

I
l'Ingegnere Italiano

390

Aeroporti



Sfrutta tutta la potenza dell'**Intelligenza Artificiale** in architettura, nell'interior design o nell'outdoor design con

usBIM.codesign AI



Inserisci uno schizzo, una foto, un disegno o un modello 3D realizzato con Revit®, SketchUp®, Rhino®, Edificius, AutoCAD® o Archicad® e imposti lo stile di riferimento.

Ottieni velocemente brillanti idee progettuali e rendering fotorealistici di alta qualità. Personalizzi materiali e finiture. Controlli in maniera avanzata l'illuminazione. Prepari virtual staging per presentazioni coinvolgenti.

Scopri usBIM.codesign AI, il tuo AI architecture designer che trasforma foto, schizzi e modelli 3D in idee progettuali e rendering fotorealistici

PROVALO GRATIS

L'Ingegnere Italiano è la rivista
dedicata alla ricerca, alla tecnologia
e ai progetti di ingegneria.
Un magazine che si propone
di raccontare l'eccellenza italiana
nel contesto internazionale,
coniugando il rigore scientifico
con i nuovi linguaggi e l'innovazione.

Direttore responsabile

Angelo Domenico Perrini

Direttore editoriale

Alberto Romagnoli

Curatore del numero

Sandro Catta

Ideazione grafica

Stefano Asili

Coordinamento editoriale

Antonio Felici

Consulenza editoriale, testi e progetto grafico

PPAN – Paola Pierotti e Andrea Nonni | ppan.it

Stampa

Boccia Industria Grafica | bocciaindustriagrafica.com

Pubblicità

Agicom srl – Castelnuovo P. (Roma) | agicom.it

Editore

Consiglio Nazionale degli Ingegneri:

Angelo Domenico Perrini, Remo Vaudano, Elio Masciovecchio,

Giuseppe Maria Margiotta, Irene Sassetti, Carla Cappiello, Sandro Catta,

Ippolita Chiarolini, Domenico Condelli, Edoardo Cosenza, Felice Antonio Monaco,

Tiziana Petrillo, Alberto Romagnoli, Deborah Savio, Luca Scappini

www.cni.it

Hanno collaborato a questo numero

Davide Bassano, Giulia Berardi, Davide Canuti, Raffaella Chiti, Mauro Coni, Donato D'Auria,

Claudio Eminente, Fabio Errico, Francesco Familiarì, Giulia Fuselli (PPAN), Cristina Giua (PPAN),

Giuseppe Carlo Marano, Alessandro Marradi, Giorgio Medici, Cosima Nastasia, Francesco Nucera,

Fabio Occulti, Costantino Pandolfi, Paola Pierotti (PPAN), Pasquale Proietti, Luigi Rucco (PPAN),

Alberto Servienti, Virginio Stramazzo

L'Ingegnere Italiano

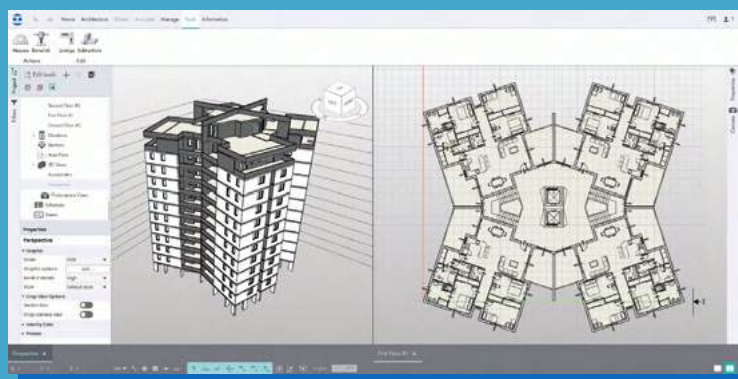
Blumatica BIM Modeler

Il futuro della progettazione è già qui!

Immagina un unico ambiente BIM,
accessibile ovunque via browser
e potente anche off-line.

**Non è un sogno:
è Blumatica BIM Modeler!**

Il primo software di progettazione
completamente cloud,
che ti proietta **10 anni** avanti
rispetto agli strumenti tradizionali.



**Tutto ciò che ti serve,
in un'unica piattaforma**

- ✓ Collaborazione nativa
- ✓ Compatibilità totale con standard aperti
- ✓ Editor parametrici e oggetti Revit integrati
- ✓ Viste 2D/3D dinamiche, abachi intelligenti e tavole personalizzabili
- ✓ Gestione avanzata di stratigrafie, fasi di progetto e modelli IFC



Blumatica Srl, Via Carlo Mattiello 1, 84098 Pontecagnano Faiano (SA)
Tel.: 089.848601 - Fax: 089.848741 - E-mail: info@blumatica.it

*Diventa protagonista
del cambiamento*



Scopri di più
blumatica.it/bimit



Il ruolo dell'ingegneria italiana

Il sistema aeroportuale italiano rappresenta **un'infrastruttura strategica di interesse nazionale**, essenziale per garantire la connettività del Paese. Essa favorisce, infatti, la competitività economica e la coesione territoriale. In virtù della posizione geografica dell'Italia, ponte naturale tra Europa, Mediterraneo e Medio Oriente, gli aeroporti assolvono una funzione di primaria rilevanza nelle reti globali di trasporto e scambio. Dal punto di vista economico, gli scali aeroportuali generano un impatto significativo sul **sistema produttivo nazionale**, sia in termini di occupazione diretta e indotta, **sia come piattaforme logistiche a supporto dell'export, del turismo e dei servizi**. I principali hub, quali Roma-Fiumicino e Milano-Malpensa, costituiscono punti di riferimento per i collegamenti intercontinentali, mentre gli aeroporti regionali garantiscono un presidio territoriale capillare, funzionale allo sviluppo equilibrato del Paese e alla mobilità delle persone e delle merci.

La funzione strategica degli aeroporti si estende inoltre agli ambiti della sicurezza nazionale, della protezione civile e della gestione delle emergenze, costituendo elementi essenziali per la resilienza infrastrutturale e la capacità di risposta del sistema Paese. Parallelamente, la transizione ecologica e digitale in corso impone un profondo rinnovamento delle infrastrutture aeroportuali. L'introduzione di tecnologie a basso impatto ambientale, lo sviluppo dei carburanti sostenibili per l'aviazione e la digitalizzazione dei processi operativi sono direttrici prioritarie **per realizzare un sistema aeroportuale moderno, efficiente e sostenibile**. Il potenziamento e l'innovazione del comparto aeroportuale, dunque, costituiscono una leva strategica per rafforzare la competitività dell'Italia nel contesto internazionale, promuovere la crescita sostenibile e consolidare il ruolo del Paese quale hub mediterraneo di mobilità, logistica e relazioni economiche.

In questa complessa e decisiva partita l'ingegneria italiana gioca un ruolo assolutamente determinante. L'ingegneria civile, impiantistica e dei trasporti italiana, infatti, rappresenta un asset fondamentale dell'intero comparto aeroportuale, dal momento che presidia tutte le fasi del ciclo di vita delle opere: dalla pianificazione e progettazione tecnico funzionale fino alla costruzione, manutenzione evolutiva e gestione avanzata delle infrastrutture di volo, dei terminal e degli impianti tecnologici. Gli ingegneri italiani, insieme alle strutture tecniche dei gestori aeroportuali, sono protagonisti dei principali programmi di ammodernamento e ampliamento degli scali, con interventi che integrano progettazione strutturale, pavimentazioni aeroportuali, sistemi airside e landside e ottimizzazione dei flussi passeggeri e merci.

L'ingegneria nazionale contribuisce anche alla definizione dei piani di investimento e alla programmazione delle opere, assicurando coerenza con le politiche europee di rete TEN T, con gli obiettivi di decarbonizzazione e con gli indirizzi del Green Deal. Di particolare rilievo anche il contributo dell'ingegneria italiana alla transizione digitale ed ecologica degli aeroporti, attraverso l'adozione di soluzioni di smart building, automazione, manutenzione predittiva e gestione integrata dei dati per il controllo delle prestazioni energetiche e operative. Progetti recenti di nuovi terminal e riqualificazione di scali ambientali nazionali, anche con certificazioni internazionali, testimoniano la capacità del settore di coniugare sostenibilità, innovazione tecnologica e competitività, rafforzando la posizione dell'Italia come riferimento nel panorama aeroportuale europeo e mediterraneo.

Per tutte queste ragioni trovo ampiamente giustificato il fatto che il nostro organo ufficiale, "L'Ingegnere Italiano", dedichi una delle sue monografie agli aeroporti. Il Consiglio Nazionale degli Ingegneri ritiene che un Paese civile possa ritenersi tale solo se riesce a dotarsi di strutture ed infrastrutture da mettere a disposizione dei propri cittadini. Il sistema aeroportuale è certamente una di queste.



IMPRESA "GREEN IMPRESIT" - RESTAURO DEL PONTE SUL VOLTURNO



IL CALCESTRUZZO COPERTO DA CERTIFICATO DI VALUTAZIONE TECNICA IN CLASSE 14D INCRUDENTE DESTINATO AD INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO A SPESSORE SOTTILE IN COMPLETA ASSENZA DI ARMATURE TRADIZIONALI, COME TUTTE LE NOSTRE PRODUZIONI COPERTE DA POLIZZA ASSICURATIVA GENERALI



TEKNA CHEM SPA

WWW.TEKNACHEMGROUP.COM

INFO@TEKNACHEMGROUP.COM





Aeroporti, laboratori avanzati di innovazione

La monografia che presentiamo in questo numero de “L’Ingegnere Italiano” offre una fotografia eloquente di come il sistema aeroportuale italiano stia vivendo una fase di profondo ripensamento tecnico, gestionale e infrastrutturale. In un contesto in cui il traffico aereo cresce con continuità e la domanda di mobilità si fa sempre più esigente, **gli aeroporti diventano laboratori avanzati di innovazione**, luoghi nei quali l’ingegneria italiana è chiamata a dimostrare di saper governare complessità crescenti e trasformazioni rapide.

