, l'ETS UE impone obblighi più severi e focalizzati sull'Europa, richiedendo alle compagnie aeree di acquistare quote di pagamento, con una domanda prevista di 70 milioni di quote entro il 2030 a 80–150 EUR/tonnellata, con costi che si traducono in 5,6–10 miliardi di euro. Sebbene i crediti di carbonio rimangano meno costosi rispetto all'adozione del SAF, si prevede che il loro costo cumulativo aumenti, influenzando i margini operativi o il prezzo

dei biglietti. Nel complesso, questi meccanismi basati sul mercato agiscono come strumenti di transizione, permettendo alle compagnie aeree di compensare le emissioni inevitabili e incentivare investimenti a lungo termine in SAF e tecnologie a basse emissioni, supportando sia la conformità sia la crescita sostenibile del settore.

Questi sforzi richiederanno circa 5,1 trilioni di dollari di investimenti entro il 2050. Questo è principalmente per l'elettricità rinnovabile (40%) per alimentare carburanti sintetici e futuri aeromobili a idrogeno o elettrici. Un altro 38% deve sostenere la scalabilità della produzione di SAF, mentre la cattura di CO₂ e gli elettrolizzatori rappresentano il 16% e gli aerei di nuova generazione il restante 6%. Nonostante la portata, la transizione è economicamente favorevole. Senza misure di mitigazione, il settore affronterebbe quasi 8 trilioni di dollari in costi cumulativi del carbonio a causa dell'aumento dei prezzi del carbonio. Un percorso di transizione abbassa questo valore a 2,6 trilioni di dollari, eliminando l'esposizione ai prezzi del carbonio dopo il 2045 e rafforzando la competitività a lungo termine e la resilienza normativa.

Decarbonizzare l'aviazione: modernizzazione della flotta e innovazione tecnologica. Con il ritiro della flotta globale di appena l'1,7% nel 2024 e un tasso di rinnovo del 3,7%, l'età media degli aerei ha raggiunto un record di 15 anni, mentre i ritardi di consegna hanno raggiunto i 17.000 unità, estendendo i tempi di attesa da due a tre anni a quasi sei. L'adattamento di jet più vecchi – attraverso aggiornamenti della cabina, avionica, motori e miglioramenti aerodinamici come le ali (che hanno ridotto la CO₂ di oltre 100 milioni di tonnellate dal 2000) – offre guadagni di efficienza a breve termine, ma una decarbonizzazione significativa richiede nuovi aerei. La tecnologia attuale potrebbe ridurre il consumo di combustibile e le emissioni del ~20% entro il 2050, ma solo se i produttori accelereranno la produzione, diversificano i fornitori, snelliscono la certificazione e assicurano politiche governative di supporto. I principali OEM stanno investendo massiccia in R&S per piattaforme compatibili con SAF, propulsione ibrida-elettrica e all'idrogeno e aerodinamica avanzata. Tuttavia, il rapporto CAPEX/ricavi rimane basso, al 3–5%, nonostante aumenti del +8% nell'ultimo decennio e del +67% rispetto ai minimi della pandemia. Per raggiungere un'efficienza di transizione graduale e allinearsi agli obiettivi di neutralità netta, investimenti significativamente più elevati sono essenziali per mettere in servizio aeromobili di nuova generazione e efficienti dal punto di vista energetico alla scala e al ritmo di cui il settore – e il pianeta – necessitano.

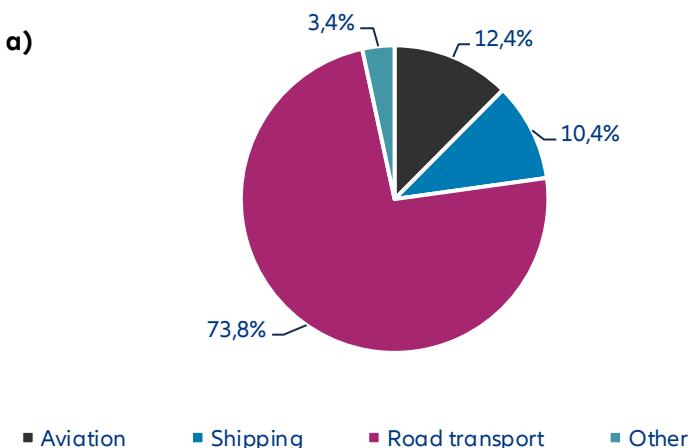
Ridurre la domanda di voli e favorire alternative sostenibili. Il traffico aereo è passato da 0,4 miliardi di passeggeri nel 1970 a quasi 5 miliardi nel 2025, e la domanda globale dovrebbe raggiungere i 12,4 miliardi entro il 2050. L'Europa crescerà in modo più moderato – da 1,19 miliardi di passeggeri nel 2023 a 1,81 miliardi nel 2050 – ma anche questo aumento del +52% mette in discussione le rotte di neutralità netta. Oltre il 50% dei passeggeri UE vola in territorio interno o all'interno dell'UE-27, e i voli brevi rappresentano la più chiara opportunità di mitigazione: le rotte sotto i 300 km rappresentano il 19% dei viaggi nazionali, mentre le rotte sotto i 500 km rappresentano il 45%. La ferrovia è ben posizionata per sostituire queste distanze, ma richiede importanti miglioramenti. L'Europa prevede di espandere la ferrovia ad alta e molto alta velocità da 12.000 km oggi a quasi 49.400 km entro il 2050, richiedendo oltre 890 miliardi di euro di investimenti entro il 2050. Misure complementari, come le tasse sui biglietti aerei che riducono la domanda intra-SEE di circa il 9%, possono accelerare ulteriormente un cambiamento modale equo ed efficace.

Impronta delle emissioni dell'aviazione – Dove si trova oggi il settore

I trasporti rimangono uno dei settori dell'economia globale con maggiore intensità di carbonio, rappresentando quasi un quarto delle emissioni di CO₂ legate all'energia. All'interno di questo totale, il trasporto su strada domina in modo schiacciante, contribuendo a quasi tre quarti (74%) delle emissioni globali di trasporto nel 2024 (Figura 1a). Shipping e aviazione seguono rispettivamente con il 10% e il 12%, mentre tutte le altre modalità insieme rappresentano solo una quota minore. Sebbene il contributo dell'aviazione appaia modesto in termini relativi, la sua traiettoria di crescita negli ultimi cinquant'anni è stata tra le più ripide del settore. Dal 1970, le emissioni di CO₂ legate all'aviazione sono aumentate di circa il +180%, rispetto al +260% per il trasporto su strada e il +96% per la navigazione (Figura 1b). Questo schema riflette sia dinamiche strutturali che comportamentali. Le emissioni del trasporto su strada sono aumentate con l'espansione rapida della proprietà di veicoli nelle economie emergenti, mentre la crescita dell'aviazione è stata trainata dalla globalizzazione, dalla diffusione del turismo e dall'ascesa dei vettori low-cost. Il traffico marittimo, al contrario, crebbe più lentamente, grazie a guadagni di efficienza e a una moderata crescita commerciale negli ultimi anni.

L'aviazione svolge un ruolo vitale nell'economia globale, consentendo una connettività rapida e affidabile per passeggeri e merci su lunghe distanze. Tuttavia, rimane anche una fonte notevole e in crescita di emissioni antropiche che contribuiscono al cambiamento climatico. Nel 2018, l'aviazione globale ha emesso circa 1 gigatonnellata (Gt) di CO₂, rappresentando circa il 2,5% delle emissioni antropiche totali di CO₂, incluso il cambiamento di uso del suolo. Quando si considerano gli effetti non relativi al CO₂, il contributo del settore al riscaldamento globale aumenta a circa il 6%.

Figura 1: Emissioni dell'aviazione rispetto ad altri mezzi di trasporto: a) quota delle emissioni totali del trasporto nel 2024; b) crescita delle emissioni per modalità di trasporto, 1970–2024



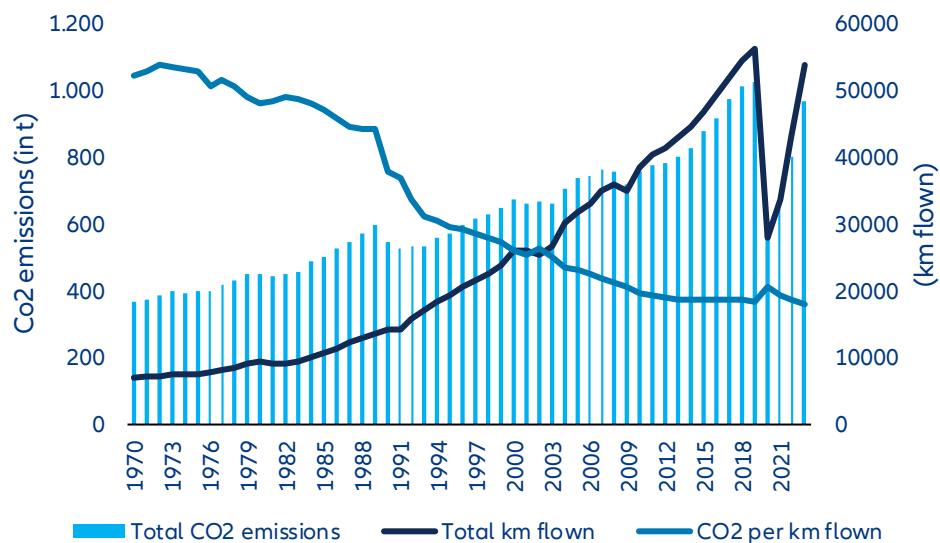


Fonti: EDGAR, Allianz Research

Negli ultimi cinquant'anni, il settore dell'aviazione ha subito una trasformazione straordinaria. Tra il 1970 e il 2023, le emissioni totali di CO₂ dell'aviazione sono aumentate di circa il +164%, raggiungendo quasi 1 gigatonnellata (Gt), riflettendo la costante appetizione globale per i viaggi aerei. Questo aumento è stato principalmente guidato dal forte incremento dei chilometri totali percorriti, che si è ampliato di quasi sette volte nello stesso periodo, mentre la connettività aerea è diventata una pietra miliare della globalizzazione, del turismo e del commercio. Come riferimento per l'espansione del settore, la flotta globale di aerei commerciali è passata da 14.000 aerei all'inizio del secolo a circa 30.300 unità attive registrate a metà 2025. Ancora più sorprendente è la crescita tredici volte del numero di passeggeri, sottolineando il cambiamento strutturale del trasporto aereo da privilegio di pochi a un modo di trasporto di massa che serve miliardi di persone ogni anno (Figura 2).

Eppure questa espansione è avvenuta parallelamente a un grande salto nell'efficienza energetica. Le emissioni di CO₂ per chilometro volato sono diminuite di circa il -66% dal 1970, a testimonianza dei progressi tecnologici nella progettazione degli aeromobili, nell'efficienza dei motori, nella gestione del traffico aereo e nelle pratiche operative. Gli aerei moderni oggi consumano circa un terzo del carburante per passeggero-chilometro rispetto a quelli degli anni '70. Questo disaccoppiamento tra crescita del traffico e intensità delle emissioni riflette miglioramenti continui, ma non a un ritmo sufficiente a compensare la crescita della domanda.

I dati illustrano il paradosso centrale della sfida climatica dell'aviazione: i guadagni di efficienza sono stati superati dall'aumento della domanda. Sebbene ogni chilometro percorso emetta sostanzialmente meno CO₂, la semplice moltiplicazione di voli, rotte e volumi di passeggeri ha portato le emissioni aggregate a livelli record. Di fatto, l'impronta di carbonio dell'industria continua a crescere anche mentre diventa più pulita per unità di produzione. Guardando al futuro, questa dinamica suggerisce che raggiungere gli obiettivi di net-zero richiederà non solo ulteriori scoperte tecnologiche – come le SAF e gli aerei di nuova generazione – ma anche misure sistemiche per gestire la domanda, migliorare l'efficienza operativa e accelerare il rinnovo della flotta.

Figura 2: Sviluppo delle emissioni di CO₂, domanda di volo ed efficienza degli aeromobili (1970 – 2023)

Fonti: EDGAR, Allianz Research

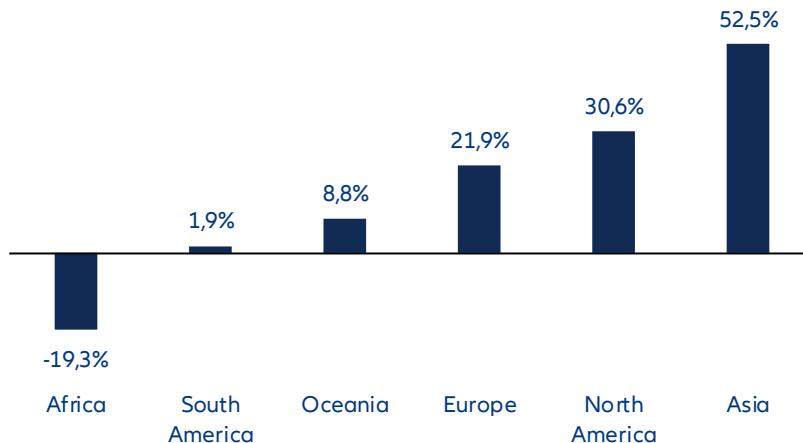
L'evoluzione delle emissioni dell'aviazione non è stata uniforme in tutte le regioni (Figura 3). Tra il 2013 e il 2024, l'Asia ha registrato di gran lunga la crescita più forte, con le emissioni di CO₂ legate all'aviazione in aumento di oltre il +50%, riflettendo la rapida espansione economica della regione, la crescita della classe media e il fiorente mercato delle compagnie aeree low cost. Anche Nord America ed Europa hanno registrato aumenti di circa il +30% e il +22%, rispettivamente, ma a un ritmo più lento poiché i loro settori aeronautici sono maturi e soggetti a regolamentazioni più severe sull'efficienza e sul clima. In Europa, il Sistema di Scambio delle Emissioni dell'UE (EU ETS),¹ in vigore dal 2012, ha imposto un prezzo al carbonio sui voli intra-europei, mentre il Regolamento ReFuelEU sull'Aviazione (2023)² prevede una graduale fusione del SAF – a partire dal 2% nel 2025 e salendo al 70% entro il 2050 – creando incentivi di decarbonizzazione a lungo termine. In Nord America, la partecipazione allo schema CORSIA dell'ICAO³, che richiede alle compagnie aeree di compensare le emissioni superiori ai livelli del 2019, ha introdotto un tetto alle emissioni di CO₂ legate alla crescita per i voli internazionali (vedi pagine 15-16 per l'analisi ETS e CORSIA). Al contrario, l'Africa si distingue con un calo di quasi -20%, in parte dovuto a prestazioni economiche più deboli, connettività aerea limitata e una modernizzazione della flotta più lenta.

¹ Riduzione delle emissioni dell'aviazione - Azione per il clima - Commissione Europea

² ReFuelEU aviazione - Mobilità e Trasporti - Commissione Europea

³ CORSIA

Figura 3: Crescita delle emissioni di CO2 per regione per il periodo 2013 – 2024



Fonti: *Our World in Data*, Allianz Research

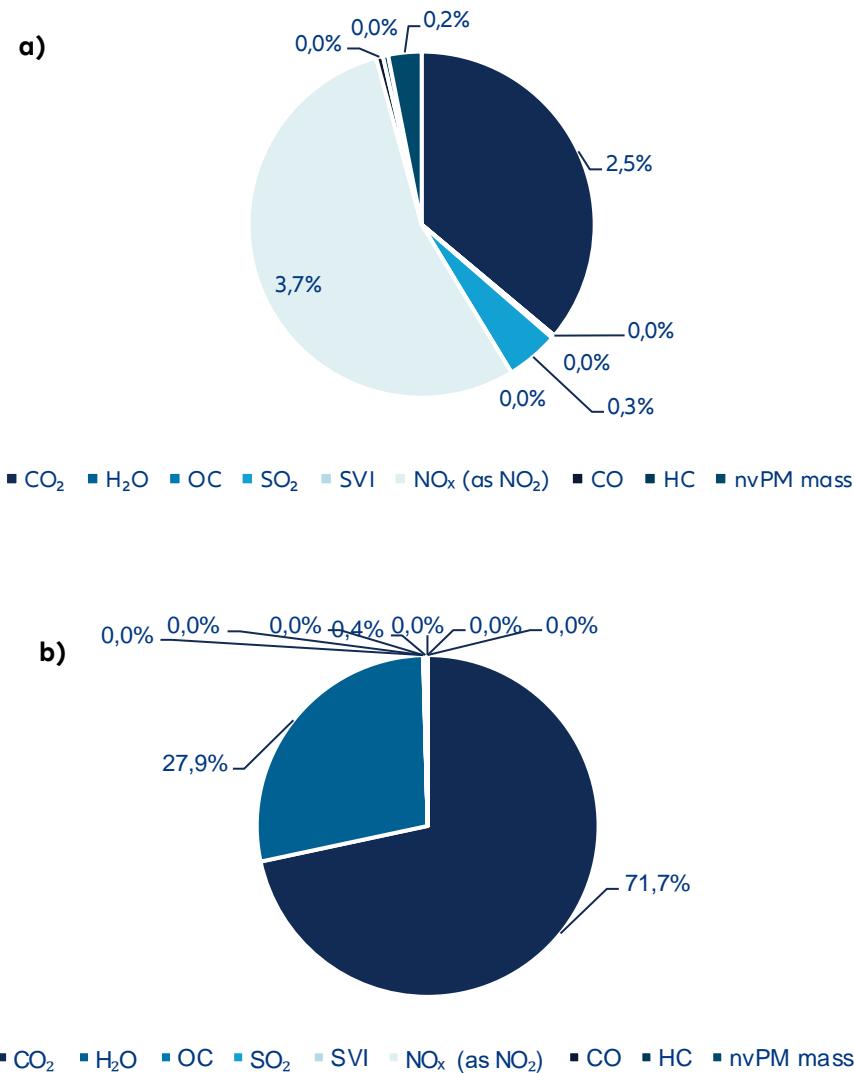
La minore quota assoluta dell'aviazione nasconde il suo impatto climatico sproporzionato: le emissioni si verificano ad alta quota e producono effetti aggiuntivi non CO₂ come scie di condensa e ossidi di azoto, amplificandone la forza radiativa totale. Inoltre, a differenza del trasporto su strada o marittimo, le opzioni di decarbonizzazione per l'aviazione rimangono limitate, con carburanti aeronautici sostenibili (SAF) e tecnologie aeronautiche di nuova generazione ancora nelle fasi iniziali di implementazione. Di conseguenza, sebbene l'aviazione non sia il maggiore emettitore nei trasporti, rappresenta una delle sfide di decarbonizzazione più difficili, richiedendo risposte coordinate tecnologiche, regolamentari e sulla domanda per allineare il settore agli obiettivi globali di net-zero.

Mentre la CO₂ domina in termini di massa di emissione, rappresentando più del 70% di tutti i gas di scarico dell'aviazione (893 Tg nel 2019), altre specie come il vapore acqueo (H₂O, 28%) e gli ossidi di azoto (NO_x, ~0,36%) giocano un ruolo sproporzionalmente grande nel determinare l'impatto climatico complessivo dell'aviazione (Figure 4a e 4b). Nonostante la sua piccola quota di massa, le emissioni di NO_x sono particolarmente influenti per la loro elevata potenza radiativa per unità di emissione e la loro reattività chimica nella troposfera superiore e nella stratosfera inferiore. Quando viene emessa ad altitudine di crociera, NO_x favorisce la formazione di ozono (O₃) – un gas serra di breve durata che contribuisce con una forza radiativa positiva – accelerando contemporaneamente la degradazione del metano (CH₄), un gas serra a lunga durata, che esercita un effetto di raffreddamento. Il risultato combinato è un impatto netto sul riscaldamento, rendendo il NO_x uno dei maggiori contributori non CO₂ al costringimento climatico totale dell'aviazione, nonostante la sua quota minima nelle emissioni di massa totali.

Le emissioni di vapore acqueo, pur abbondanti, mostrano effetti radiativi dipendenti dall'altitudine. Vicino alla superficie, il loro contributo è trascurabile a causa della rapida rimozione dall'atmosfera. Ma ad alta quota, dove i tempi di residenza sono più lunghi, migliorano l'intrappolamento in serra. Allo stesso modo, le emissioni di fuliggine (carbonio nero) e anidride solforosa (SO₂) – sebbene rappresentino meno dello 0,05% dei gas di scarico aeronautici in massa – svolgono un ruolo indiretto ma fondamentale nella formazione delle scie di scia e dei cirri di scia di scia. Queste nuvole di ghiaccio artificiali possono intrappolare la radiazione a onde lunghe in uscita e creare un significativo riscaldamento aggiuntivo, soprattutto in condizioni notturne. Nel complesso, i componenti non CO₂ – principalmente NO_x, vapore acqueo e scie di condensa – rappresentano quasi due terzi del forzamento radiativo totale dell'aviazione, evidenziando la necessità di strategie di

mitigazione che vadano oltre la sola riduzione del carbonio. Le politiche e le innovazioni tecnologiche devono quindi mirare sia alle emissioni di CO₂ che a quelle non di CO₂ per raggiungere progressi significativi verso un'aviazione climaticamente neutra.

Figura 4: Emissioni di CO₂ e non CO₂ dell'aviazione (2019, pre-COVID): a) quota nelle emissioni globali totali che riflettono la forza radiativa; b) quota di emissioni nel settore aeronautico



Fonti: Teoh et al. (2024),⁴ Allianz Research

Tabella di marcia per un'aviazione climaticamente neutra

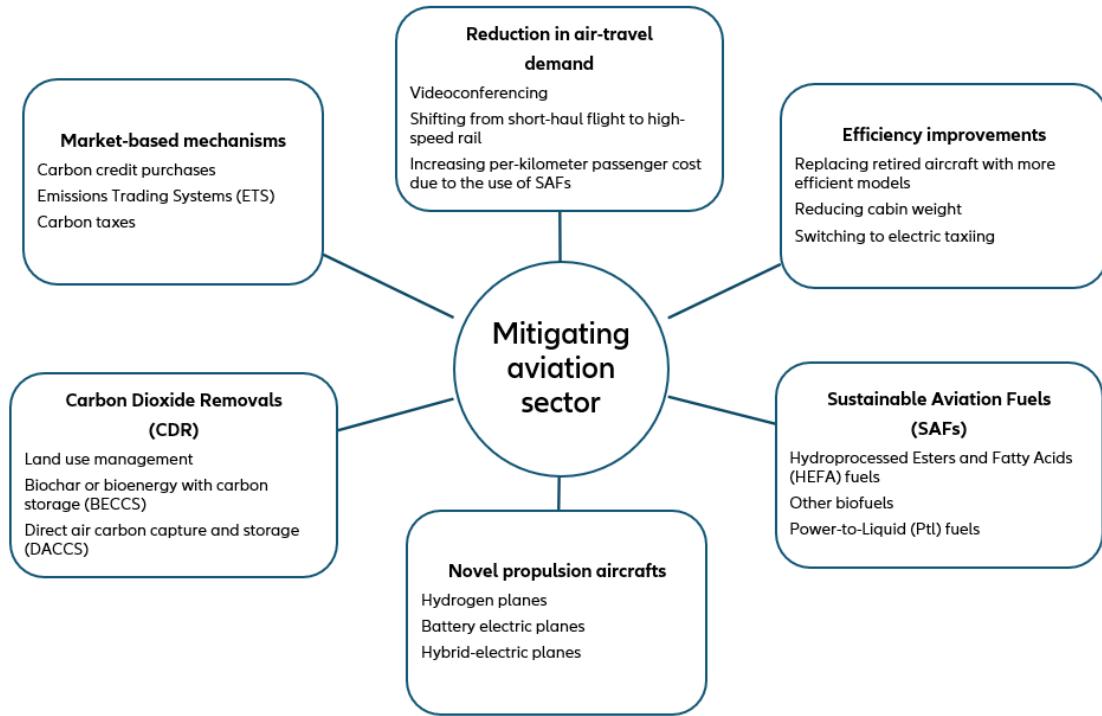
Raggiungere la neutralità climatica nell'aviazione richiede una strategia multisfaccettata che combini innovazione tecnologica, carburanti sostenibili, incentivi di mercato e gestione della domanda. Come illustrato nella Figura 5, le opzioni di mitigazione possono essere raggruppate in sei pilastri complementari che

⁴ ACP - L'Inventario Globale delle Emissioni Aviatiche ad alta risoluzione basato su ADS-B (GAIA) per il periodo 2019–2021

affrontano sia le emissioni alla fonte sia la loro compensazione. I Carburanti Aeronautici Sostenibili (SAF) rappresentano il percorso più immediato e scalabile per ridurre le emissioni di CO₂ nel ciclo di vita. I combustibili attualmente certificati come gli Esteri Idroprocessati e gli Acidi Grassi (HEFA) possono ottenere riduzioni delle emissioni fino all'80% rispetto ai combustibili fossili convenzionali, mentre le opzioni di nuova generazione come i Power-to-Liquid (PtL) offrono un'intensità di carbonio quasi zero quando prodotte con elettricità rinnovabile. A complemento della sostituzione del carburante, miglioramenti di efficienza come il rinnovo della flotta, materiali più leggeri per gli aeromobili e ottimizzazione del percorso continuano a ridurre le emissioni per chilometro percorso. Una seconda frontiera tecnologica riguarda sistemi di propulsione innovativi, inclusi aerei alimentati a idrogeno ed elettrici a batteria, che potrebbero eliminare le emissioni dirette di CO₂ nel lungo termine, anche se rimangono limitati da infrastrutture e da vincoli di densità energetica.

Dal punto di vista sistematico, i meccanismi basati sul mercato possono accelerare la decarbonizzazione del settore. Soluzioni di mercato, come il Sistema di Scambio delle Emissioni (ETS) dell'UE, la compensazione del carbonio e le potenziali tasse sul carbonio dell'aviazione, interiorizzano il costo ambientale del volo e creano incentivi economici per la decarbonizzazione. Misure basate sulla domanda, come la promozione della videoconferenza, lo spostamento dei voli a breve raggio su ferrovia e la moderazione della crescita dei viaggi aerei, possono ulteriormente ridurre le emissioni quando il progresso tecnologico da solo è insufficiente. Infine, le rimozioni di anidride carbonica (CDR), inclusi il sequestro terrestre, il biochar o la cattura diretta dell'aria (DACCs), offrono un mezzo per neutralizzare le emissioni residue che non possono ancora essere eliminate.

Figura 5: Strategie per la neutralità climatica nell'aviazione



Fonte: Allianz Research

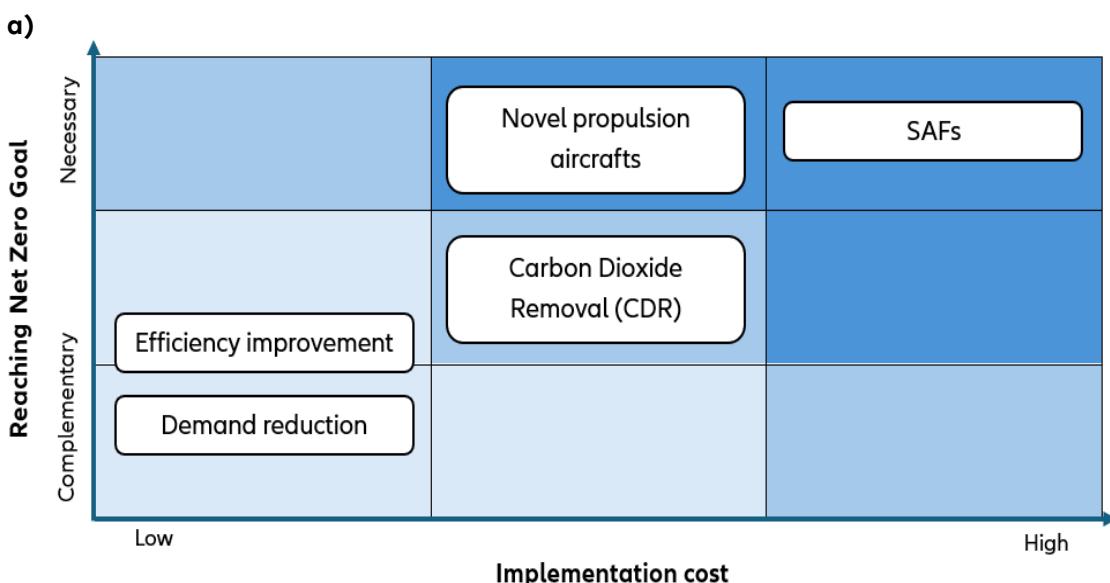
La transizione verso un'aviazione climaticamente neutra richiede di bilanciare ambizione tecnologica con fattibilità economica. La Figura X illustra sia la gerarchia costi-benefici sia il costo di mitigazione stimato per tonnellata di CO₂ per le principali strategie di decarbonizzazione. Le misure a basso costo, come il