È un impegno che richiede visione sistemica, capacità di integrare discipline differenti, conoscenza dei processi decisionali e padronanza delle nuove tecnologie. E, come emerge dalle pagine che seguono, i nostri ingegneri stanno interpretando questo ruolo con rigore, competenza e senso di responsabilità. Il rinnovamento digitale è certamente uno dei fronti più significativi. Le soluzioni illustrate dagli articoli dedicati all’Intelligenza Artificiale e alla digitalizzazione mostrano come la progettazione, la gestione del traffico e la manutenzione di infrastrutture e mezzi stiano evolvendo verso **modelli predittivi, basati su dati e su sistemi intelligenti**.

La collaborazione tra uomo e macchina non è più una possibilità futura, ma una condizione operativa già presente nei centri di controllo del traffico aereo, nei servizi ai passeggeri, nella manutenzione delle flotte e nelle attività di approvazione dei progetti da parte delle autorità tecniche. È un cambiamento culturale e professionale che segna una nuova fase dell’ingegneria dei trasporti: più rapida, più accurata, più consapevole.

Parallelamente, la transizione ecologica sta ridisegnando l’intero ciclo di vita delle infrastrutture aeroportuali. Nei contributi dedicati ai Masterplan di Venezia e agli ampliamenti degli aeroporti del Nord-Est, emerge chiaramente come la sostenibilità non sia una semplice cornice, ma un principio strutturale che guida scelte architettoniche, impiantistiche e gestionali. Geotermia, fotovoltaico, illuminazione intelligente, recupero delle acque, integrazione con la rete ferroviaria e soluzioni di mobilità condivisa sono tasselli di una strategia che unisce efficienza energetica, qualità dell’esperienza del passeggero e rispetto del territorio. Persino la pianificazione degli scenari di crescita del traffico viene ripensata in chiave sostenibile, attraverso analisi che integrano variabili economiche, ambientali e sociali.

Ma un aeroporto è anche un sistema operativo in cui **la sicurezza rappresenta un valore inderogabile**. L’articolo dedicato ai Piani di Emergenza aeroportuali evidenzia quanto la gestione delle crisi richieda una conoscenza profonda del contesto normativo, una capacità di coordinamento interistituzionale e un approccio multidisciplinare.

La sostenibilità, inoltre, non riguarda soltanto la fase operativa degli aeroporti, ma anche quella finale dei velivoli. Le analisi sulle pratiche di smantellamento e riciclo degli aeromobili mostrano come **la filiera dell’End-of-Life** stia diventando un settore strategico, capace di coniugare sicurezza, economia circolare e innovazione tecnologica. La gestione delle parti recuperabili, l’individuazione di nuove destinazioni d’uso dei materiali, la necessità di regolamentazioni più chiare e strutturate rivelano un comparto in rapida evoluzione, nel quale l’ingegneria italiana potrà giocare un ruolo di primo piano.

Chiude il quadro il tema delle pavimentazioni aeroportuali, spesso percepito come tecnico e specialistico, ma in realtà centrale per garantire sicurezza, continuità operativa e riduzione degli impatti ambientali. Le soluzioni illustrate mostrano come l’integrazione tra materiali innovativi, modelli previsionali e gestione programmata possa migliorare le prestazioni delle infrastrutture e ridurre il costo complessivo lungo tutto il ciclo di vita.

Quanto emerge da questa monografia è dunque un’immagine chiara: **l’ingegneria aeroportuale è un terreno in cui tecnica, innovazione, sostenibilità e sicurezza si intrecciano in modo indissolubile**. Ed è un ambito nel quale gli ingegneri italiani stanno dimostrando, ancora una volta, di possedere la capacità di affrontare sfide complesse e di guidare l’evoluzione di un settore strategico per il Paese.

Alberto Romagnoli

Consigliere CNI delegato alla comunicazione

CRM System - Mapenet EMR

L'UNICO SISTEMA CRM CERTIFICATO CVT E EPD,
A EMISSIONI RESIDUE DI CO₂ INTERAMENTE COMPENSATE



CRM System - Mapenet EMR di Mapei è l'unico sistema di rinforzo con **intonaco armato**, progettato con formule ottimizzate per ridurre l'impatto sull'ambiente, che comprende:

- ✓ le reti preformate **Mapenet EMR** con maglie e dimensioni variabili (33/66/99)
- ✓ i connettori di varia lunghezza e gli angolari preformati
- ✓ le malte **MapeWall INTONACA & RINFORZA** e **Mape-Antique NHL ECO STRUTTURALE**

Tutti i prodotti sono **certificati EPD** e a **emissioni di CO₂ interamente compensate**.

CVT



Le emissioni di CO₂ misurate lungo il ciclo di vita dei prodotti della **linea ZERO** per l'anno 2025 tramite la metodologia LCA, verificate e certificate con le EPD, sono compensate con l'acquisto di crediti di carbonio certificati per supportare progetti di protezione delle foreste. Un impegno per il pianeta, le persone e la biodiversità.



SCOPRI IL SOFTWARE DI CALCOLO
PER I PROGETTI
DI RINFORZO STRUTTURALE

structuraldesign.mapei.com



I Le nuove frontiere dell'ingegneria aeroportuale

La crescita dei volumi di traffico aereo nel periodo post-pandemico sta spingendo il sistema aeroportuale ad evolversi rapidamente. Gli aeroporti devono farsi trovare pronti ad accompagnare questa crescente domanda di mobilità aerea garantendo sicurezza, efficienza e qualità in un mondo sempre più interconnesso, digitale, intermodale e sostenibile. In questo scenario di trasformazione, l'ingegneria aeroportuale contemporanea si colloca al centro di una convergenza di sfide e innovazioni: la **transizione ecologica** e la **sostenibilità infrastrutturale**, l'**adozione di intelligenza artificiale** e **automazione nelle operazioni e nella progettazione**, la resilienza ai cambiamenti climatici, l'integrazione con la mobilità urbana avanzata (droni ed Advanced Air Mobility), e le nuove frontiere della progettazione digitale (BIM, digital twin, modellazione parametrica). Ciò che emerge è il ruolo strategico e trasformativo dell'ingegnere nel plasmare gli aeroporti del futuro, attraverso un approccio multidisciplinare e visioni innovative che riconciliano il trasporto aereo con le esigenze dell'ambiente e della società.

Negli ultimi anni la **sostenibilità è divenuta una dimensione imprescindibile** nell'ambito delle infrastrutture aeroportuali, guidando tanto la progettazione di nuovi impianti quanto la gestione e manutenzione di quelli esistenti. La sfida odierna consiste nel coniugare alte prestazioni tecniche con responsabilità ambientale, economica e sociale, assicurando che le infrastrutture aeroportuali siano al contempo efficienti, durevoli e a ridotto impatto.

Un pilastro fondamentale della transizione ecologica è la riduzione dell'impatto ambientale delle infrastrutture. Ciò passa attraverso scelte progettuali e gestionali orientate al ciclo di vita e all'economia circolare. Ad esempio, nella progettazione delle pavimentazioni aeroportuali – elemento critico sottoposto a sollecitazioni estreme da parte di aeromobili sempre più pesanti e condizioni climatiche in evoluzione – si stanno adottando criteri di sostenibilità che privilegiano materiali innovativi e riciclati, riduzione delle emissioni e tecniche costruttive a basso impatto. **L'adesione ai CAM** incoraggia l'impiego di materiali riciclati, il controllo delle emissioni e l'uso di tecnologie costruttive innovative in linea con gli standard nazionali e internazionali. Questo approccio si articola su tre dimensioni: ambientale (riduzione delle emissioni climalteranti, LCA – Life Cycle Assessment delle soluzioni progettuali), economica (ottimizzazione dei costi sul ciclo di vita con LCCA – Life Cycle Cost Analysis e manutenzione programmata) e sociale (sicurezza di lavoratori e utenti, continuità operativa delle infrastrutture). In sintesi, sostenibilità significa oggi assicurare infrastrutture resilienti ed efficienti, capaci di durare nel tempo massimizzando il valore degli investimenti pubblici e privati.

Oltre ai materiali, **l'efficienza energetica e la gestione sostenibile delle risorse** sono obiettivi chiave: il tutto orientato allo sviluppo di "aeroporti green", con edifici smart alimentati da energie rinnovabili, sistemi impiantistici modulari e intelligenti, riuso delle acque e gestione ottimizzata dei rifiuti, insieme all'adozione di sistemi digitali per il processamento dei passeggeri (che riducono consumi e sprechi legati alle operazioni). Tali misure, integrate da sistemi avanzati di gestione dell'energia, consentono agli scali più virtuosi di ottenere certificazioni internazionali come l'Airport Carbon Accreditation di ACI Europe, che attesta l'impegno verso emissioni zero.

La sostenibilità nel settore aeroportuale si estende anche oltre le infrastrutture fisiche, abbracciando l'intero ciclo di vita del sistema aviazione. Un aspetto spesso trascurato ma sempre più rilevante è la **gestione del fine vita degli aeromobili**. Mentre l'attenzione ambientale si concentra di solito sulle fasi operative del volo (emissioni di CO₂, rumore, consumo di carburante), la fase finale – lo smantellamento di un aereo giunto a fine servizio – pone sfide e opportunità ingegneristiche significative. Ciò sta dando vita a un settore in rapida espansione dedicato alla demolizione e riciclo degli aeromobili, con l'obiettivo non solo di ottimizzare i processi di smontaggio, ma anche di sviluppare tecniche innovative per il recupero dei materiali.

In particolare, la sfida tecnologica riguarda il riciclo di nuovi materiali. In altre parole, l'ingegnere aeronautico oggi non progetta solo pensando alla costruzione e all'esercizio, ma anche **al disassemblaggio futuro e al recupero di componenti e materiali in un'ottica di economia circolare**.

Parallelamente alla riduzione dell'impatto ambientale, un tema cruciale – reso drammaticamente attuale dagli eventi degli ultimi anni – è la resilienza delle infrastrutture aeroportuali ai cambiamenti climatici. Gli aeroporti, per loro natura, sono sistemi fortemente interconnessi con le condizioni meteo e climatiche. L'aumento in frequenza e intensità degli eventi meteorologici estremi causato dal climate change sta già producendo impatti tangibili sulle operazioni aeroportuali, ponendo a rischio la continuità e la sicurezza del servizio. Basti pensare agli effetti di precipitazioni eccezionali o ondate di calore sugli scali. Allo stesso tempo, l'innalzamento delle temperature medie e le sempre più marcate escursioni termiche stanno accelerando il degrado delle pavimentazioni. Questi esempi evidenziano quanto sia concreto il rischio climatico per gli aeroporti, e quanto urgente sia passare da una logica reattiva a una pianificazione adattiva.