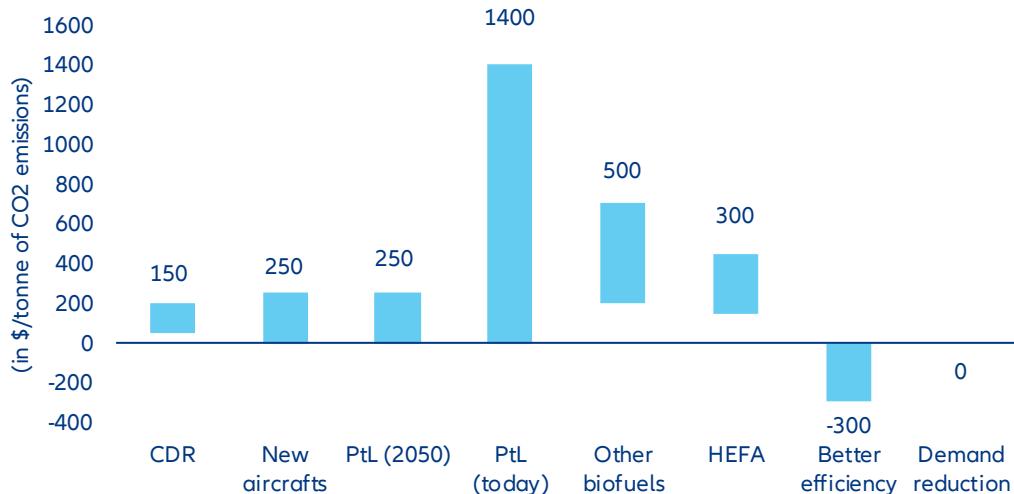
miglioramento dell'efficienza e la riduzione della domanda, rimangono le leve più economiche nel breve termine. Operazioni areomobilistiche migliorate, materiali più leggeri e instradamento ottimizzato possono garantire risparmi sulle emissioni a costi di riduzione negativi – circa -300 USD per tonnellata di CO₂ – riflettendo nel tempo un risparmio netto sul costo del carburante. Allo stesso modo, le azioni basate sulla domanda, come lo spostamento dei viaggi a breve distanza verso il treno o la sostituzione dei voli di lavoro con riunioni digitali, non hanno costi, anche se dipendono fortemente dal cambiamento comportamentale e dall'accettazione delle politiche. Le opzioni a costo medio includono la rimozione dell'anidride carbonica (CDR) e il rinnovo della flotta tramite aeromobili più efficienti. Le soluzioni CDR, come biochar, BECCS o cattura diretta dell'aria, sono stimate a circa 150 USD per tonnellata, mentre l'introduzione di nuove generazioni di aerei si aggira intorno a 250 USD per tonnellata. Questi approcci forniscono progressi misurabili ma non possono raggiungere da soli la piena neutralità settoriale.

Nella fascia alta del spettro dei costi ci sono i SAF e i nuovi aerei a propulsione. I combustibili Power-to-Liquid (PtL) attuali superano i 1.400 USD per tonnellata di CO₂ evitati, anche se l'apprendimento tecnologico potrebbe ridurre questo valore a 250 USD per tonnellata di CO₂ entro il 2050. Gli esteri e gli acidi grassi idroprocessati (HEFA) e altri biocarburanti attualmente variano tra 300 e 500 USD per tonnellata. Anche gli aerei a idrogeno o elettrici a batteria rientrano nella categoria "ad alto costo ma necessari", dato l'investimento infrastrutturale e di ricerca e sviluppo richiesti.

In sintesi, i percorsi economici si baseranno inizialmente su misure di efficienza e comportamentali. I SAF e i nuovi sistemi di propulsione rappresentano le soluzioni indispensabili ma ad alta intensità di capitale per raggiungere l'aviazione a zeroemissioni nette entro metà secolo. Combinare queste strategie complementari garantisce sia realismo economico sia un allineamento climatico a lungo termine.

Figure 6a e 6b: L'economia della neutralità climatica nell'aviazione: a) rappresentazione costi-benefici; b) i costi delle diverse soluzioni in USD per tonnellata di CO₂



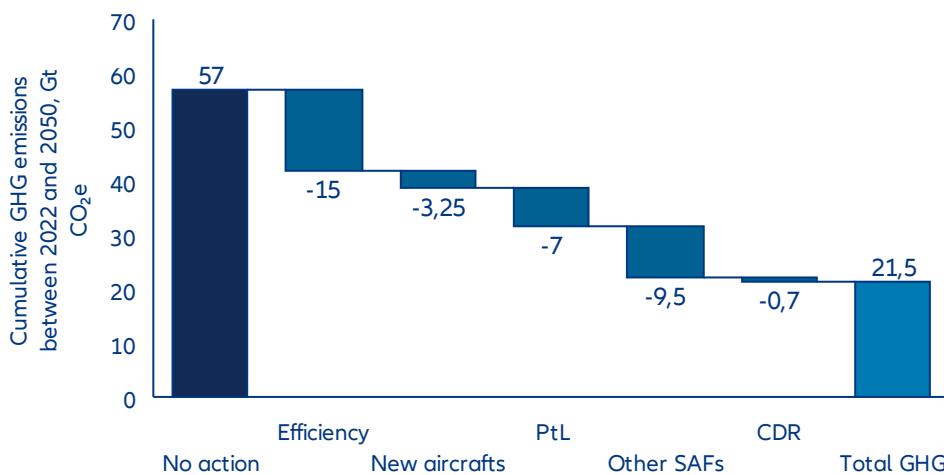


Fonti: MPP, Allianz Research

L'implementazione combinata di miglioramenti dell'efficienza, innovazione tecnologica e carburanti sostenibili potrebbe ridurre sostanzialmente le emissioni di gas serra (GHG) dell'aviazione entro metà secolo. Come illustrato nella Figura 7, le emissioni cumulative in uno scenario senza azione ammonterebbero a circa 57 Gt CO₂e tra il 2022 e il 2050. L'implementazione di misure di efficienza potrebbe ridurre questo totale di circa 15 Gt CO₂e, rappresentando il contributo singolo più grande alla mitigazione. L'implementazione di nuove tecnologie aeromobili aggiunge un'ulteriore riduzione di CO₂e di 3,25 Gt, riflettendo il continuo rinnovo della flotta e i progressi aerodinamici.

L'introduzione di combustibili Power-to-Liquid (PtL) e altri SAF ridurrebbe congiuntamente quasi 16,5 Gt CO₂e, dimostrando il loro ruolo fondamentale nella decarbonizzazione a lungo termine nonostante gli elevati costi di produzione. Al contrario, le misure di rimozione dell'anidride carbonica (CDR) offrono solo un contributo modesto (circa 0,7 Gt) a causa di vincoli tecnologici e di scalabilità. In totale, queste azioni combinate potrebbero ridurre le emissioni cumulative dell'aviazione di oltre il -60%, abbassando l'impronta cumulativa del settore a circa 21,5 Gt CO₂e tra il 2022 e il 2050.

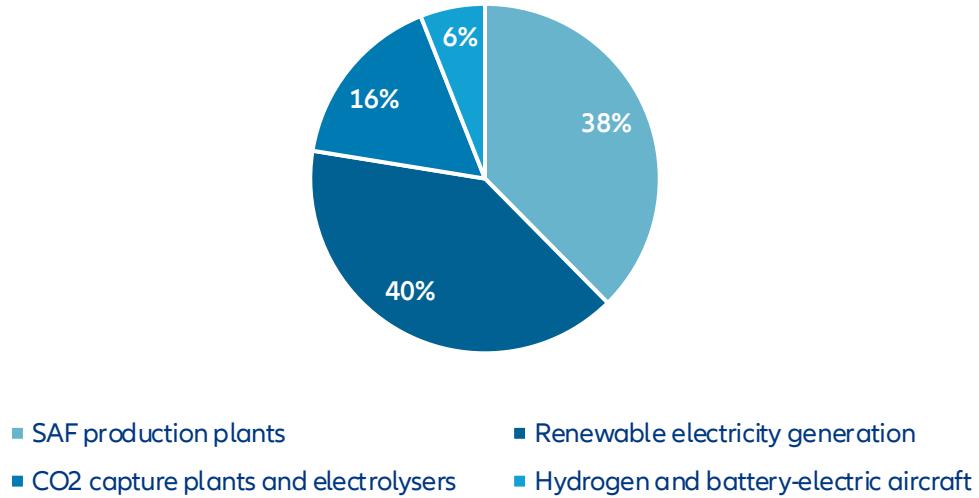
Figura 7: Riduzione cumulativa delle emissioni di gas serra nel settore dell'aviazione (2022 – 2050)



Fonte: MPP, Allianz Research

Realizzare questi percorsi di mitigazione richiederà un importante investimento stimato, stimato in quasi **5,1 triliuni di dollari tra il 2022 e il 2050**. Come mostrato nella **Figura 8**, la quota maggiore di questo finanziamento, circa il 40%, deve essere destinata alla generazione di energia rinnovabile, riflettendo la dipendenza del settore dall'energia pulita per produrre carburanti sintetici e fornire futuri aeromobili a idrogeno ed elettricità. Un altro 38% è necessario per costruire impianti di produzione SAF, che rappresentano la spina dorsale della decarbonizzazione a breve e medio termine. Gli impianti di cattura di CO₂ ed elettrolizzatori rappresentano circa il 16% del fabbisogno totale di investimento, essenziali per generare idrogeno a basso contenuto di carbonio e catturare carbonio per la sintesi di carburante Power-to-Liquid (PtL). Il restante 6% sarà necessario per lo sviluppo di aeromobili a idrogeno e a batteria, una frontiera tecnologica che si prevede maturerà solo dopo il 2040. Questi dati evidenziano che raggiungere la neutralità climatica nell'aviazione dipenderà dalla questione dell'allocazione del capitale, richiedendo un'azione coordinata da parte di governi, investitori e settore privato per mobilitare finanziamenti a lungo termine su larga scala.

Figura 8: Decomposizione dell'investimento necessario per decarbonizzare il settore aeronautico

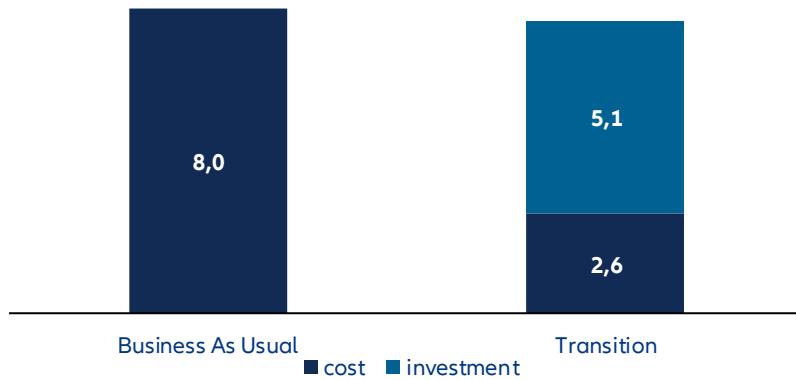


Fonti: MPP, Allianz Research

Sebbene l'investimento necessario per decarbonizzare l'aviazione sia sostanzioso, il calcolo economico a lungo termine rimane chiaramente a favore della transizione. Come mostrato nella **Figura 9**, in uno scenario Business-as-Usual (BAU), in cui non vengono attuate misure di mitigazione, il settore aeronautico continuerebbe a emettere grandi volumi di CO₂, affrontando l'aumento delle responsabilità fiscali sul carbonio che ammontano in media a 176 USD per tonnellata tra il 2025 e il 2050. Questo comporta un costo cumulativo stimato di 8 triliuni di dollari solo dalla tariffazione del carbonio nel periodo, con le emissioni previste in aumento oltre la metà del secolo. Al contrario, uno scenario di transizione ridurrebbe significativamente le emissioni, portando il costo cumulativo del carbonio a circa 2,6 triliuni di dollari e di fatto vicino allo zero entro il 2045, man mano che il settore si avvicina allo net-zero. Per raggiungere questo obiettivo, tuttavia, sarebbe necessario un investimento cumulativo di 5,1 triliuni di dollari in produzione di SAF, elettricità rinnovabile, cattura del carbonio e nuovi sistemi di propulsione. Nel complesso, la spesa finanziaria totale durante la transizione – circa 7,7 triliuni di dollari – è leggermente inferiore al costo dell'inattività. Eppure le implicazioni vanno ben oltre la parità di costi. Secondo il percorso di transizione, l'aviazione eliminerebbe la sua esposizione

ai prezzi del carbonio dal 2045, mantenendo al contempo la competitività economica a lungo termine e la resilienza normativa.

Figura 9: Costi cumulativi delle emissioni di carbonio e bisogni di investimento (2022–2050) secondo gli scenari Business-as-Usual e Transition



Fonti: MPP, Allianz Research

Il ruolo delle SAF nel raggiungimento dell'aviazione a zero emissioni nette

Il settore energetico svolge un ruolo fondamentale nella decarbonizzazione dell'industria aeronautica, fungendo sia da facilitatore critico sia da potenziale collo di bottiglia nella transizione verso il volo a zero emissioni nette. Dato che la stragrande maggioranza delle emissioni aeronautiche deriva dalla combustione di carburanti per jet a base fossile, lo sviluppo e l'implementazione su larga scala di alternative energetiche a basse emissioni di carbonio, come SAF, idrogeno verde ed elettricità rinnovabile, sono essenziali per ridurre in modo significativo l'impatto climatico del settore. Infatti, si stima che entro il 2050 il consumo complessivo di carburante per aviazione aumenterà del +75% rispetto al livello del 2024. Per questo motivo il SAF è riconosciuto come una leva cruciale per raggiungere l'obiettivo di net-zero del settore, contribuendo potenzialmente al 65% delle necessarie riduzioni delle emissioni.

Il SAF rappresenta la via più immediata e scalabile per decarbonizzare il settore aeronautico, offrendo un'alternativa "drop-in" al carburante per jet a base fossile che può sfruttare gli aerei e le infrastrutture aeroportuali esistenti. I SAF sono derivati da materie prime rinnovabili – che vanno da materiali a base di lipidi, biomassa e rifiuti municipali, fino a fonti sintetiche che utilizzano CO₂ catturato e idrogeno verde. Sebbene ancora in una fase iniziale di implementazione sul mercato, i SAF possono ottenere una riduzione del 60–90% nelle emissioni di gas serra (GHG) nel ciclo di vita, a seconda della materia prima, del processo e dell'input energetico.

Le principali famiglie SAF differiscono per materie prime, tecnologia di conversione e prontezza tecnologica (Tabella 1). Gli esteri e gli acidi grassi idroprocessati (HEFA-SPK) dominano la produzione commerciale attuale, utilizzando oli da cottura usati e grassi animali. Con TRL 9 e un limite di miscela del 50%, i carburanti HEFA possono ridurre fino all'80% delle emissioni di gas serra, ma sono limitati dalla limitata disponibilità sostenibile di lipidi e dalla concorrenza con i mercati alimentari e mangimi misti. I combustibili Fischer–Tropsch (FT-SPK/A) convertono biomassa o rifiuti municipali in idrocarburi e offrono il massimo risparmio teorico di gas serra (fino al 90%) e piena compatibilità con il drop-in; tuttavia, sono ad alta intensità di capitale e dipendono da infrastrutture di gassificazione su larga scala.

Altri percorsi stanno avanzando verso la maturità. I carburanti da alcol a jet (ATJ), derivati da etanolo o isobutanolo, mostrano progressi solidi (TRL 8–9) e possono ridurre le emissioni del 60–85%, anche se i costi di conversione restano elevati. Le iso-paraffine sintetiche (SIP), basate sulla fermentazione microbica degli zuccheri, hanno dimostrato riduzioni fino al 70% dei gas serra ma affrontano limitazioni di scalabilità e costi, con la produzione in gran parte interrotta. Nel frattempo, i combustibili Power-to-Liquid (PtL), prodotti tramite sintesi Fischer–Tropsch utilizzando CO₂ catturato e idrogeno rinnovabile, sono considerati la soluzione net-zero a lungo termine, nonostante i costi di produzione attuali superino i 1.000 USD per tonnellata di CO₂ eliminati. Infine, gli oli algali (HAO-SPK) offrono un forte potenziale a lungo termine grazie all'elevato rendimento energetico e al minimo impatto sull'uso del suolo, ma rimangono ancora in una fase iniziale di ricerca (TRL 5–7).

Tabella 1: Carburanti sostenibili per le compagnie aeree, i loro principali benefici e le principali sfide

Tipo di SAF	Materie prime e processo produttivo	Principali benefici	Principali sfide	Prontezza Tecnologica e di Mercato (2025)
Esteri e Acidi Grassi Idroprocessati (HEFA-SPK)	Idrotrattamento di materie prime a base di lipidi (oli vegetali, olio da cucina usato, grassi animali, oli di alto livello). L'ossigeno viene rimosso e gli idrocarburi vengono frattornati in alcani a getto.	Il percorso SAF più maturo; fino all'80% di riduzione dei gas serra; compatibile con il drop-in; Basso contenuto di zolfo e aromatici.	Disponibilità limitata di materie prime lipidiche sostenibili; la concorrenza con i settori alimentare/biodiesel; Alta domanda di idrogeno.	TRL 9 (scala commerciale); Limite di miscela: 50%; costo ~2–3× combustibile fossile per jet.
Cherosene paraffinico sintetico di Fischer–Tropsch (FT-SPK / FT-SPK-A)	Gassificazione di biomassa, rifiuti municipali o gas naturale in gas di sintesi (CO + H ₂), seguita dalla sintesi di Fischer–Tropsch in idrocarburi liquidi.	Privo di zolfo; alta stabilità termica; può utilizzare materie prime diverse; fino al 90% del potenziale di riduzione dei gas serra.	Intensiva in capitale; richiesto di grandi dimensioni di pianta; pulizia complessa del gas; efficienza delle emissioni di carbonio <60% senza CCUS.	TRL 8–9; Limite di miscela: 50%; adatto all'integrazione PtL.
Iso-Paraffina Sintetica (SIP / HFS-SIP)	Fermentazione di zuccheri (canna da zucchero, mais, biomassa cellulosa) utilizzando microrganismi ingegnerizzati per produrre farnesano (iso-paraffina).	Percorso biochimico rinnovabile; punto di congelamento basso; combustione pulita; fino al 70% del potenziale di riduzione dei gas serra.	Alto costo delle materie prime da zucchero; impronta per l'uso del suolo; scalabilità e rese limitate; produzione su piccola scala.	TRL 7–8 (demo); Limite di miscela: 10%; La produzione fu in gran parte interrotta per motivi economici.

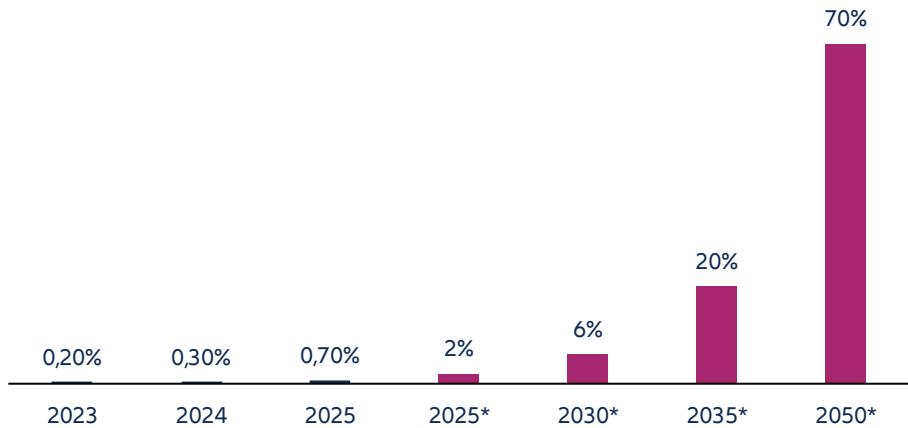
Dall'alcol al jet (ATJ-SPK)	Conversione di etanolo, isobutanolo o metanolo in carburante per jet tramite disidratazione, oligomerizzazione e idrolavorazione.	Materie prime flessibili; compatibile con l'infrastruttura esistente sull'etanolo; Riduzione del 60–85% dei gas serra.	Alto costo di conversione; dipendenza da materie prime a basso contenuto di carbonio alcolici; Ottimizzazione del catalizzatore in corso.	TRL 8–9; fino al 50% miscela; Scala 2026–2030.
Potenza su liquidi (PtL / e-SAF / FT-SPK-A)	Sintesi di idrogeno rinnovabile (tramite elettrolisi) e CO ₂ catturato in idrocarburi sintetici utilizzando rotte Fischer–Tropsch o metanolo-jet.	emissioni quasi zero nel ciclo di vita; pienamente compatibile con l'infrastruttura attuale; essenziale per un'aviazione a lungo termine a net-zero.	Molto energivora (5–8 MWh/t di combustibile); la costosa cattura rinnovabile di H ₂ e CO ₂ ; Scala demo limitata.	TRL 6–8; Limite di miscela: 50%; Focus del mandato ReFuelEU.
Oli Algali / Oli Algali Idroprocessati (HAO-SPK)	Coltivazione di microalghe, estrazione di lipidi, seguita di idrotrattamento in idrocarburi a getto.	Alti rendimenti teorici; uso del suolo non coltivabile; forte potenziale di assorbimento di CO ₂ .	Alto apporto di energia e nutrienti; coltivazione costosa; Sfide di scalabilità.	TRL 5–7; pilot to demo; not yet ASTM-certified; potential cost decline with photobioreactors.

Fonti: Khujamberdiev e Cho (2024), ⁵Allianz Research

Secondo l'International Air Transport Association (IATA), lo sviluppo del SAF rimane deludentemente lento, molto indietro rispetto a quanto necessario per allinearsi agli obiettivi globali di decarbonizzazione. Nel 2024, la produzione globale di SAF ha raggiunto 1 milione di tonnellate, leggermente superiore alla produzione del 2023 (+0,1 pp) ma che rappresenta comunque solo lo 0,3% della domanda globale di carburante per jet. Sebbene la produzione di SAF sia prevista raddoppiare nel 2025, rappresenterà comunque solo lo 0,7% del consumo globale di carburante per jet (Figura 10). Al contrario, delle policy map come il Regolamento UE sull'Aviazione ReFuelEU prevedono che le SAF combinino quote del 2% entro il 2025, del 6% entro il 2030, del 20% entro il 2035 e fino al 70% entro il 2050. Questo netto divario sottolinea la portata della sfida. La capacità produttiva attuale e la disponibilità di materie prime sono tutt'altro che sufficienti per soddisfare la crescente domanda. Il settore aeronautico necessita di investimenti rapidi nelle infrastrutture produttive, nell'elettricità rinnovabile e nella diversificazione delle materie prime per raggiungere i suoi traguardi di neutralità netta.

⁵ [Biocarburanti nell'aviazione: esplorare l'impatto dei carburanti aeronautici sostenibili nei motori degli aerei](#)

Figura 10: Lo sviluppo lento del SAF



Fonte: [ReFuelEU, Allianz Research](#)

Lo sviluppo e la distribuzione su larga scala del SAF affrontano un complesso insieme di sfide interconnesse che abbracciano le dimensioni tecnologiche, economiche, regolamentari e logistiche della transizione energetica (Figura 11). Secondo la revisione della letteratura e la meta-analisi di oltre 50 studi peer-reviewed (Wandelt et al, 2025), la disponibilità di materie prime emerge come la barriera più frequentemente citata. L'offerta limitata di materie prime sostenibili a base di lipidi – come olio da cucina usato, grassi animali e residui agricoli – è limitata dalla concorrenza territoriale, dalla variabilità stagionale e da inefficienze logistiche. Inoltre, con l'aumento della domanda di SAF, la concorrenza delle industrie alimentari e dei biocarburanti dovrebbe rafforzare ulteriormente le catene di approvvigionamento e aumentare i prezzi, minando la scalabilità.

Il progresso tecnologico e l'ottimizzazione dei processi rappresenta la seconda sfida più significativa. Le vie SAF esistenti, come la sintesi di Fischer-Tropsch, gli esteri idroprocessati e gli acidi grassi (HEFA) e i processi Alcohol-to-Jet (ATJ), rimangono ad alta intensità energetica e costose. I progressi nella catalisi, nell'efficienza dei reattori e nell'automazione dei processi sono fondamentali per raggiungere le riduzioni di costi e le prestazioni delle emissioni necessarie. In relazione a questo, la riduzione dei costi è una preoccupazione centrale poiché la maggior parte dei SAF rimane sostanzialmente più costosa dei combustibili fossili per jet, con costi di riduzione attualmente superiori a 1.000 USD per tonnellata di CO₂ per alcune percorsi. Raggiungere la parità di costi dipenderà dall'aumento della produzione, dal miglioramento dell'efficienza e dall'istituzione di incentivi politici chiari e stabili.

Infatti, il supporto politico e i quadri normativi sono un altro tema ricorrente. Standard globali frammentati, prezzi del carbonio incoerenti e l'assenza di mandati vincolanti ostacolano la fiducia degli investitori e ritardano la diffusione. Strumenti politici coordinati, come sussidi, crediti d'imposta e obblighi di miscelazione, sono essenziali per ridurre il rischio degli investimenti privati e promuovere la scala industriale. Ulteriori sfide includono la fattibilità economica (il problema del "pollo e dell'uovo" della bassa domanda e prezzi alti), lo sviluppo e la scalabilità della catena di approvvigionamento e delle infrastrutture, tutte attività che richiedono investimenti di capitale sostanziali e coordinamento internazionale. Infine, le preoccupazioni relative alla sostenibilità, come i cambiamenti indiretti nell'uso del suolo, gli impatti sulla biodiversità e le emissioni nel ciclo di vita, sottolineano che non tutti i percorsi SAF sono ugualmente ecologici. Affrontare queste sfide

interconnesse in modo olistico è essenziale affinché le SAF si evolvano da un'innovazione di nicchia a una pietra angolare dell'aviazione climaticamente neutra.

Figura 11: Numero di studi che identificano le principali sfide nella produzione di SAF



Fonti: Wandelt et al. (2025), ⁶Allianz Research

Sebbene i SAF siano spesso descritti come la soluzione a breve termine più promettente per la decarbonizzazione dell'aviazione, recenti evidenze scientifiche suggeriscono che i loro benefici climatici potrebbero essere più limitati di quanto si pensi ampiamente. Secondo Boerboom et al. (2025), ⁷considerando l'impatto climatico completo "pozzo a scia" – inclusi sia effetti CO₂ che non CO₂ come ossidi di azoto (NO_x), vapore acqueo e scie di scia – il potenziale totale di riduzione delle emissioni dei SAF raramente supera il -50% rispetto al carburante convenzionale per jet. Questa scoperta mette in discussione la percezione diffusa che i SAF possano garantire una quasi neutralità di carbonio semplicemente tramite la sostituzione delle materie prime.

Una limitazione chiave risiede negli effetti persistenti non CO₂ in volo, che rappresentano circa due terzi del forzamento radiativo totale dell'aviazione. Anche quando i SAF raggiungono emissioni quasi zero nel ciclo vitale di CO₂, la loro combustione produce comunque NO_x e vapore acqueo ad alta quota, contribuendo alla formazione di ozono, all'esaurimento del metano e alle nuvole cirri indotte dalla scia di condensa. Questi processi presentano dinamiche complesse di riscaldamento e raffreddamento, ma l'effetto netto rimane una forza radiativa positiva, cioè un riscaldamento continuo. L'entità di questi effetti dipende fortemente dall'altitudine di volo, dall'umidità e dalle condizioni atmosferiche, rendendo difficile standardizzare la mitigazione.

Una seconda limitazione riguarda l'eterogeneità delle materie prime e dei percorsi produttivi del SAF. Boerboom et al. (2025) evidenziano che le prestazioni della CO₂ nel ciclo di vita variano ampiamente – da circa 150 a 250 g CO₂ e/MJ – a seconda del tipo di materia prima, della fonte energetica del processo e delle ipotesi di cambiamento nell'uso del suolo. Ad esempio, i combustibili derivati dai lipidi di scarto (HEFA-SPK) offrono risparmi di gas serra più elevati rispetto ai biocarburanti a base agricola, mentre i combustibili Power-to-Liquid (PtL) hanno le emissioni potenziali più basse ma sono vincolati da una fornitura di elettricità

⁶ [Carburanti aeronautici sostenibili: una meta-revisione dei sondaggi e delle principali sfide - ScienceDirect](#)

⁷ [Una valutazione completa dell'impatto climatico dal pozzo alla scia sul carburante aeronautico sostenibile | Rapporti scientifici](#)

rinnovabile e da alti costi di produzione. Questa variabilità complica sia la contabilità regolamentare sia la comparabilità di mercato.