In risposta a tali sfide, gli aeroporti all'avanguardia stanno sviluppando **Piani di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PACC)** mirati a rafforzare la resilienza infrastrutturale e operativa. La stesura di questi piani segue metodologie strutturate e best practice internazionali (come le linee guida dell'European Aviation Climate Change Adaptation Working Group di Eurocontrol/ACI Europe) e si basa su analisi scientifiche approfondite. Il risultato di questo processo analitico è l'individuazione di azioni specifiche di adattamento che vengono quindi integrate nei masterplan aeroportuali e nei piani di investimento.

Va sottolineato che anche a livello di regolatore nazionale il tema è considerato prioritario: la visione ENAC per **la sostenibilità ambientale include esplicitamente la resilienza delle infrastrutture** rispetto alla loro vita media e agli eventi meteo avversi sempre più probabili, richiedendo agli aeroporti di adeguare i propri impianti per far fronte a queste nuove condizioni (oltre a predisporre l'accoglimento di carburanti alternativi come elettrico o idrogeno, man mano che diverranno disponibili).

Accanto alla sostenibilità, il **fattore digitale** è l'altro grande motore di trasformazione dell'ingegneria aeroportuale contemporanea. Tecnologie come l'intelligenza artificiale (IA), il machine learning, la robotica, il digital twin e la biometria stanno ridisegnando il settore dei trasporti, e il comparto aereo in particolare, in direzione di una maggiore efficienza, sicurezza, personalizzazione dei servizi e sostenibilità. L'industria aeronautica si trova a un punto di svolta: la crescita della domanda impone di passare da modelli gestionali reattivi a modelli proattivi e predittivi, possibili solo grazie all'elaborazione di enormi quantità di dati in tempo reale e al supporto di sistemi intelligenti. In questo contesto, l'IA e i sistemi automatizzati vengono adottati sia nelle operazioni aeroportuali quotidiane sia nei processi di pianificazione e progettazione infrastrutturale, rivoluzionando prassi consolidate.

Dal lato delle operazioni aeroportuali, possiamo immaginare l'aeroporto del futuro come una vera “città intelligente”, in cui infrastrutture e servizi sono interconnessi e governati da piattaforme digitali avanzate. Questo modello di innovazione aperta posiziona l'aeroporto come laboratorio vivente, in cui ingegneri e tecnologi collaborano per integrare rapidamente nuovi sistemi: sensori IoT che monitorano lo stato delle infrastrutture, algoritmi che ottimizzano i flussi di passeggeri e bagagli, veicoli autonomi per la movimentazione in airside, e così via.

Un esempio tangibile di come la digitalizzazione stia migliorando l'esperienza e l'efficienza è dato **dall'adozione di sistemi biometrici e di computer vision**. Sul versante airside, sofisticati sistemi di visione artificiale monitorano in tempo reale i piazzali aeroportuali: telecamere intelligenti riconoscono i mezzi operativi sul piazzale (follow-me, rifornitori, nastri bagagli, ecc.) e tracciano ogni singolo bagaglio dal check-in fino all'aeromobile. Ciò consente di ottimizzare le operazioni di handling, riducendo smarrimenti di bagagli e incrementando la sicurezza. Allo stesso modo, la robotica mobile e i droni stanno trovando impiego per ispezioni automatizzate delle piste e delle recinzioni perimetrali, soprattutto in orari notturni, aumentando la frequenza dei controlli senza impatto operativo. Tutte queste applicazioni generano una mole di dati che, analizzati con algoritmi di intelligenza artificiale, alimentano modelli predittivi.

L'IA sta apportando benefici notevoli anche alla gestione del traffico aereo, un ambito da sempre caratterizzato da standard di sicurezza rigorosissimi e complessità operative crescenti. In Italia, ENAV (società nazionale per l'assistenza al volo) ha sviluppato sistemi che impiegano algoritmi di intelligenza artificiale per acquisire e processare in tempo reale dati meteorologici, fornendo ai controllori informazioni dettagliate sulla copertura nuvolosa e sulle condizioni del cielo. Ciò aiuta a ottimizzare le rotte di avvicinamento e decollo in base al meteo effettivo, aumentando sicurezza ed efficienza.

Un altro orizzonte di sviluppo dell'ingegneria aeroportuale contemporanea riguarda l'interazione sempre più stretta tra l'aeroporto e il contesto della mobilità urbana e territoriale, anche grazie all'avvento di nuovi mezzi aerei come i droni e i velivoli a decollo verticale (eVTOL). Gli aeroporti non sono più concepiti come entità isolate, ma come **nodi di un sistema di trasporto integrato**, in cui la componente aerea si combina con quella terrestre per offrire servizi di mobilità completi e door-to-door. Ciò significa coordinare a livello nazionale e locale gli investimenti e le normative per permettere ai droni e agli aerotaxi elettrici di operare in sicurezza, in sinergia con il traffico aereo convenzionale e nel rispetto dei bisogni delle città.

La **Mobilità Aerea Avanzata** prefigura scenari fino a poco tempo fa relegati alla fantascienza: taxi volanti per il trasporto veloce di passeggeri sopra le metropoli, droni cargo per consegne urgenti e approvvigionamenti, servizi di emergenza aerea per il soccorso sanitario o la protezione civile, tutti operanti a bassa quota su tratte urbane o regioni. L'Italia è in prima linea in queste sperimentazioni: aziende specializzate stanno già progettando e realizzando vertiporti, ovvero mini-terminal per velivoli a decollo verticale, nelle vicinanze delle città e degli aeroporti, in previsione di un futuro in cui dal tetto di un palazzo in centro a Roma o Milano si potrà “decollare” a bordo di un drone-taxi e atterrare in pochi minuti direttamente in aeroporto per proseguire il viaggio su un volo di linea. Questo nuovo livello della mobilità pone sfide significative agli ingegneri: occorre adattare l'infrastruttura esistente (ad esempio prevedendo aree dedicate ai droni nei pressi degli scali, spazi a terra e corridoi aerei sicuri), sviluppare **sistemi di Unmanned Traffic Management (UTM)** integrati con il controllo traffico aereo tradizionale, assicurare che le comunicazioni e i sistemi di navigazione siano affidabili in ambiente urbano, e gestire l'impatto acustico e visivo di questi nuovi mezzi sulla popolazione.

Per l'ingegnere aeroportuale, dunque, si apre un campo d'azione del tutto nuovo: la progettazione di interfacce tra aeroporto e città, fisiche (come appunto i vertiporti o le connessioni last-mile automatizzate) e digitali (piattaforme di scambio dati tra sistemi aeroportuali e urbani, applicazioni per l'utente che integrano volo e terra). L'automazione gioca un ruolo chiave anche in questo contesto, poiché molte operazioni AAM saranno condotte in modo autonomo o semi-autonomo: la sfida sarà garantire un alto grado di affidabilità e sicurezza in reti di trasporto miste uomo/macchina, mantenendo al centro le esigenze dell'utente e della collettività.

Mentre le operazioni aeroportuali diventano intelligenti e interconnesse, anche il modo di progettare e costruire le infrastrutture sta vivendo una rivoluzione silenziosa ma profonda. Negli ultimi decenni abbiamo assistito al passaggio dal tecnigrafo al CAD, quindi all'introduzione del BIM (Building Information Modeling) come nuovo standard per gestire la complessità dei progetti attraverso modelli informativi tridimensionali. Oggi si compie un ulteriore salto di qualità con l'avvento della progettazione parametrica e degli strumenti di intelligenza artificiale applicati all'ingegneria, che aprono prospettive inedite in termini di ottimizzazione e creatività. A differenza del CAD (che digitalizzava il disegno tecnico) e del BIM (che integra dati e geometrie in un unico modello), l'IA introduce un elemento di automazione intelligente e capacità predittiva nelle fasi di concezione, analisi e verifica progettuale. In pratica, significa utilizzare algoritmi capaci di esplorare migliaia di soluzioni progettuali in base a vincoli e obiettivi dati, suggerendo alternative che l'occhio umano faticerebbe a individuare, oppure di apprendere da dati storici le strategie migliori per risolvere un problema di ingegneria.

È importante sottolineare che l'introduzione di IA e strumenti parametrici in progettazione non sostituisce il progettista, ma ne potenzia il ruolo e le capacità creative. L'ingegnere, liberato da parte degli oneri di calcolo ripetitivi grazie alla computazione avanzata, **può concentrarsi sulle scelte strategiche e di valore aggiunto, guidando l'IA attraverso la propria competenza ed esperienza.**

La resistenza culturale che ha finora rallentato l'adozione massiccia di queste tecnologie nel mondo delle costruzioni sta gradualmente cedendo il passo di fronte ai successi ottenuti: l'uso di modelli generativi, ottimizzazioni algoritmiche e simulazioni avanzate consente di esplorare soluzioni progettuali più performanti, spesso riducendo tempi e costi. Ad esempio, algoritmi genetici o di machine learning possono aiutare a ottimizzare la forma di una copertura di terminal affinché massimizzi la luce naturale minimizzando al contempo il fabbisogno di climatizzazione, oppure a progettare la rete di sensoristica di un aeroporto (Internet of Things) in modo ottimale per il monitoraggio strutturale e ambientale. Inoltre, mediante **piattaforme di Digital Twin**, l'aeroporto viene “replicato” in un ambiente virtuale dove è possibile simulare scenari operativi e di manutenzione: il digital twin di un terminal o di una pista consente di testare virtualmente modifiche (come un nuovo layout dei gate o un diverso piano di evacuazione) osservandone gli effetti senza interferire con la realtà, oppure di prevedere l'evoluzione dello stato di salute delle infrastrutture applicando modelli di degrado ai dati in tempo reale raccolti dai sensori. Diverse realtà nazionali e internazionali hanno già investito in digital twin aeroportuali per migliorare la situational awareness e il decision support, integrando i modelli BIM con sistemi di gestione asset, dati operativi e analytics avanzati.

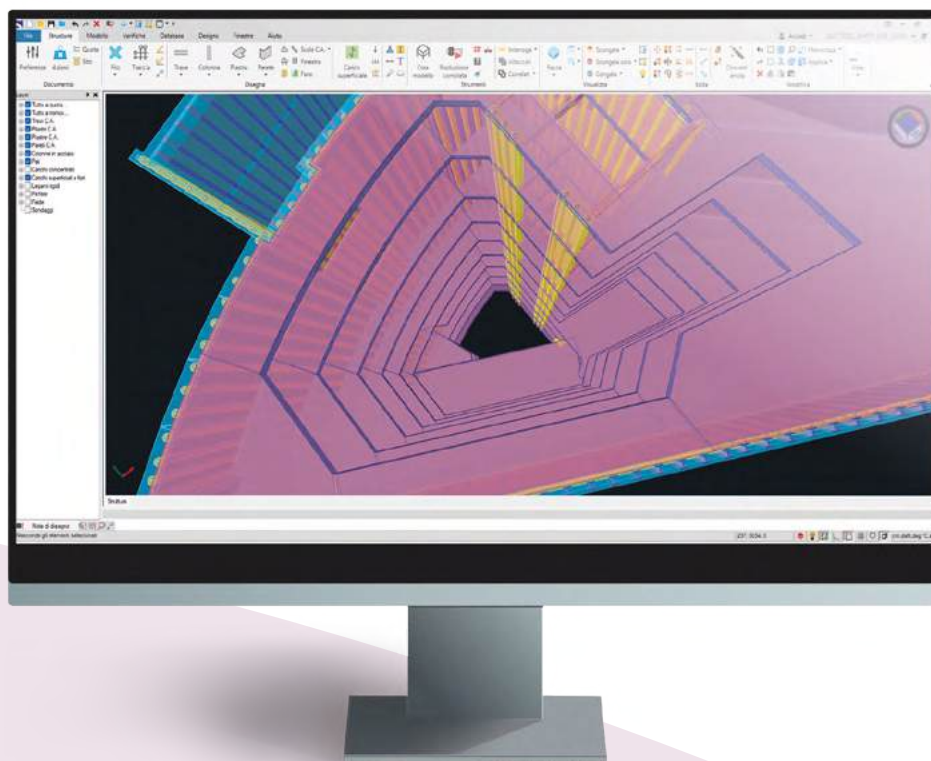
Laddove un tempo il progetto terminava con la consegna dell'opera, oggi i modelli BIM arricchiti nel corso della costruzione confluiscono nel Facility Management digitale: ogni elemento dell'aeroporto (dalle piste agli impianti tecnici, dai sistemi antincendio ai banchi check-in) può essere tracciato nel modello, con legame ai piani di manutenzione, ai manuali d'uso, alle ispezioni effettuate. In questo modo, il gestore dispone di una "memoria digitale" sempre aggiornata, che insieme agli algoritmi predittivi citati in precedenza consente una manutenzione più efficace e una risposta tempestiva ai problemi. La progettazione digitale integrata, in definitiva, crea le premesse per aeroporti più sicuri, sostenibili e resilienti, dove ogni modifica progettuale o operativa può essere valutata e ottimizzata virtualmente prima di essere attuata sul campo.

Dall'analisi di queste direttrici di sviluppo – ecologica, digitale, resiliente, intermodale – emerge chiaramente come **la figura dell'ingegnere aeroportuale sia chiamata a un compito strategico e poliedrico**. Se un tempo le competenze richieste erano prevalentemente di ingegneria civile tradizionale (progettazione di piste, strutture, impianti) e di gestione operativa, oggi il professionista deve possedere un bagaglio molto più ampio e aggiornato: conoscenza approfondita di normative di safety e security internazionali e nazionali, padronanza degli strumenti di pianificazione strategica, ma anche padronanza dei temi di sostenibilità ambientale e delle tecnologie digitali d'avanguardia. L'ingegnere deve saper integrare soluzioni per ridurre l'impatto ambientale e, al contempo, sfruttare l'IA, i sistemi di monitoraggio predittivo e la gestione dei dati in tempo reale per rendere gli aeroporti più intelligenti e al passo con i tempi. Si tratta di una sfida culturale oltre che tecnica: lavorare in team multidisciplinari, dialogare con esperti IT, ambientali, di trasporti, confrontarsi con stakeholder istituzionali e con le comunità locali. Competenze trasversali come il problem solving rapido (per affrontare emergenze o imprevisti), la flessibilità al cambiamento e la capacità comunicativa diventano anch'esse parti integranti del profilo professionale, poiché **l'aeroporto è un microcosmo complesso in cui convergono molteplici attori** (vettori, enti di controllo, forze dell'ordine, società di handling, concessionari commerciali, ecc.) e solo attraverso la collaborazione si possono raggiungere gli ambiziosi obiettivi di trasformazione che la nostra epoca richiede.

L'ingegneria aeroportuale contemporanea si trova al centro di una narrazione di cambiamento epocale. Da un lato, la pressione a ridurre l'impatto climatico del trasporto aereo e a renderlo sostenibile spinge verso innovazioni nei materiali, nei processi e nelle politiche di gestione; dall'altro, la rivoluzione digitale offre strumenti potentissimi per ripensare sia le operazioni sia la progettazione infrastrutturale. Le infrastrutture aeroportuali del futuro saranno ecologiche, digitali e resilienti: aeroporti a emissioni zero alimentati da energie rinnovabili, connessi con la città e il territorio in reti di mobilità multimodale, governati da intelligenze artificiali che ne ottimizzano ogni aspetto, e progettati con metodologie data-driven che anticipano i problemi e valorizzano ogni risorsa. In tutto ciò, il ruolo dell'ingegnere rimane centrale e anzi acquista ulteriore peso strategico: è il regista silenzioso ma fondamentale di questa trasformazione, colui che traduce le visioni in realtà tecniche funzionanti, sicure e allineate agli obiettivi globali di sostenibilità. Come "curatori scientifici" dell'evoluzione aeroportuale, gli ingegneri sono chiamati a guidare il cambiamento con competenza, creatività e responsabilità, affinché gli aeroporti – porte sul mondo e motori di sviluppo economico – diventino anche simboli tangibili di progresso sostenibile e innovazione al servizio della collettività.

Sandro Catta

Curatore di questo numero e consigliere CNI



Guarda i tuoi progetti da una nuova prospettiva

Sismicad si evolve con un pacchetto innovativo importante ed un cambio di major release: **arriva Sismicad 13**. Nuova interfaccia 3D, sistema di gestione delle geometrie, accesso ai comandi e alle licenze. Si aggiungono anche miglioramenti su pareti, rinforzi agli edifici esistenti, BIM e molto altro ancora sta per arrivare.

Non riusciamo a scrivere tutto qui: provalo!

 **Sismicad 13**

PAG 3 EDITORIALI

Il ruolo dell'ingegneria italiana

di Angelo Domenico Perrini

Aeroporti, laboratori avanzati di innovazione

di Alberto Romagnoli

Le nuove frontiere dell'ingegneria aeroportuale

di Sandro Catta

PAG 14 Sezione scientifica

Berardi, Eminente, Pandolfi

Eminente, Errico, Proietti

Nucera

Bassano

Coni

Marradi

Medici, Canuti, Occulti

Servienti, Stramazzo

Marano

Chiti

Nastasia

Familarì

D'Auria, Nastasia

PAG 104 **Focusing**
A CURA DI PPAN

390 SOMMARIO

Sezione scientifica

L'efficienza che riduce costi e consumi dei sistemi HVAC

Dagli edifici commerciali alle grandi infrastrutture come gli aeroporti, le soluzioni **Lowara** garantiscono **prestazioni elevate, riduzione dei costi energetici e sostenibilità a lungo termine** — anche negli impianti più complessi.

- Ecocirc: circolatori ad alta efficienza, semplici e affidabili
- Pompe centrifughe in ghisa o acciaio inox
- hydrovar X: il sistema di controllo pompe a velocità variabile che si adatta in tempo reale alle condizioni operative



Scopri come ottimizzare i tuoi
impianti su
xylem.com/it-it/brands/lowara



L'aviazione civile, la chiave per il futuro del sistema Paese

GIULIA BERARDI

Ingegnere civile, Ente nazionale aviazione civile (Enac)

CLAUDIO EMINENTE

Direttore centrale programmazione economica e sviluppo infrastrutture, Ente nazionale aviazione civile (Enac)

COSTANTINO PANDOLFI

Dirigente, Ente nazionale aviazione civile (Enac)

È indiscusso come l'aviazione civile rappresenti da anni un **comparto strategico per l'economia del Paese**. È noto, infatti, che gli investimenti per le infrastrutture abbiano un significativo "effetto moltiplicatore": ogni unità di moneta spesa in infrastrutture genera un ritorno economico superiore in termini di aumento del prodotto interno lordo e dell'occupazione.

Il periodo post pandemico ha rappresentato per il settore del trasporto aereo una vera e propria opportunità di rilancio e miglioramento per l'intero comparto, confermata dai dati recenti dei volumi di traffico nazionali raggiunti, ben oltre la crescita media europea.

A livello nazionale, complessivamente, nel 2024 gli aeroporti hanno processato circa **219 milioni di passeggeri, 1,7 milioni di movimenti e 1,2 milioni di tonnellate di cargo**. I dati registrati fino a luglio 2025 mostrano un incremento medio rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente del +5% di passeggeri, +4% di movimenti e +1% di traffico cargo.

Il sistema aeroportuale si sta pertanto evolvendo per farsi trovare pronto ed accompagnare questa crescente voglia di volare, garantendo sicurezza, efficienza, qualità e tutela di tutti i passeggeri in un mondo sempre più interconnesso, digitale, intermodale e sostenibile.

Stato dell'arte degli aeroporti italiani

Lo stato dell'arte del network aeroportuale nazionale consta di **38 aeroporti di interesse nazionale suddivisi in 10 bacini di traffico omogeneo** ai sensi del D.P.R. 17 settembre 2015, n. 201, supportati dagli aeroporti minori ed una rete di aviosuperfici ed elisuperfici. La necessità di amministrare e gestire le infrastrutture degli aeroporti italiani secondo standard e livelli di servizio internazionali ha indotto il Legislatore italiano a condizionare l'affidamento della gestione totale degli scali alla stipula di una convenzione tra ENAC (Ente Nazionale Aviazione Civile) e gestore aeroportuale.