Inoltre, la dimensione temporale dell'impatto climatico è importante. L'analisi della "risposta alla temperatura media" mostra che effetti non CO₂ di breve durata (ad esempio, scie) dominano il riscaldamento a breve termine, mentre le riduzioni di CO₂ si materializzano solo nel corso di decenni. Pertanto, i SAF ottengono risultati migliori in scenari di stabilizzazione climatica a lungo termine (tempi di 100 anni) rispetto agli obiettivi di mitigazione a breve termine, una considerazione importante per le politiche che mirano a obiettivi di net-zero vicino al 2050.

In breve, sebbene le SAF svolgano un ruolo indispensabile nella transizione dell'aviazione, non rappresentano una soluzione miracolosa. La loro efficacia dipende dall'affrontare gli effetti non legati alla CO₂, garantire materie prime veramente sostenibili e accoppiare la sostituzione del carburante con innovazioni tecnologiche, operative e politiche che mirano a coprire l'intera impronta climatica del volo.

Crediti di carbonio: una soluzione con implicazioni finanziarie

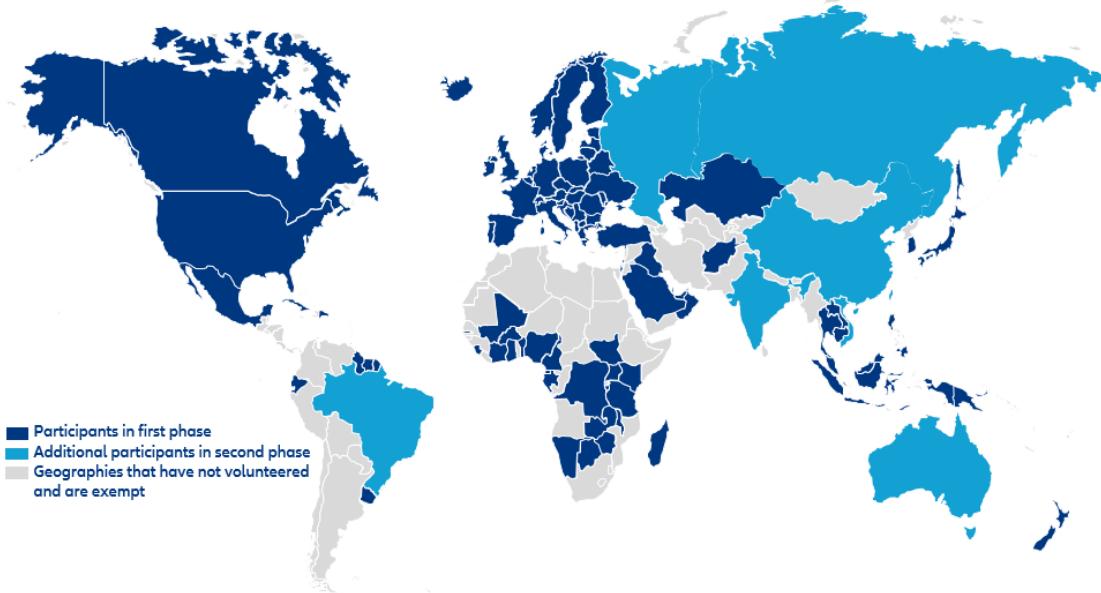
Rendere l'aviazione più ecologica richiede più del carburante – i meccanismi basati sul mercato possono anche contribuire a colmare il divario di carbonio. Le iniziative di crediti di carbonio stanno emergendo anche come soluzione complementare al percorso di verdizzazione del settore. Ad oggi, due principali strumenti politici sono ampiamente riconosciuti: CORSIA⁸ (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) e il Sistema di Scambio delle Emissioni dell'UE (ETS). Entrambi sono meccanismi chiave di credito di carbonio progettati per raggiungere una transizione rapida, permettendo alle compagnie aeree di compensare parte delle loro emissioni di CO₂ finanziando progetti di riduzione del carbonio verificati altrove.

Sebbene entrambi gli strumenti abbiano obiettivi simili, differiscono per ambito e approccio. CORSIA rappresenta il primo meccanismo di compensazione basato sul mercato concordato a livello globale per l'aviazione internazionale (voli tra due stati). Il progetto è iniziato con una fase pilota (2021-2023), seguita da una prima fase (2024-2026). Per entrambi, la partecipazione è volontaria (vedi Figura 12), ma differiscono in come lo stato determina i requisiti di compensazione della compagnia aerea. La fase pilota ha permesso agli stati di scegliere come calcolare gli obblighi compensatori delle compagnie aeree (utilizzando le emissioni annuali reali o i livelli del 2019), e ha utilizzato una base pari al 100% delle emissioni del 2019. Ma la prima fase utilizza solo le emissioni annuali effettive, elimina l'opzione delle emissioni del 2019 e restringe il minimo di base all'85% delle emissioni del 2019, aumentando la compensazione prevista. Per la seconda e ultima fase di attuazione (2027-2035), sono inclusi tutti gli stati⁹ la cui quota individuale di attività dell'aviazione internazionale nel 2018 era superiore allo 0,5% dell'attività totale, o la cui quota cumulativa raggiunge il 90% dell'attività totale, cioè la maggior parte degli stati dell'Organizzazione dell'Aviazione Civile Internazionale (ICAO).

⁸ Ufficialmente creato nel 2016 dall'Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile (ICAO) e in attività dal 2021

⁹ I paesi meno sviluppati, i piccoli stati insulari in via di sviluppo e i paesi in via di sviluppo senza sbocco sul mare sono esentati dalla partecipazione.

Figura 12: Partecipazione di CORSIA

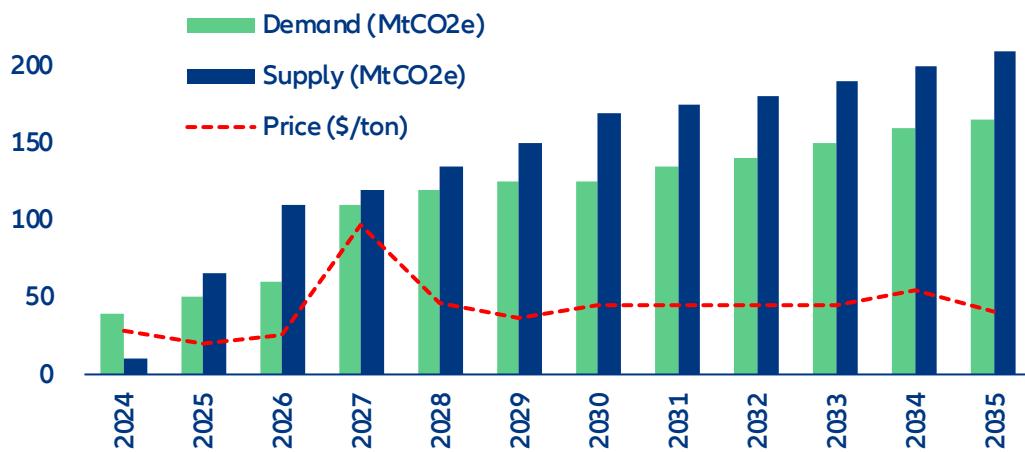


Fonti: Bloomberg NEF, ICAO, Allianz Research

Nella fase pilota, CORSIA impone costi trascurabili alle compagnie aeree. Ma un onere finanziario più elevato si profila per il 2027. Il costo delle unità di emissione varia ampiamente, influenzato da fattori come il tipo di progetto, lo standard di certificazione applicato e le condizioni di mercato prevalenti. A ottobre 2025, un credito di carbonio costa in media 20 USD/tonnellata di emissioni di carbonio rimosse (contro 7 USD/tonnellata durante la fase pilota). Infatti, durante il 2021-2023, CORSIA ha avuto un impatto quasi totale sui costi delle compagnie aeree. Il riferimento per le emissioni del programma (fissato ai livelli del 2019) significava che, per molti vettori, le emissioni effettive rientravano o erano inferiori a questo punto di riferimento. Di conseguenza, l'obbligo di acquisire compensazioni di carbonio non si applicava nella pratica, comportando un carico finanziario minimo in questi primi anni. Nel 2024, si stima che le compagnie aeree abbiano speso circa 1 miliardo di dollari in crediti (con prezzi medi di 25 USD/tonnellata). Questo rappresenta solo il 3% del profitto netto di 32 miliardi di USD registrato lo scorso anno. Avvicinandoci all'inizio della seconda fase (2027), sempre più stati stanno iniziando a unirsi al programma. Il numero di partecipanti dovrebbe salire da 88 paesi nel 2021 a 130 il prossimo anno, con altri grandi attori come Russia, Cina, India e Brasile che si uniranno presto al progetto. Pertanto, la domanda di crediti CORSIA dovrebbe aumentare del +20% su base annua nel 2026 e quasi raddoppiare nel 2027 (vedi Figura 13). Con la domanda destinata a crescere vertiginosamente, i prezzi dei crediti di carbonio dovrebbero aumentare, soprattutto dal 2027 in poi, quando gli obblighi CORSIA dovrebbero coprire circa l'85% delle emissioni internazionali dell'aviazione – riflettendo la quota del settore necessaria a partecipare. Questa pressione al rialzo è ulteriormente supportata dal costo ancora più elevato di soluzioni alternative come il SAF. I prezzi del carbonio sono previsti per avvicinarsi a 100 USD/tonnellata nel 2027, in particolare (+290% rispetto a ora), trainati dal raddoppio della domanda mentre l'offerta dovrebbe crescere solo di circa il +10%. Supponendo che le compagnie aeree debbano compensare tra 80 e 110 milioni di tonnellate (Mt CO₂) in quell'anno, ciò potrebbe rappresentare un onere finanziario di circa 9,5 miliardi di USD, ovvero il 26% degli attuali utili netti del settore. Oltre a ciò, man mano che lo sviluppo dei progetti compensatori accelera e l'offerta si espande più rapidamente della domanda del settore, i prezzi probabilmente si alleggeriranno e CORSIA potrebbe diventare un costo più ragionevole da assimilare. Chiaramente, l'impatto non sarà omogeneo su tutte le compagnie aeree, poiché ricadrà più pesantemente su

quelle con maggiore esposizione al segmento internazionale (a lungo raggio) e sulle compagnie che sono in ritardo nell'adozione delle SAF o che operano flotte meno efficienti e ad emissioni più elevate.

Figura 13: Previsione di offerta, domanda e prezzo dei crediti CORSIA, per anno



Fonti: Bloomberg NEF, Allianz Research. Nota: Il grafico mostra le prospettive base di BloombergNEF.

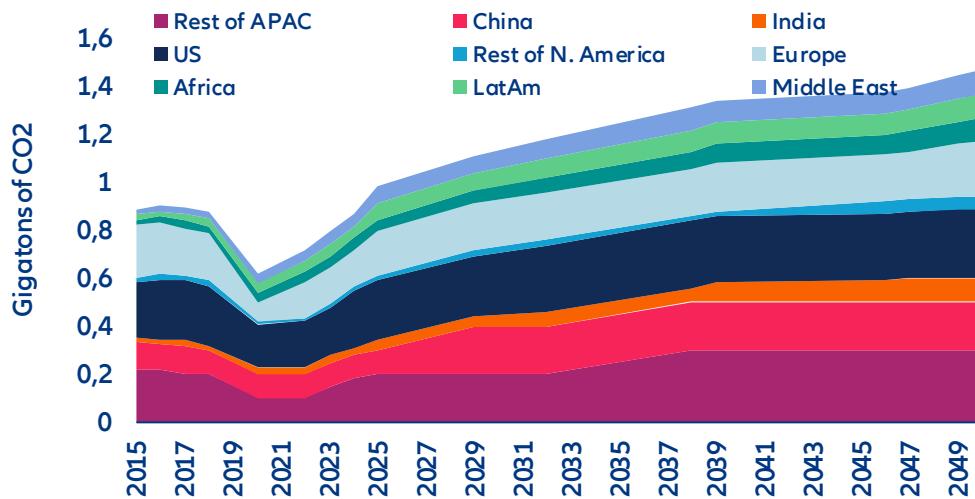
A differenza dell'approccio globale di compensazione più permissivo di CORSIA, l'EU ETS obbliga le compagnie aeree a pagare tutte le emissioni di CO₂ verificate all'interno dell'Europa sotto un rigido sistema cap-and-trade. L'EU ETS rappresenta una delle pressioni regolatorie più significative sull'industria aerea europea, poiché impone un prezzo diretto e crescente al carbonio emesso dai voli operanti all'interno dello Spazio Economico Europeo¹⁰. Nell'ambito di questo schema cap-and-trade, le compagnie aeree devono monitorare, segnalare e verificare le proprie emissioni di CO₂ ogni anno, per poi restituire un numero corrispondente di quote di emissione. Sebbene una parte delle quote fosse storicamente assegnata gratuitamente, queste vengono rapidamente eliminate, il che significa che le compagnie devono acquistarle sempre più sul mercato, esponendole alla volatilità dei prezzi del carbonio. Tra le tappe chiave figurano il progressivo inasprimento del tetto alle emissioni, la riduzione delle quote gratuite a zero entro il 2026 e l'allineamento dell'aviazione con la più ampia agenda di decarbonizzazione "Fit for 55" dell'UE. In pratica, l'ETS incentiva le compagnie aeree ad accelerare i miglioramenti dell'efficienza del carburante, il rinnovo della flotta, l'adozione del SAF e l'ottimizzazione operativa, poiché ogni tonnellata di CO₂ evitata riduce direttamente i costi di conformità e il rischio competitivo.

L'UE sta eliminando gradualmente le quote ETS gratuite per l'aviazione, il che ha dato al settore un po' di respiro negli ultimi due anni. Le compagnie aeree hanno subito una riduzione del -25% nelle assegnazioni gratuite nel 2024 e una riduzione del -50% nel 2025. Dal 2026 in poi, tutte le quote devono essere completamente acquistate, scambiate o messe all'asta. In altre parole, le compagnie aeree dovranno acquistare una quota maggiore dei loro crediti richiesti sul mercato il prossimo anno. Sebbene l'Europa non sia la regione con le più alte emissioni di CO₂ dal settore aeronautico (Figura 14), quest'anno i suoi vettori dovrebbero richiedere in totale circa 45 milioni di quote, con prezzi attuali intorno agli 80 euro/tonnellata di CO₂, che rappresentano un costo totale di 3,6 miliardi di euro. Con l'aumento progressivo delle esigenze di quote, raggiungendo fino a 70 milioni entro il 2030, questo obbligo finanziario potrebbe aumentare fino a 5,6 miliardi di euro, ceteris paribus, o 10,5 miliardi di euro se i prezzi dovessero salire a 150 euro per tonnellata entro quel momento. Sebbene i crediti di carbonio siano generalmente meno costosi rispetto al carburante

¹⁰ L'EU ETS si applica ai voli all'interno e tra i paesi dello Spazio Economico Europeo, così come i voli in partenza verso la Svizzera e il Regno Unito, mentre applica CORSIA per i voli da e verso paesi terzi.

sostenibile per aviazione, si prevede che il loro costo cumulativo aumenterà con l'inasprimento dei limiti alle emissioni e l'aumento dei prezzi del carbonio. Questo influenzerebbe direttamente i costi operativi e i margini di profitto se le compagnie aeree decideranno di assorbire la spesa. In alternativa, questi costi potrebbero essere trasferiti ai passeggeri, influenzando potenzialmente i prezzi dei biglietti.

Figura 14: Previsione delle emissioni di CO2 delle compagnie aeree, per regione



Fonti: BloombergNEF, Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile (ICAO), Allianz Research. Nota: Include carburanti per l'aviazione sostenibili

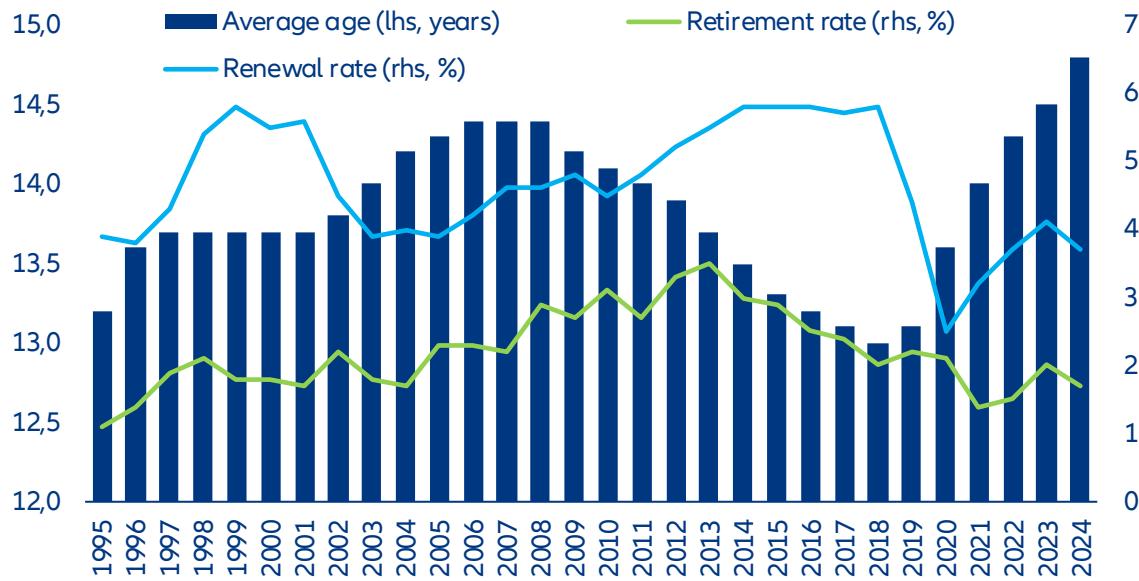
In definitiva, le compagnie aeree dovrebbero considerare i crediti di carbonio ai sensi di CORSIA e dell'ETS sia come un obbligo di conformità sia come componente strategica dei costi nella loro pianificazione sostenibile e finanziaria. Questi crediti fungono da meccanismo di transizione, permettendo alle compagnie aeree di compensare le emissioni inevitabili mentre tecnologie più pulite e carburanti per l'aviazione sostenibili vengono ampliati. Nel breve e medio termine, i sistemi di crediti di carbonio aiutano il settore a limitare il suo impatto climatico senza interrompere le operazioni. Dal punto di vista della redditività, assorbire questi costi internamente può influire sui margini, mentre il trasferimento potrebbe influenzare il prezzo dei biglietti, a seconda della strategia aziendale della compagnia aerea. Nel lungo termine, il costo cumulativo dei crediti di carbonio probabilmente incentiverà maggiori investimenti in tecnologie SAF e a basse emissioni, riducendo la dipendenza da compensazioni esterne e supportando un settore aeronautico più sostenibile e competitivo.

Reinventare la propulsione: il ruolo rivoluzionario dei produttori di aeromobili

Decarbonizzare l'industria aeronautica è una sfida collettiva che va ben oltre gli sforzi operativi e finanziari delle compagnie aeree. Anche i produttori di aerei hanno un ruolo importante. Dal punto di vista dei produttori di aeromobili emergono due sfide fondamentali: come accelerare le consegne di nuovi aerei affinché le compagnie aeree possano modernizzare il prima possibile flotte invecchiate e meno efficienti dal punto di vista energetico, e come allocare risorse aggiuntive per accelerare l'innovazione e lo sviluppo degli aerei di nuova generazione. Con i tassi di pensionamento degli aeromobili che restano molto bassi (all'1,7% nel 2024) e i tassi di rinnovo solo al 3,7% (vedi Figura 15), la flotta globale sta invecchiando più rapidamente che mai, passando da un'età media pre-pandemica di 13 anni a un record di quasi 15 anni. Man mano che le compagnie aeree aumentano la loro dipendenza da velivoli più vecchi dotati di motori meno efficienti nei consumi, i costi operativi aumentano e gli sforzi di decarbonizzazione sono ulteriormente rallentati. In altre

parole, i benefici dell'adozione di carburanti aeronautici sostenibili, dell'acquisto di crediti di carbonio e dell'implementazione di altre efficienze operative sono parzialmente compensati dalle persistenti sfide di consegna all'interno del segmento manifatturiero della catena di approvvigionamento.

Figura 15: Età media della flotta globale di aeromobili, tasso di pensionamento della flotta e tasso di rinnovo



Fonti: IATA Sostenibilità ed Economia, Allianz Research

L'industria della produzione aeronautica è fortemente consolidata, con pochissimi produttori dominanti ben consolidati che detengono un potere di mercato significativo. Agosto 2025, la flotta commerciale mondiale è composta da 35.550 velivoli. I due maggiori produttori di aerei hanno prodotto circa l'80% della flotta attiva attuale, mentre i primi cinque rappresentano quasi il 95% di tutti gli aerei in servizio nel mondo. Sebbene lo sviluppo notevole e l'espansione del trasporto aereo siano in gran parte attribuibili a questo duopolio, il settore – così come le industrie beneficiarie correlate come il turismo – rimangono fortemente dipendenti dalla loro capacità di scalare la produzione. Le persistenti e multifaccettate interruzioni della catena di approvvigionamento nell'era post-pandemica hanno esteso i tempi di consegna degli aerei da due a tre anni a quasi sei anni (più lungo per gli aerei widebody e più breve per quelli regionali), portando l'arretrato globale di aerei commerciali a salire a circa 17.000 unità nel 2024, da una media di 10.800 tra il 2017 e il 2019.

Con questa scarsità che ha limitato soluzioni a breve termine, le compagnie aeree ora cercano efficienze attraverso il retrofitting degli aerei. La situazione di meno nuovi jet disponibili sta facendo aumentare i costi di manutenzione e retrofitting per le compagnie aeree. Il retrofitting degli aerei più vecchi sta emergendo come un'alternativa interessante all'attesa delle nuove consegne. Ristrutturando cabine, aggiornando l'avionica o convertendo aerei passeggeri in cargo, le compagnie aeree possono prolungare la vita utile delle cellule esistenti. Il retrofitting comporta anche un ammortamento e costi di finanziamento inferiori rispetto all'acquisto di un aereo nuovo. Gli aerei commerciali vengono più frequentemente adattati alle cabine, ai sistemi avionici, ai motori e ai componenti della cellula. Gli aggiornamenti più richiesti includono modernizzazioni e densificazione dell'abitacolo, pacchetti avionici di nuova generazione e una connettività passeggeri migliorata. I miglioramenti dell'efficienza energetica derivano tipicamente da aggiunte aerodinamiche come winglet, materiali interni leggeri, APU potenziati e pacchetti di prestazioni motori che affiancano sistemi di controllo e componenti centrali. I miglioramenti aerodinamici delle ali, ad esempio, permettono alle compagnie aeree di ottenere risparmi di carburante superiori al 4%, riducendo al contempo le emissioni di rumore e ossido di azoto

(NOx). Dal 2000, oltre 9.000 velivoli sono stati equipaggiati con ala, riducendo collettivamente le emissioni di CO₂ di oltre 100 milioni di tonnellate, secondo l'IATA.

Sebbene il retrofitting sia una soluzione preziosa al ponte, non può sostituire l'impatto del dispiegamento di aerei di nuova generazione. Gli aggiornamenti possono migliorare l'efficienza ai margini, ma le cellule più vecchie rimangono strutturalmente vincolate da progetti legacy, maggiore peso e sistemi di propulsione meno avanzati. Al contrario, gli aeromobili di nuova costruzione integrano tecnologie a passo – strutture composite più leggere, motori di nuova generazione, aerodinamica ottimizzata e sistemi digitali – che offrono consumi di carburante e emissioni sostanzialmente inferiori. Pertanto, sebbene i retrofit aiutino a mitigare i colli di bottiglia nelle consegne a breve termine, una decarbonizzazione significativa e sostenuta dipende in ultima analisi dall'accelerare l'introduzione di nuovi velivoli intrinsecamente più efficienti nella flotta globale.

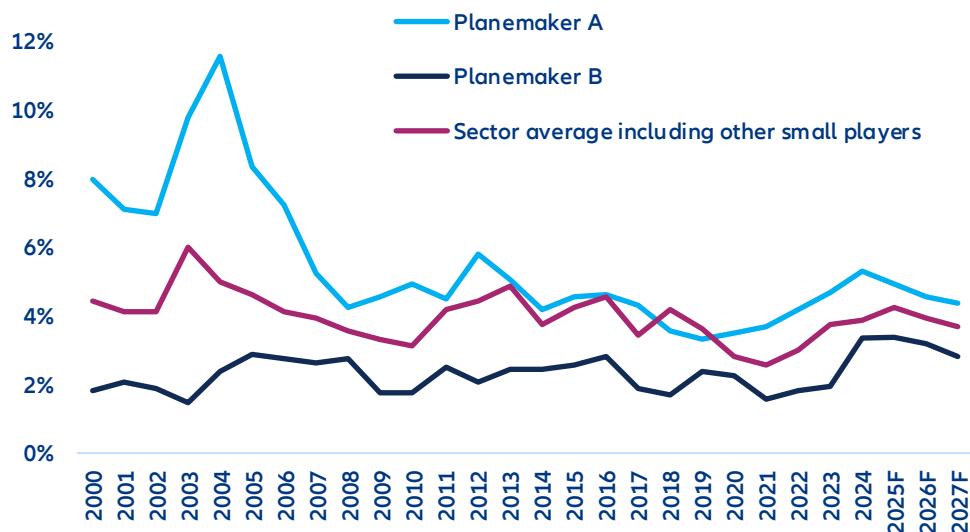
Accelerare le consegne di nuovi aerei richiede una risposta coordinata dell'industria che affronti i vincoli di capacità in tutta la catena di approvvigionamento aerospaziale. Innanzitutto, i produttori devono stabilizzare e diversificare le loro basi di fornitori, specialmente per motori, aerostrutture e avionica critica, qualificando fornitori aggiuntivi di livello 2 e 3 e investendo in contratti a lungo termine che creino visibilità e resilienza finanziaria. In secondo luogo, l'espansione della capacità produttiva – attraverso nuove linee di assemblaggio finale, automazione nella produzione di componenti, applicazioni di produzione additiva e controllo qualità abilitato al digital-twin – può accorciare i cicli di costruzione e ridurre i rilavori. In terzo luogo, OEM e regolatori devono snellire i processi di certificazione e conformità, utilizzando più strumenti digitali di certificazione e una supervisione basata sul rischio per prevenire i colli di bottiglia. In quarto luogo, i governi possono accelerare le consegne offrendo incentivi industriali mirati (crediti d'imposta, supporto al finanziamento all'export, programmi di formazione per la forza lavoro) che aiutino i fornitori a crescere rapidamente. Infine, le compagnie aeree stesse possono contribuire condividendo segnali di domanda più stabili e a lungo orizzonte e adottando configurazioni standardizzate che riducano la personalizzazione e permettano un throughput più rapido. Insieme, queste misure creano un ecosistema manifatturiero più resiliente e scalabile, in grado di fornire nuovi aerei a basso consumo energetico al ritmo richiesto per una significativa modernizzazione e decarbonizzazione della flotta.

Si stima che i progressi nella tecnologia aeronautica potrebbero ridurre il consumo di carburante e le emissioni di CO₂ di circa -20% entro il 2050, ma prima di tutto: il CAPEX deve accelerare per arrivarcì. Guardando al futuro, la capacità delle compagnie aeree di raggiungere riduzioni significative delle emissioni di carbonio dipenderà sempre più dal ritmo dell'innovazione tecnologica fornita da produttori di aeromobili e motori. Le proiezioni ICAO suggeriscono che i miglioramenti nella tecnologia aeronautica potrebbero ridurre il consumo di carburante e le emissioni di CO₂ di circa -20% entro il 2050 rispetto ai livelli di base. Oltre ai guadagni incrementali di efficienza dei modelli più recenti, la decarbonizzazione a lungo termine del settore sarà guidata dallo sviluppo di nuove piattaforme areomobilistiche e tecnologie di propulsione – che vanno dai narrowbody ultra-efficienti ai progetti ibridi-elettrici, completamente elettrici e alimentati a idrogeno. Man mano che queste tecnologie di nuova generazione matureranno ed entrano in servizio commerciale (con modelli ultra-efficienti e ibridi-elettrici in arrivo negli anni '30, e aerei commerciali a idrogeno previsti tra la fine degli anni '30 e il 2040), rappresenteranno il cambiamento radicale nell'efficienza energetica che le flotte esistenti e le soluzioni di retrofit non possono raggiungere, posizionando le compagnie aeree per accelerare le loro traiettorie di decarbonizzazione. Senza dubbio, promuovere queste innovazioni richiede spese in conto capitale sostanziali e sostenute. I recenti CAPEX tra i principali produttori di aeromobili si sono concentrati fortemente sulla decarbonizzazione e sulle tecnologie di propulsione di nuova generazione, con una parte significativa dedicata alla ricerca e sviluppo di nuove piattaforme areomobilistiche che supportano l'adozione del SAF, oltre a investimenti in percorsi sintetici e-SAF e bio-SAF. Allo stesso tempo, i produttori stanno promuovendo sistemi di propulsione a idrogeno e gruppi motopropulsori ibridi-elettrici, finanziando lo sviluppo di aerei a celle a combustibile a idrogeno e infrastrutture associate, mentre proseguono anche

progetti aerodinamici e di motori avanzati – come motori a ventola aperta capaci di funzionare al 100% SAF – per ottenere guadagni di efficienza a lungo termine. Questi investimenti riflettono un cambiamento strategico: non solo migliorare i modelli esistenti, ma trasformare radicalmente il modo in cui gli aeromobili vengono alimentati, con una forte enfasi sulla sostenibilità e sulla riduzione delle emissioni nel ciclo di vita. Per allinearsi agli obiettivi globali di net-zero, l'industria aeronautica deve continuare a dare priorità alla ricerca e sviluppo e a destinare maggiori risorse allo sviluppo di tecnologie pulite, assicurando che gli aeromobili del futuro permettano alle compagnie aeree di rispettare i loro impegni di decarbonizzazione.