Tramite una delineata catena di controllo dalla pianificazione all'esercizio degli interventi aeroportuali l'ENAC, per il tramite delle sue strutture e dei suoi professionisti, effettua controllo e vigilanza continua delle infrastrutture, assicurando al contempo la sostenibilità del **rapporto aeroporto-territorio**, ed un monitoraggio tra i costi sostenuti per la realizzazione delle opere ed un loro riconoscimento nell'ambito della dinamica tariffaria. Allo stato attuale il traffico non risulta distribuito proporzionalmente alla capacità infrastrutturale degli scali, tanto che risultano nello stesso bacino scali congestionati ed altri depotenziati rispetto alle proprie capacità. Al fine di razionalizzare il network aeroportuale

esistente l'ENAC nell'ultimo periodo ha redatto una bozza di **nuovo Piano Nazionale degli Aeroporti** quale documento di indirizzo politico e tecnico di riferimento della pianificazione strategica del settore con orizzonte temporale al 2035, attualmente in fase di definizione da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. La vision del nuovo Piano supera il concetto di aeroporti autonomi e dei bacini di traffico individuando 13 “sistemi aeroportuali integrati”, che raggruppano i servizi offerti da ciascuno scalo all'interno di una logica gestionale sinergica e da una “rete di supporto” costituita dagli aeroporti demaniali statali territoriali, perseguendo una politica policentrica e valorizzando gli aeroporti con capacità residua sulla base di opportune analisi della con-accessibilità e dei bisogni territoriali. Il Piano individua tra l'altro una serie di trigger, su cui basare lo **sviluppo del sistema aeroportuale nazionale ed i relativi atti di pianificazione e programmazione.**

Panoramica delle strategie

La mission attuale dell'ENAC, l'Ente Nazionale Aviazione Civile, è ridisegnare il perimetro d'interesse dell'aviazione civile in un percorso di riconciliazione del trasporto aereo con la tutela dell'ambiente, per il tramite di una razionalizzazione del network aeroportuale esistente, con la grande sfida di trasformare il semplice “trasporto aereo” in “comparto aerospaziale”. In linea con i trigger del Piano Nazionale degli Aeroporti sopracitato, il target mondiale di decarbonizzazione del settore del trasporto aereo entro il 2050 e al fine di superare il paradigma ideologico che il settore del trasporto aereo sia altamente inquinante, tanto da non averlo fatto rientrare tra i beneficiari dei **fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)**, ha spinto l'ENAC a portare avanti politiche, iniziative, progetti pilota e accordi di collaborazione istituzionale che permettano di traghettare una riconciliazione del trasporto aereo con l'ambiente. Inoltre l'Ente, nei suoi poteri regolamentari, sta sviluppando fonti di riferimento che sia guida per sviluppare infrastrutture aeroportuali sostenibili e resilienti, con una visione della sostenibilità in tutti i suoi aspetti ambientali, sociali, economici, di governance e digitalizzazione. Tale nuova policy, che coinvolgerà tutti gli attori coinvolti nel settore, porta a concepire una diversa forma di sviluppo per le infrastrutture aeroportuali finalizzato all'incremento della capacità della rete nazionale. Infatti l'analisi della capacità aeroportuale avrà una nuova visione ispirata

ai canoni di innovazione tecnologica, di razionalizzazione ed efficientamento delle infrastrutture esistenti e dello spazio aereo, al superamento di determinate politiche ormai datate, alla valorizzazione del passeggero e delle sue necessità, allo sviluppo di una nuova e integrata intermodalità. In termini di sostenibilità ambientale il **nuovo approccio è basato sul criterio della resilienza delle infrastrutture legata alla loro vita media e alla loro capacità di reagire in modo efficace ad eventi meteorologici estremi**, la cui probabilità di accadimento è in continuo aumento. Al riguardo inoltre gli aeroporti dovranno adeguare le infrastrutture per consentire agli operatori aerei l'utilizzo dei carburanti alternativi o delle ulteriori tipologie di alimentazione sostenibile che dovessero rendersi disponibili (elettrico, idrogeno, ecc.).

In termini di intermodalità si porrà particolare attenzione agli interventi aventi la finalità di garantire ai cittadini la migliore risposta concreta alla domanda di mobilità sull'intero territorio nazionale, auspicando l'integrazione intermodale anche per il mezzo delle nuove forme di Advanced Air Mobility, e nel rispetto del principio di sussidiarietà, un coordinamento tra le autorità nazionali (aeronautiche e non), locali e regionali e una piena integrazione degli aspetti di resilienza per la definizione dei Piani Urbani della Mobilità Sostenibile (PUMS) e dei Piani Urbani della Logistica Sostenibile (PULS) sulla base di analisi della domanda di traffico. Attraverso piani di digitalizzazione, **gli aeroporti potranno diventare veri e propri hub di innovazione per nuove tecnologie e sistemi che miglioreranno la passenger experience**, rendendo tutto il processo quanto più resiliente, veloce e flessibile anche in ragione del mutato profilo del passeggero in relazione agli eventi pandemici. Sotto questo aspetto è stato tenuto inoltre conto che la direttiva 2008/114/CE ha individuato e designato le infrastrutture critiche europee che necessitano di maggiore protezione in quanto strategiche per un determinato Paese; il settore del trasporto aereo rientra tra queste e l'utilizzo di queste tecnologie innovative e avanzate aiuta a prevenire probabili attacchi legati alla guerra cibernetica, al terrorismo e alla criminalità informatica.

Sintesi del contesto infrastrutturale

Il nuovo approccio è quello di sviluppare infrastrutture aeroportuali sostenibili e resilienti, **dalla fase di pianificazione a quella di costruzione, passando dalla programmazione alla progettazione.**

Pertanto viene richiesto alle società di gestione di sviluppare master plan tematici oltre a quelli aeroportuali a medio-lungo termine e piani di tutela ambientale a corredo dei piani degli investimenti a breve termine. Con ulteriori accorgimenti progettuali nei successivi livelli di progettazione è possibile raggiungere l'obiettivo di aeroporti green composti da smart building alimentati da energia rinnovabile, dotati di impianti smart e modulari, che valorizzino il riciclo delle acque e dei rifiuti e che adottino sistemi di processamento digitale dei passeggeri. Questi elementi insieme ad un sistema di gestione del tipo "Building Energy Management" permettono agli aeroporti virtuosi di ottenere la **certificazione ACA "Airport Carbon Accreditation" introdotta da ACI Europe** per la misurazione della sostenibilità degli aeroporti.

Per sottolineare quanto il sistema aeroportuale creda all'approccio di sviluppo sostenibile giova rappresentare che nel 2023 gli aeroporti a livello nazionale hanno investito circa 123 milioni di euro in interventi infrastrutturali riconducibili ai criteri di sostenibilità, pari a circa il 17% del totale degli investimenti.

A CURA DI PPAN

INNOVAZIONE INGEGNERISTICA E DESIGN INTERNAZIONALE A MUMBAI

A Natale 2025 il nuovo Navi Mumbai International Airport inizierà le operazioni commerciali. Il terminal e la pista, **realizzati su 1.160 ettari**, potranno gestire fino a 20 milioni di passeggeri all'anno, con voli operativi inizialmente dalle 8:00 alle 20:00. Il progetto del terminal e della torre di controllo è stato firmato dallo studio di architettura **Zaha Hadid Architects**, mentre i lavori di costruzione sono stati affidati a **L&T Construction**.

Il primo volo ad atterrare sarà IndiGo da Bengaluru, seguito dal decollo per Hyderabad, con altre compagnie come Air India Express e Akasa Air. Dal febbraio 2026 l'aeroporto passerà a operazioni 24 ore su 24.





Innovazione e semplificazione per i servizi e i progetti aeroportuali

CLAUDIO EMINENTE

Direttore centrale programmazione economica e sviluppo infrastrutture, Ente nazionale aviazione civile (Enac)

FABIO ERRICO

Ingegnere civile, Ente nazionale aviazione civile (Enac)

PASQUALE PROIETTI

Ingegnere edile, Ente nazionale aviazione civile (Enac)

La Digital Transformation costituisce un elemento cruciale per l'ottimizzazione dei processi interni, l'incremento dell'efficienza operativa e la massimizzazione della capacità di erogare servizi in modo rapido ed efficace. Se si applica questo concetto - apparentemente semplice - ai processi della Pubblica amministrazione non si può che mettere in conto la complessità di conciliare le innovazioni tecnologiche e procedurali con il rigore dettato dalla normativa di settore applicabile e al retaggio burocratico che ancora oggi caratterizza questo comparto lavorativo.

L'introduzione dell'elemento innovativo nella PA comporta **l'attivazione di un processo di emancipazione dei dipendenti**, se non addirittura una piccola rivoluzione culturale, che richiede un cambio di ottica lavorativa che raramente accade in modo spontaneo e lineare.

L'Ente Nazionale Aviazione Civile (ENAC), all'interno del vasto panorama delle PA, agisce ai sensi del Codice della Navigazione (CdN) come unica autorità di regolazione, certificazione e sorveglianza nel settore del trasporto aereo. Rientra tra i compiti affidati all'ENAC **la valutazione e approvazione dei progetti delle infrastrutture aeroportuali** che le società di gestione presentano all'Ente per sviluppare le infrastrutture a loro affidate in

concessione, processo che somma due categorie di verifiche, entrambe da assicurare: quella di rispondenza alla normativa sulle opere pubbliche e quella relativa alla regola tecnica internazionale in materia di sicurezza operativa nell'aviazione civile, concetto che passa sotto il nome di safety aeroportuale.

La complessità delle opere da realizzare, l'elevato grado di specializzazione dei progettisti che presentano i progetti e dei professionisti che assicurano l'istruttoria ai fini dell'approvazione, fa sì che questa attività istituzionale collochi l'ENAC tra le PA maggiormente eleggibili riguardo l'implementazione di sistemi tecnologici innovativi, andando oltre all'impiego dei tradizionali strumenti informatici. L'Ente, in particolare, sta sviluppando una vasta attività di Digital Transformation dei processi interni che segue tre stream principali:

- **Adozione della metodologia Building Information Modeling (BIM)** in linea con quanto previsto dal Codice degli Appalti (D.Lgs. 36/2023);
- **Sviluppo di sistemi integrati** per assicurare un controllo ed un monitoraggio efficace e puntuale degli investimenti infrastrutturali da parte di gestori privati;
- **Utilizzo di sistemi di Intelligenza Artificiale Generativa** per efficientare le attività di routine legate al controllo della documentazione da parte dei professionisti dell'Ente.