Nonostante questi sforzi, i livelli attuali di CAPEX restano insufficienti. Sebbene gli investimenti siano aumentati del +8% nell'ultimo decennio e del +67% rispetto ai minimi della pandemia, il rapporto CAPEX/ricavi del settore rimane molto basso, tra il 3% e il 5% (vedi Figura 16). Per un settore incaricato di realizzare una trasformazione di portata necessaria per raggiungere gli obiettivi climatici, i livelli di investimento business-as-usual sono molto inferiori a quanto richiesto. Per accelerare la decarbonizzazione in modo significativo, i produttori aeronautici e i loro investitori devono impegnarsi a un CAPEX significativamente più elevato, assicurando che le tecnologie di nuova generazione vengano sviluppate e distribuite al ritmo che l'industria – e il pianeta – richiedono.

Figura 16: Rapporto tra capex e previsioni e previsioni dei produttori di aerei



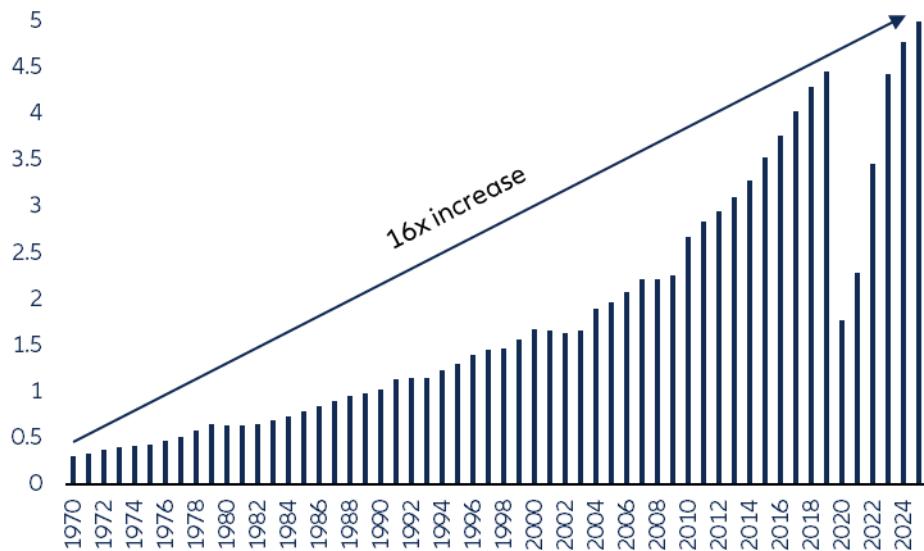
Sources: Bloomberg, Allianz Research

Allineamento della domanda aeronautica agli obiettivi climatici

La domanda di viaggi aerei è cresciuta a un ritmo straordinario negli ultimi cinquant'anni. Il numero di passeggeri a livello globale è passato da meno di 0,4 miliardi nel 1970 a quasi 5 miliardi nel 2025, un incremento senza precedenti di 16 volte (Figura 17). Questa crescita a lungo termine riflette fattori strutturali come l'aumento dei redditi, il calo dei prezzi dei biglietti, la globalizzazione delle catene di approvvigionamento e l'espansione del turismo. Mette anche in evidenza la forte resilienza del settore: shock come l'11 settembre, la crisi finanziaria del 2008 e in particolare il Covid-19 hanno causato cali improvvisi, eppure la domanda è rimbalzata rapidamente ogni volta. Il grandeshock del Covid-19 è stato completamente compensato nel 2024, quando il numero di passeggeri ha già superato il livello del 2019. Tuttavia, questa crescita continua rappresenta una grande sfida per la decarbonizzazione: anche con aumenti di efficienza e

carburanti a basse emissioni di carbonio, l'aumento del volume di passeggeri rischia di superare il progresso tecnologico.

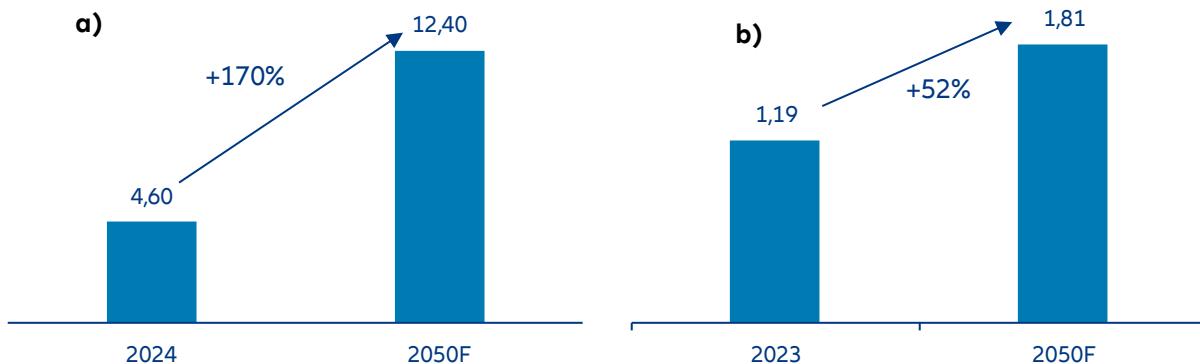
Figura 17: Evoluzione dei passeggeri del trasporto aereo dal 1970 al 2025 in miliardi



Fonti: Banca Mondiale, IATA, Allianz Research

Si prevede che la rapida crescita dei viaggi aerei globali negli ultimi cinquant'anni continui, sebbene con una significativa variazione regionale (Figura 18). Si prevede che il numero di passeggeri nel mondo aumenterà da 4,6 miliardi nel 2024 a 12,4 miliardi entro il 2050, un aumento quasi triplicato. Questo aumento riflette una crescita sostenuta del reddito nelle economie emergenti, l'espansione del turismo e l'integrazione delle regioni in via di sviluppo nei mercati globali. In Europa, al contrario, la crescita dovrebbe essere più moderata. Si prevede che il traffico passeggeri aumenterà da 1,19 miliardi nel 2023 a 1,81 miliardi nel 2050, un incremento del +52%. Questa traiettoria più lenta riflette un mercato più maturo, reti di trasporto alternative più dense e vincoli più forti guidati dalle politiche (ad esempio ETS I). Tuttavia, anche l'espansione della domanda più modesta in Europa metterà alla prova la capacità delle strategie climatiche esistenti di mantenere le emissioni su una rotta netta zero entro il 2050.

Figura 18: Proiezione dell'evoluzione dei passeggeri del trasporto aereo entro il 2050 (in miliardi) a livello globale (a) e in Europa (b)



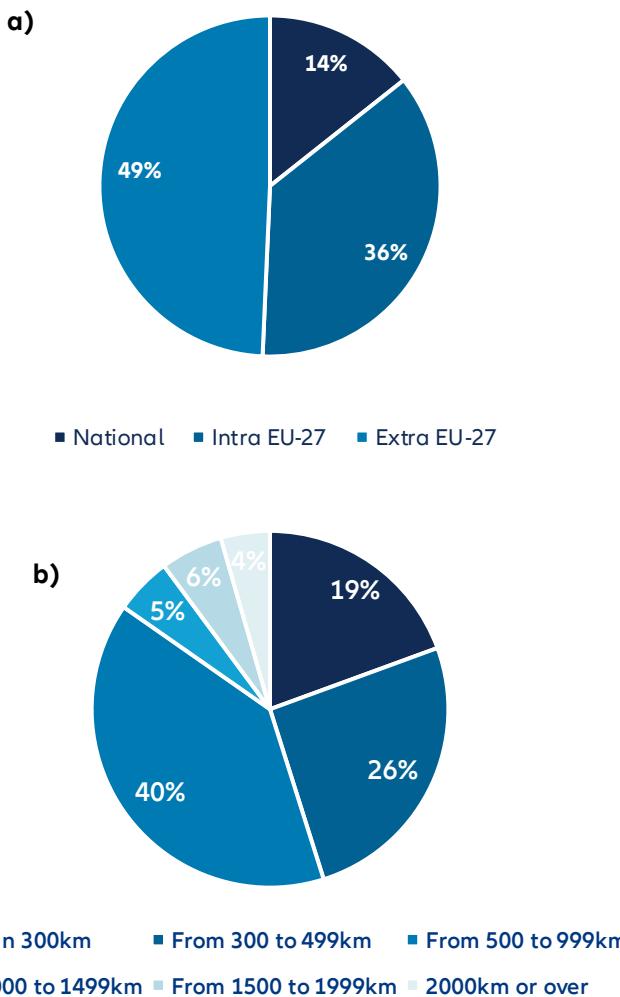
Fonte: ICAO, EuroControl, Allianz Research

I modelli di viaggio aereo all'interno dell'UE rivelano significative opportunità di mitigazione della domanda. Nel 2024, più della metà di tutti i passeggeri UE ha volato sia in patria che all'interno dell'UE-27, sottolineando che gran parte della domanda aeronautica europea è concentrata su distanze relativamente brevi dove esistono già alternative competitive a basse emissioni di carbonio. Reti ferroviarie ad alta velocità, treni notturni e servizi transfrontalieri migliorati possono svolgere un ruolo sostanziale nel ridurre la necessità di voli a corto raggio senza compromettere la connettività.

La distanza conferma questo alto potenziale di decarbonizzazione. I voli brevi sotto i 300 km rappresentano il 19% di tutti i viaggi aerei nazionali, cioè uno su cinque passeggeri. Estendendo la gittata a 500 km, questi voli rappresentano il 45% del totale, quasi la metà di tutti i viaggi nazionali. Queste sono proprio le distanze in cui il treno è generalmente più veloce considerando i tempi di viaggio porta a porta, le procedure di sicurezza e l'accesso all'aeroporto. Inoltre, l'espansione delle reti ferroviarie notturne può sostituire efficacemente i voli nell'intervallo di 500–1.000 km, che rappresentano ancora una quota significativa della domanda. Dare priorità a modalità alternative per queste distanze brevi e medie potrebbe quindi portare a rapidi riduzioni delle emissioni a costi sociali limitati. Tale cambiamento è facilitato dalle infrastrutture esistenti in Europa, dai centri abitati densi e dallo slancio politico. La Francia sta già limitando i voli ultra-brevi dove esistono collegamenti ferroviari inferiori a 2,5 ore¹¹.

¹¹ [Analisi del mercato passeggeri aerei](#)

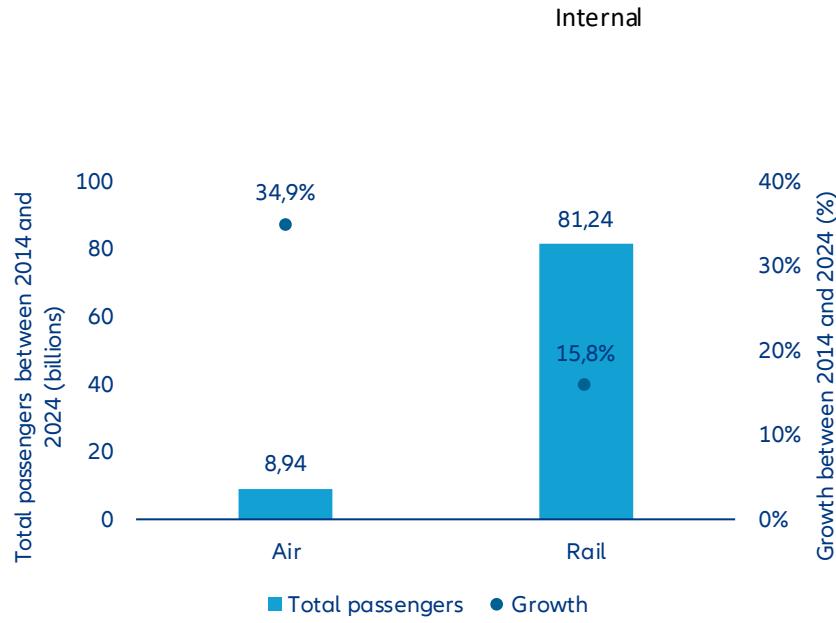
Figure 19a e 19b: Decomposizione dei viaggi aerei nell'UE (2024): a) da parte dei confinanti (confini nazionali), all'interno dei paesi UE (Intra) o fuori dai confini UE); b) per la distanza per i viaggi nazionali, inclusi quelli all'estero



Fonti: Eurostat, Allianz Research

L'evoluzione della domanda ferroviaria in Europa nell'ultimo decennio rafforza il potenziale di cambio modale come strategia chiave per ridurre le emissioni dell'aviazione. Tra il 2014 e il 2024, le ferrovie hanno trasportato 81,2 miliardi di passeggeri, rispetto agli 8,9 miliardi trasportati in aereo nello stesso periodo (10 volte meno). Sebbene il trasporto aereo abbia registrato una crescita molto più rapida (+34,9%), trai nata da compagnie a basso costo e dall'espansione del turismo, il trasporto ferroviario ha comunque registrato un robusto aumento del +15,8% del numero di passeggeri. Questa espansione riflette miglioramenti costanti nella qualità del servizio ferroviario, nei collegamenti transfrontalieri e nella rinascita dei treni notturni su diversi corridoi europei, ad esempio il treno notturno tra Berlino e Parigi.

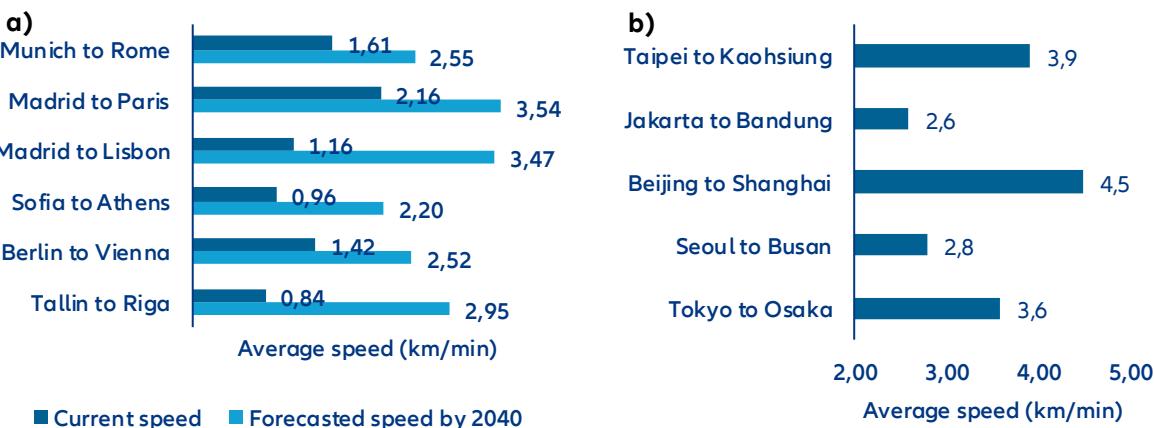
Figura 20: Evoluzione della domanda nel trasporto aereo e ferroviario in Europa (2014 – 2024)

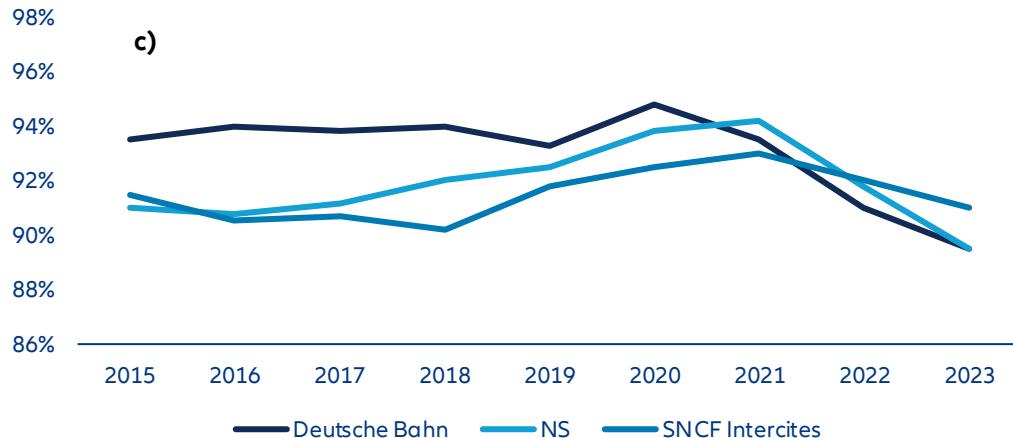


Fonti: Eurostat, Allianz Research 1L7AU4

Tuttavia, il sistema ferroviario europeo affronta diverse sfide strutturali che limitano la sua competitività con i viaggi aerei. Uno dei limiti più critici riguarda le prestazioni di velocità. Rispetto alle principali reti ad alta velocità asiatiche, i treni europei rimangono significativamente più lenti (Figure 21a e 21b). Ad esempio, il viaggio da Monaco a Roma copre 917 km in 570 minuti (9 ore e 30 minuti), con una velocità media di 1,6 km/min. Al confronto, la connessione ad alta velocità Pechino–Shanghai copre 1.213 km in soli 270 minuti (4 ore e 30 minuti), raggiungendo una media di 4,5 km/min, quasi tre volte più veloce. Questo persistente ritardo tecnologico nelle infrastrutture ferroviarie ad alta velocità riduce l'attrattiva del treno per viaggi intra-europei a media distanza, dove i passeggeri potrebbero ancora preferire volare nonostante la maggiore intensità di carbonio. Inoltre, la puntualità rimane una debolezza sistematica. Dalla pandemia di Covid-19, i ritardi sono aumentati tra i principali operatori ferroviari europei (Figura 21c): la puntualità (arrivo entro cinque minuti) è scesa a circa il 90%, rispetto a circa il 95% negli anni pre-pandemia. Questo declino mina ulteriormente la fiducia nell'affidabilità ferroviaria – un fattore essenziale per un passaggio modale verso un trasporto a basse emissioni di carbonio.

Figura 21: Sfide delle ferrovie europee: a) Velocità reale dei treni europei nel 2024 e 2040 (km al minuto), b) Velocità reale asiatica del treno nel 2024, c) Puntualità dei treni entro 5 minuti nei principali paesi UE (2015 – 2023)

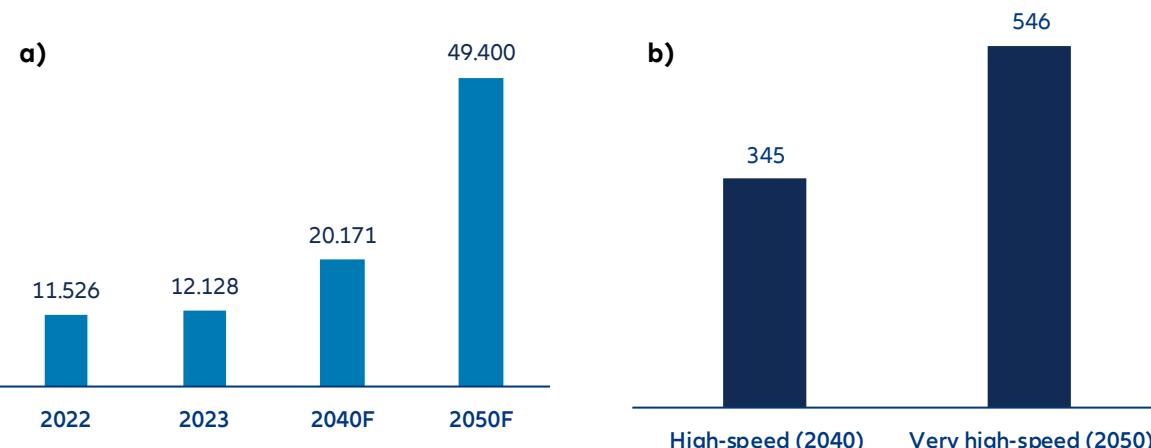




Sources: European Commission, Roland Berger, Allianz Research

La trasformazione necessaria per rendere la ferrovia un’alternativa competitiva all’aviazione dipende anche da ingenti investimenti nell’infrastruttura ferroviaria europea, in particolare nelle reti ad alta e altissima velocità. La Figura 22 illustra sia l’espansione pianificata della lunghezza delle tratte sia lo sforzo finanziario associato a questo cambiamento. Tra il 2022 e il 2050, la lunghezza totale delle ferrovie ad alta e altissima velocità è destinata a più che quadruplicare, passando dagli attuali circa 12.000 km a quasi 49.400 km entro il 2050. Si tratta di uno sforzo di scala senza precedenti, volto a colmare il divario tecnologico con i leader asiatici e consentire alla ferrovia di offrire collegamenti più rapidi per viaggi a lunga distanza e transfrontalieri. Raggiungere questa ambizione richiede investimenti significativi. Entro il 2040, il fabbisogno di investimenti per la sola alta velocità è stimato in 345 miliardi di euro, mentre entro il 2050 lo sviluppo della rete ad altissima velocità potrebbe richiedere fino a 546 miliardi di euro. Garantire un finanziamento stabile a lungo termine, con cooperazione transfrontaliera europea, sarà essenziale per realizzare questa infrastruttura nei tempi previsti e favorire il cambio modale necessario a sostenere la neutralità climatica del settore del trasporto aereo.

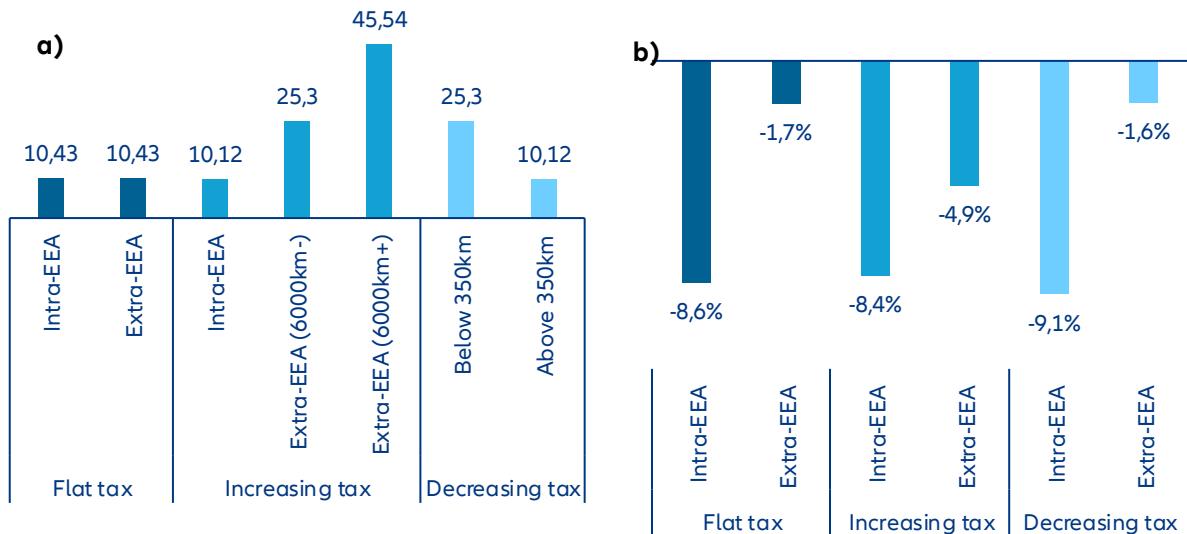
Figure 22a e 22b: Investimenti nella rete ferroviaria: a) Sviluppo ferroviario ad alta e molto alta velocità (2040 e 2050, in Km); b) Investimenti nelle ferrovie ad alta e molto alta velocità (2040 e 2050, in miliardi di euro)



Fonti: Commissione Europea, Allianz Research

Un'altra opzione politica per limitare la domanda di voli sostituibili, in particolare per viaggi brevi e medi, è l'introduzione della tassazione diretta sui biglietti aerei. Come illustrato nella Figura 23a, potrebbero essere implementati diversi progetti fiscali. Una tassa fissa applica un'imposta uniforme a tutti i biglietti, mentre una tassa progressiva aumenta con la distanza, riflettendo l'impronta di carbonio crescente dei voli più lunghi. Una tassa digressiva, al contrario, diminuisce con la distanza, riconoscendo il ruolo sociale ed economico più alto della connettività a lungo raggio in un mondo sempre più globalizzato. Ogni modalità di tassazione genera impatti diversi sui prezzi dei biglietti e sul comportamento dei passeggeri (Figura 23b). Nel complesso, si stima che tali misure ridurranno la domanda nelle rotte intra-SEE di circa il 9%, con impatti che variano dall'8% al 10% a seconda del modello fiscale. Questi effetti evidenziano il potenziale di strumenti fiscali mirati per allontanare i viaggiatori dall'aviazione quando esistono alternative praticabili. Tuttavia, per garantire equità e massimizzare il cambiamento comportamentale, le tasse sull'aviazione dovrebbero essere integrate da investimenti paralleli nella mobilità a basse emissioni di carbonio, in particolare nella ferrovia. Rendere i treni più accessibili, attraverso sussidi (ad esempio, utilizzando i ricavi delle tasse sui biglietti aerei per abbassare le tariffe ferroviarie) o meccanismi di integrazione dei prezzi in tutti i paesi europei, rafforzerebbe l'incentivo per i passeggeri a scegliere opzioni di trasporto ecologiche invece di limitarsi a subire tariffe aeree più alte.

Figure 23a e 23b: Tassa sui biglietti aerei: a) Diversi modelli di tassazione del trasporto aereo applicati nel 2025 (in EUR); b) Impatto della tassazione sulla riduzione della domanda di trasporto aereo entro il 2030 (in %)



Fonti: Ricardo International, Commissione Europea, Allianz Research

Queste valutazioni sono, come sempre, soggette alla clausola di esclusione di responsabilità fornita di seguito.

DICHIARAZIONI PREVISIONALI

Le dichiarazioni qui contenute possono includere potenziali aspettative, dichiarazioni di aspettative future e altre dichiarazioni previsionali basate sulle opinioni e assunzioni attuali della direzione e che

comportano rischi e incertezze noti e sconosciuti. I risultati effettivi, le prestazioni o gli eventi possono differire sostanzialmente da quelli espressi o impliciti in tali dichiarazioni previsionali.

Tali deviazioni possono verificarsi a causa di (i) cambiamenti delle condizioni economiche generali e della situazione competitiva, in particolare nel core business e nei mercati core del Gruppo Allianz, (ii) la performance dei mercati finanziari (in particolare volatilità di mercato, liquidità ed eventi di credito), (iii) la frequenza e la gravità degli eventi di perdita assicurata, inclusi quelli di catastrofi naturali, e lo sviluppo delle spese di perdita, (iv) livelli e tendenze di mortalità e morbilità, (v) livelli di persistenza, (vi) in particolare nel settore bancario, l'entità dei default creditizi, (vii) i livelli dei tassi d'interesse, (viii) i tassi di cambio valutari incluso il tasso di cambio EUR/USD, (ix) cambiamenti nelle leggi e regolamenti, incluse le normative fiscali, (x) l'impatto delle acquisizioni, comprese le relative questioni di integrazione, e le misure di riorganizzazione, e (xi) fattori generali di concorrenza, in ogni caso su base locale, regionale, nazionale e/o globale. Molti di questi fattori potrebbero essere più probabili, o più pronunciati, a causa delle attività terroristiche e delle loro conseguenze.

NESSUN DOVERE DI AGGIORNARE

La società non si assume alcun obbligo di aggiornare qualsiasi informazione o dichiarazione previsionale qui contenuta, salvo eventuali informazioni che la legge richieda di divulgare.

Allianz Trade è il marchio utilizzato per designare una gamma di servizi forniti da Euler Hermes.