Il BIM per infrastrutture aeroportuali

La complessità dei progetti aeroportuali si presenta in molte forme: le peculiarità dei singoli aeroporti in termini di dimensione, forma e operatività delle aree su cui si svolgono le operazioni volo (area airside), comportano una estrema diversità nelle proposte progettuali. Attualmente, ai fini dell'approvazione dei singoli interventi infrastrutturale, il controllo degli elaborati di progetto è demandato al singolo tecnico ENAC, questi effettua una serie di check finalizzati all'individuazione di eventuali deviazioni rispetto alla regola tecnica.

L'attività di controllo risulta pertanto essere "time consuming" sottraendo risorse alla valutazione critica della soluzione progettuale, pertanto non aggiungendo valore all'attività. Il dilatarsi dei tempi di approvazione (seppur riconosciuto come necessario al fine di garantire che un progetto presenti adeguati livelli di safety), può riverberare sui tempi successivi di appalto e realizzazione delle opere. Questo fino ad oggi: un'innovazione normativa sta per cambiare radicalmente questa attività partendo dalla base. Infatti, come noto, dal 1° gennaio 2024, come da Decreto BIM (DM 560/2017) e rispettive integrazioni (DM 312/2021) e per ultimo il nuovo Codice Appalti (Dlgs n.36/2023, Art. 43), è in vigore l'obbligo per tutti gli operatori economici della filiera della progettazione e costruzione, dell'impiego della Metodologia BIM (Building Information Modeling).

Alla base di un approccio digitale vi è il concetto della modellazione a oggetti. **L'opera infrastrutturale è schematizzata mediante entità** (sistemi, sottosistemi e componenti). In tale prospettiva, alcuni aspetti di Intelligenza Artificiale potrebbero essere utilizzati al fine di permettere il riconoscimento dei vari elementi in progetto indipendentemente dalla modalità di rappresentazione utilizzata.

L'analisi supportata dalla macchina delle incoerenze rispetto agli standard, alle norme ed ai requisiti prestabiliti (già nota in ambito BIM come "Code Checking") permetterà di ottenere notevoli **vantaggi in termini di affidabilità, efficacia ed efficienza dei controlli eseguiti**. Il valore aggiunto che l'ENAC può sicuramente portare al sistema dell'aviazione civile, dopo essersi dotato - come sta facendo - del necessario expertise per la gestione digitale del processo approvativo, è di assicurare sul territorio nazionale materiale guida e codifiche comuni per tutte le società

di gestione aeroportuali che sono chiamate a implementare ex lege la metodologia BIM. Per realizzare ciò, l'Ente si è affidato a player tra i più qualificati nel settore a livello nazionale, capaci di assistere questa transizione al sistema digitale e conta di istituire a breve una community dei BIM Manager per rendere stabile e continuo il knowledge sharing tra le società di gestione. Il risultato sarà la creazione di un ambiente progettuale digitale comune, dove viene gestita l'opera pubblica aeroportuale in tutte le fasi del suo life cycle.

Sistemi integrati per la pianificazione, l'approvazione ed il monitoraggio degli investimenti aeroportuali

Ma l'approvazione del progetto rappresenta solo una fase del ciclo di gestione delle opere aeroportuali, investimenti che - va rilevato - hanno una dimensione economica rilevante che richiede sistemi di controllo e processamento accurati ed efficienti; tale ciclo parte con la programmazione delle opere per poi passare alla progettazione e relativa approvazione, l'esecuzione, la certificazione di agibilità e collaudo fino alla rendicontazione economica finalizzata al riconoscimento tariffario definito con i Contratti di programma. Per svolgere adeguatamente le funzioni assegnate, **l'ENAC ha sviluppato un sistema integrato denominato PREMIA** che supporterà i gestori ed i referenti ENAC in ciascuna delle fasi dell'investimento. Tale innovazione rappresenta l'evoluzione digitale che permetterà di conoscere real time lo status degli interventi infrastrutturali aeroportuali individuati nel Contratto di programma. Attraverso flussi digitali strutturati, dati centralizzati e dashboard dinamiche, l'integrazione permetterà un governo più consapevole degli investimenti. L'adozione del nuovo sistema centralizzato, da parte di ENAC e delle Società di Gestione, contribuirà a migliorare l'efficienza dei controlli e a ridurre i tempi di lavorazione delle istruttorie e dei processi decisionali, favorendo al contempo una maggiore collaborazione tra tutti gli attori coinvolti.

L'AI nel settore aeroporti

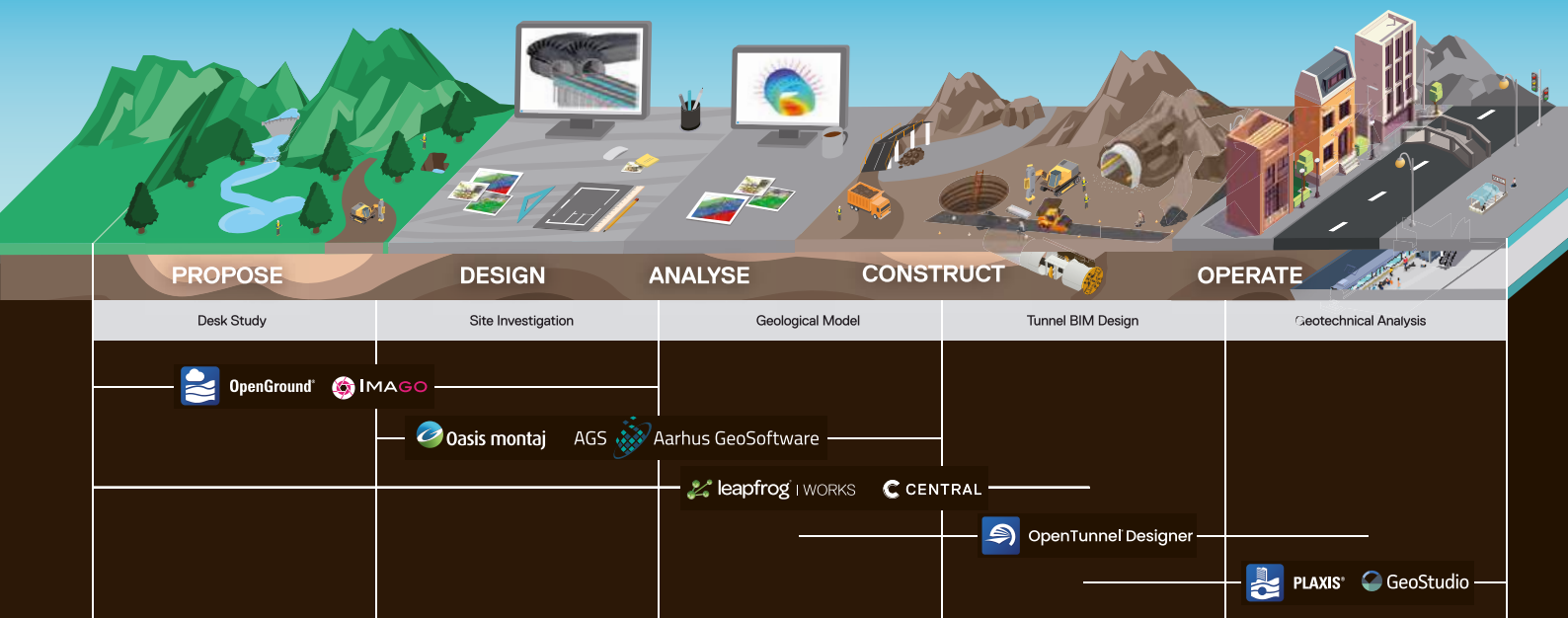
Nei documenti di programmazione del Governo è più segnatamente del MIT è stata ribadita una previsione che vede l'AI come innovazione più significativa e dirompente nell'ambito dei servizi legati ai trasporti. Nell'ottica di una digitalizzazione del processo di approvazione dei progetti, si rende sempre più necessario

prevedere, per i controlli prima descritti, un approccio innovativo attraverso l'utilizzo di tecnologie che possano supportare il lavoro del singolo tecnico rendendo maggiormente efficiente la procedura di compliance check. Attraverso un approccio digitale si vuole che la **verifica di congruenza dei contenuti con gli standard e le normative, sia eseguibile in autonomia dalla macchina e non solo attraverso un operatore umano**. In prima ipotesi si pensa ad un sistema che permetta, una volta acquisito il progetto in formato digitale, l'effettuazione automatica di una serie di controlli per il quali è possibile stabilire un automatismo realizzato con tecnologia AI, come ad esempio la verifica della completezza documentale.

A regime, l'automazione dei controlli permetterà di gestire la complessità del progetto evidenziando le criticità mediante una reportistica per la successiva valutazione del tecnico che potrà, a quel punto, confrontarsi con il progettista per risolvere la non-conformità di natura puramente tecnica evitando attività "time consuming" volte all'effettuazione di controlli puramente formali.



Affronta i progetti geotecnici con competenza utilizzando le soluzioni software Bentley|Seequent



Quando collabori per una comprensione condivisa delle condizioni del terreno, puoi consegnare progetti più precisi e più velocemente e puoi ottenere così risultati migliori.

Ingegneri, Geotecnici, Geologi e Geofisici utilizzano i software Bentley e Seequent nei progetti di infrastrutture per pianificare, creare e costruire strade, ferrovie, ponti, tunnel, edifici, dighe e argini.



OpenGround®

Piattaforma software cloud base che offre una gestione e una reportistica sicura e affidabile dei dati geotecnici.



leapfrog®

Esplora le condizioni del sottosuolo con la modellazione geologica dinamica 3D.



GeoStudio

Riduci i rischi e sviluppa sofisticate analisi di stabilità all'equilibrio limite 2D e 3D di terreni e pendii rocciosi.



Oasis montaj

Potente suite software per la modellazione e l'analisi dati che permette una comprensione avanzata della superficie sotterranea della terra e dell'ambiente marino.



OpenTunnel Designer

Potente software per la progettazione di tunnel. È l'unico tool con queste funzionalità specifiche di analisi che lavora all'interno di un ambiente di lavoro condiviso.



PLAXIS®

Potente software ad elementi finiti che sviluppa analisi 2D o 3D di deformazione e di stabilità nell'ingegneria geotecnica e nella meccanica delle rocce.

► www.adalta.it/adalta-soluzioni-problemi-geotecnici

ADALTA
SOFTWARE PER L'INNOVAZIONE

Bentley Systems e Seequent
Channel Partner autorizzato per l'Italia

Bentley®
SEEQUENT

Per saperne di più



Ampliare e ottimizzare, la mobilità futura del Polo aeroportuale del Nord Est

FRANCESCO NUCERA

Direttore sviluppo e manutenzione infrastrutture, Gruppo SAVE

SEZIONE SCIENTIFICA



Airports Council International (ACI), associazione di settore che raggruppa più di 2.000 aeroporti in 169 Paesi, stima che il traffico

passaggeri globale crescerà tra il 2024 ed il 2043 ad un tasso annuale del 3,4%, superando i 17 miliardi di passeggeri. La sfida per le società di gestione aeroportuale sarà quella di ottimizzare le infrastrutture esistenti e costruirne di nuove, confrontandosi con una domanda di mobilità che nel tempo si è evoluta da semplice necessità di spostamento, ad un insieme complesso di aspettative ed esigenze dei viaggiatori.

La pianificazione degli interventi di ampliamento di un terminal aeroportuale

L'ampliamento dell'infrastruttura aeroportuale e dell'aerostazione, che di essa è un sistema funzionale, anticipa l'incremento atteso della domanda di trasporto nel medio-lungo periodo ed è attuata nel **Masterplan aeroportuale** che è lo strumento programmatico con il quale il gestore definisce la propria strategia di espansione.

La domanda di mobilità è determinata da variabili macroeconomiche come la crescita del PIL pro-capite e la curva demografica che concorrono a definire la *baseline* di riferimento, arricchendola poi con analisi di scenario che considerano fenomeni geopolitici o sociali che influenzano le abitudini dei viaggiatori, ad esempio la diffusione di strumenti di videoconferenza come alternative al viaggio per affari. I possibili scenari di crescita del traffico vengono poi confrontati con le previsioni elaborate dal gestore aeroportuale ed infine convalidati.

A partire dalla quantificazione della domanda di trasporto lungo la durata del Masterplan, **il gestore aeroportuale pianificherà quindi lo sviluppo delle infrastrutture airside e landside.**

Il lay-out dell'aerostazione deve soddisfare i livelli di servizio attesi per ogni sottosistema funzionale tra cui: hall arrivi, partenze, check-in. Il "Livello di Servizio", definito dagli standard dell'International Air Transport Association (IATA), è un indicatore che misura le condizioni operative di un sottosistema in funzione del numero di passeggeri nell'ora di picco ("Typical Peak Hour Passenger - TPHP"), misurato in termini di tempi medi di attesa o di attraversamento e superficie per occupante. Il terminal crescerà quindi in funzione del traffico, mantenendo i livelli di servizio costantemente a livelli ottimali.

Il polo aeroportuale del nord-est

L'aeroporto "Marco Polo" di Venezia ed il Valerio Catullo di Verona costituiscono, insieme all'aeroporto di Treviso (TSF) e a quello di Brescia (VBS), il "polo aeroportuale del Nord-Est" gestito dal Gruppo SAVE, che **nel 2024 ha movimentato 18,3 milioni di passeggeri, con un incremento del 3,1%, rispetto al 2023.** L'aeroporto di Venezia è il principale scalo del sistema, coprendo più del 60% del traffico passeggeri ed è classificato nel Piano Nazionale degli Aeroporti come uno dei tre scali intercontinentali del Paese. L'aeroporto "Valerio Catullo" di Verona opera in un'area densamente urbanizzata con circa quattro milioni di abitanti in cui si produce il 12% del PIL nazionale; entrambi gli aeroporti sono nodi della rete intermodale europea di trasporto TEN-T.



UPS



INVERTER



STORAGE



SERVICE O&M

SIEL

Energy and Safety, Since 1983

MP-MC PCS 2000

SIEL Lumina è un **convertitore AC-DC bidirezionale (PCS)** per applicazioni BESS, progettato per elevate prestazioni di integrazione e controllo.

Caratteristiche principali:

- ▶ **Elevata integrazione** in impianti da fonti rinnovabili (es. PV) o industriali connessi in sottostazione, anche per interventi di **revamping/repowering**.
- ▶ **Supporto alla stabilità di rete** per **DSO e TSO** in modalità *grid following*; con regolazione di frequenza, controllo di tensione e inerzia sintetica.
- ▶ **Possibilità di funzionamento in modalità *grid forming***, come generatore di tensione controllato da setpoint di V e f, per applicazioni *off-grid / stand-alone*.
- ▶ **Possibilità di funzionamento in modalità *grid forming / grid support***, in reti deboli, per stabilizzazione e continuità di alimentazione anche con generatori eterogenei, mediante logica *droop* di V/f.
- ▶ **Funzione di black start** per energizzazione progressiva di sotto-reti in controllo di corrente.
- ▶ **Compatibilità** con batterie *power / energy intensive* per applicazioni BESS.
- ▶ **Architettura modulare hot-swap**, con gestione dinamica della potenza tramite parzializzazione dei moduli attivi.
- ▶ **Efficienza >99%** grazie alla tecnologia **SiC (Silicon Carbide)**.
- ▶ **Connettività avanzata** per integrazione con sistemi EMS, PPC e SCADA.



www.sielups.com



Figura 1 - Aeroporto Catullo Verona - Esterno del terminal

L'ampliamento del terminal passeggeri dell'aeroporto "Marco Polo" di Venezia

Il sedime aeroportuale del "Marco Polo" si estende per 335 ettari ed ha il suo fulcro nell'aerostazione passeggeri che è costituita da un **edificio a pianta rettangolare ruotato di 45° rispetto al piazzale, con una superficie totale di circa 84.000 m2 articolata su cinque livelli**. L'edificio possiede una configurazione architettonica caratteristica ispirata alla tradizione della città storica.

Il fronte *airside* rivolto alla laguna rimanda per la modularità dei volumi e geometrie alle "tese" dell'arsenale di Venezia con il caratteristico profilo a doppia falda. L'aerostazione verrà ampliata per fasi successive realizzate in continuità stilistica con l'attuale, in ragione di un principio di scalabilità, per complessivi 202.000 m2 seguendo l'andamento della

domanda di trasporto che nel 2037 è stimata in 20.8 milioni di passeggeri. Il primo lotto dell'ampliamento a nord dell'aerostazione è in costruzione ed ha una superficie lorda di circa 14.000 m2. Esso comprende nuove sale imbarchi a piano terra e primo, per complessivi 3.600 m2 e 10 gate a servizio di 3 torrioni d'imbarco. In adiacenza ai gate è previsto lo spazio per la circolazione orizzontale e verticale dei passeggeri, che potranno raggiungere le aree retail e ristorazione ai piani superiori.

L'ultimo livello del fabbricato, il piano secondo, sarà destinato a servizi al passeggero: aree gioco, nursery, ristorazione, spazi relax ed annessa area sedute, per complessivi 1.000 m2 con un incremento del 12,5% rispetto alle superfici attuali. L'ampliamento del terminal adotta soluzioni impiantistiche in linea con la **strategia di efficientamento e sostenibilità tracciata nel Masterplan aeroportuale**.



Figura 2 - Aeroporto Catullo di Verona - Nuove aree imbarchi

Gli ambienti sono illuminati da sorgenti ad alta efficienza che regolano l'intensità luminosa in funzione della luce naturale, mentre il sistema di distribuzione dell'aria adegua dinamicamente umidità e temperatura all'affollamento dei locali, riducendo i consumi di energia. L'acqua calda e refrigerata è prodotta da un sistema di pompe di calore tramite sonde geotermiche annegate nei pali di fondazione, le acque meteoriche vengono recuperate e trattate per utilizzo sanitario e scopi tecnici. Completa le installazioni un sistema di produzione di energia elettrica con pannelli fotovoltaici.

L'ampliamento del terminal passeggeri dell'aeroporto "Valerio Catullo" di Verona

L'ampliamento dell'aerostazione è il principale intervento previsto dal Piano di Sviluppo Aeroportuale 2015-2030 ed interessa il

da torrini e finger e migliora la fruibilità degli spazi con un nuovo progetto di *wayfinding*. Vengono inoltre ricavati 4.200 m² dedicati a spazi commerciali e servizi al passeggero che corrispondono ad una percentuale del 11,45% rispetto alla superficie totale del terminal, in linea con le raccomandazioni di settore. L'intervento complessivo amplierà i sottosistemi operativi dell'aerostazione per garantire adeguati livelli di servizio al passeggero in funzione dei previsti incrementi di traffico che supererà i 5 milioni di passeggeri all'anno nel 2030,

con un incremento del 40% sui dati di traffico registrati nel 2024. Le fasi di cantiere sono state pianificate in modo da garantire l'operatività completa dello scalo nel pieno rispetto dei requisiti di *safety* e *security* e con livelli di servizio "Optimum" secondo la classificazione IATA per ciascun ambito



Figura 3 - Aeroporto Marco Polo di Venezia - Ampliamento del terminal

terminal partenze la cui superficie viene ampliata di 11.500 m². Il progetto prevede anche un **esteso rinnovamento architettonico ed impiantistico di oltre 10.000 m² del terminal** esistente per uniformare le tipologie edilizie e le logiche di funzionamento di questo con i nuovi volumi costruiti. Il terminal passeggeri del "Valerio Catullo" era costituito in origine da due corpi dedicati ad arrivi e partenze con una superficie complessiva di circa 25.000 m².

Il fronte dell'aerostazione si sviluppava in lunghezza per 400 metri parallelamente alla pista, mentre la profondità dei corpi di fabbrica era piuttosto contenuta misurando mediamente 40 metri. L'intervento risolve alcune criticità sulla distribuzione dei flussi derivanti dalla poca profondità del fabbricato, dall'assenza di imbarchi a contatto serviti

funzionale: hall partenze, check-in, controlli di sicurezza, passaporti e imbarchi.

La necessità di mantenere la piena funzionalità dell'aeroporto durante i lavori ha richiesto estesi interventi di riprotezione temporanea di impianti e locali, messi progressivamente fuori servizio per essere ristrutturati o demoliti e ricostruiti, come nel caso dell'impianto di smistamento bagagli che è stato ricollocato in una struttura provvisoria durante i lavori prima di essere dismesso e sostituito.

Il nuovo impianto di smistamento bagagli - "Baggage Handling System" (BHS) ha una capacità oraria di 2.300 bagagli, oltre ad una linea dedicata ai bagagli fuori misura, soprattutto attrezzatura sportiva, che presentano picchi di utilizzo in concomitanza della stagione sciistica. Realizzato con un'architettura di tipo *daisy chain* per ridurre

numero e densità dei cablaggi e semplificare le attività manutentive, il sistema è completamente ridondante in caso di guasti grazie a macchine virtuali di backup attive in tempo zero.

L'impianto BHS è in grado di essere parzializzato in regime di basso traffico per ridurre il consumo di energia. La nuova infrastruttura è stata realizzata in un'ottica di manutenibilità, sostenibilità ambientale, resilienza degli impianti critici per l'esercizio. L'involucro edilizio è progettato con pareti vetrate e parti opache aerate con miglioramenti percentuali nelle prestazioni passive dell'edificio **del 33% per il fattore solare e 38% per la trasmittanza termica.**

Il fabbisogno energetico è soddisfatto da una nuova centrale termica e frigorifera con unità di trattamento aria dotate di recuperatore statico di calore che integra la funzione di ricircolo e *free cooling*.

Conclusioni

La domanda di trasporto aereo globale prevede una curva con un **tasso di crescita annuale del 3% al 2053 fino ad oltre 22 miliardi di passeggeri** (fonte: Airport Council International) a cui l'offerta infrastrutturale dovrà adeguarsi, realizzando nuove costruzioni o riqualificando quelle esistenti per anticipare la crescita di traffico prevista. L'aerostazione moderna, fruibile, energeticamente autonoma e resiliente, sarà progettata per assolvere la funzione primaria di scambio di flussi di passeggeri in arrivo e in partenza, divenendo al contempo un luogo attrattivo e accessibile, i cui spazi siano connotati da un'architettura identitaria e scalabile in funzione del traffico, con un'offerta di servizi a valore aggiunto articolata, in cui il viaggiatore possa trasformare il tempo che vi trascorre in attesa di imbarcarsi, in opportunità di relax, arricchimento culturale o produttività personale.



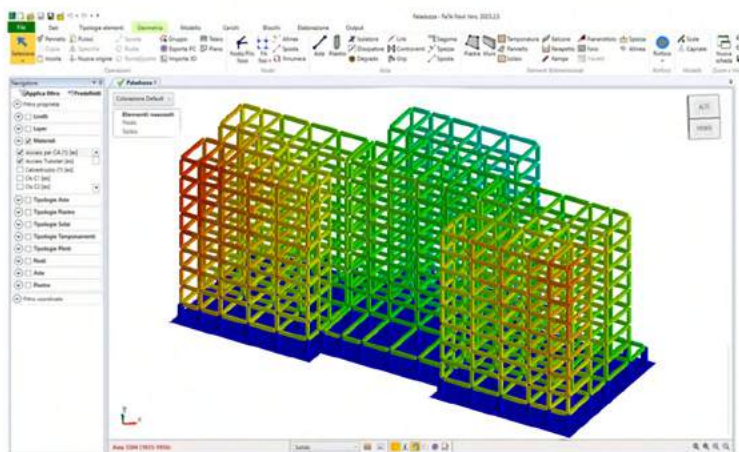
Figura 4 - Aeroporto Marco Polo di Venezia - Nuove aree imbarchi

OGGI LO PUOI ACQUISTARE CON
PAGAMENTO RATEALE
FINO A 24 MESI

FaTA^{NEXT}

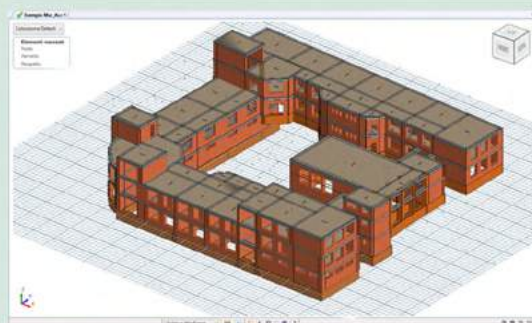
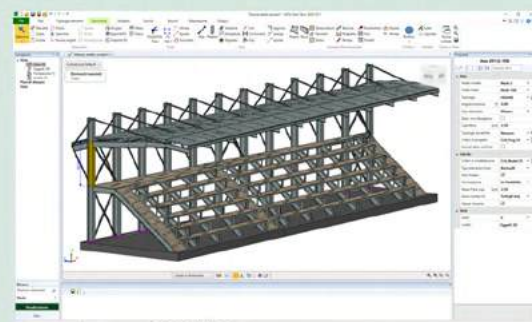
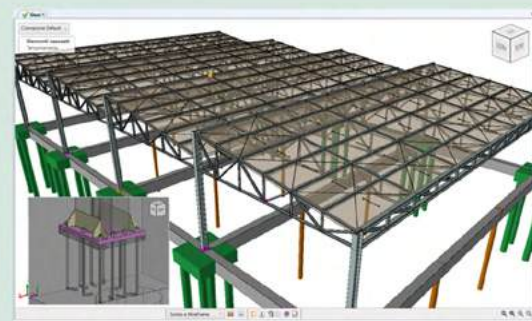
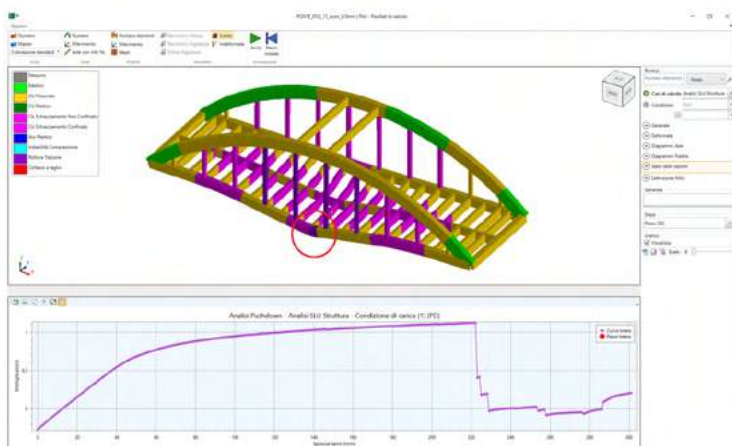
la soluzione per il calcolo strutturale

SOFTWARE PER LA MODELLAZIONE, L'ANALISI E LA VERIFICA DI STRUTTURE IN C.A., ACCIAIO, LEGNO, MURATURA



FaTA^{NEXT}

lo strumento ideale per le
diverse soluzioni progettuali



STACEC

Disponibile il Plugin di esportazione per
IDEA StatiCa®

novità



Geo Network®
SOFTWARE PER L'EDILIZIA E LO STUDIO PROFESSIONALE

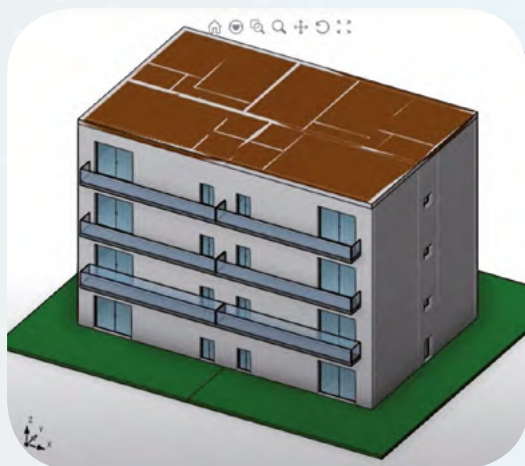


OUT-2025-08976

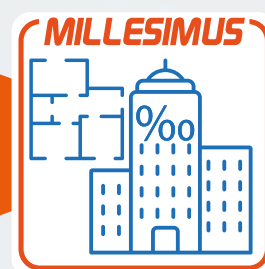
MILLESIMUS 7

Il software più intuitivo e completo per

***Tabelle Millesimali, Regolamenti Condominiali,
Contabilizzazione del Calore e Ripartizione Spese.***



- Superfici
- Volumi
- Fattori di luminosità
- Coefficienti di piano, di orientamento, di destinazione e di utilizzo



**Nuovo input grafico 3D avanzato (compatibile con IFC)
Disegna o importa il modello 3D e ottieni automaticamente
i dati per il calcolo delle tabelle millesimali!**

ALTRE NOVITÀ 2025

- **Nuovo comando "Importazione XML APE2015 esteso":** compila automaticamente i fabbisogni energetici del condominio a partire da un file xml prodotto da qualsiasi software certificato CTI.
- **Interfaccia d'uso riorganizzata.**

GARANZIE

- assistenza tecnica gratuita ed esperta inclusa nel canone
- soddisfatto o rimborsato entro 30 gg dalla data del tuo acquisto

Approfitta subito delle offerte promozionali in corso su:
www.geonetwork.it

Per lo scalo veneziano una trasformazione responsabile

DAVIDE BASSANO

Direttore sostenibilità, Gruppo Save

L'aeroporto Marco Polo sta attraversando una trasformazione che coniuga crescita e responsabilità. Il Masterplan 2023–2037 non è una semplice sequenza di opere, ma una strategia integrata che punta a quattro obiettivi:

- **decarbonizzazione** delle attività del gestore entro il 2030;
- **modernizzazione dell'infrastruttura** in chiave digitale e intermodale;
- **ricadute positive** e misurabili su comunità;
- **paesaggio ed ecosistemi**.

La visione è chiara: aumentare la capacità e la qualità del servizio senza moltiplicare le pressioni ambientali, rendendo lo scalo un modello nazionale di innovazione applicata ai nodi della mobilità (Figura 1).

Transizione energetica e neutralità carbonica

Il pilastro ambientale del Masterplan è la **Roadmap to Net Zero**, che anticipa al 2030 l'azzeramento delle emissioni nette di Scope 1 e 2 del gestore. La traiettoria si fonda su un mix di tecnologie complementari: fotovoltaico su coperture e pensiline, integrato da un **sistema agrivoltaico nell'area di Ca' Bolzan che consente la produzione di energia preservando l'uso agricolo del suolo**; geotermia a circuito chiuso con sonde fino a circa 200 metri accoppiate a pompe di calore ad alta efficienza; recuperi termici innovativi (reflui del depuratore, sistemi total energy, ottimizzazione delle torri evaporative) e accumuli elettrici per valorizzare l'over-generation da rinnovabili.

A complemento, è prevista la produzione in sito di idrogeno verde tramite elettrolisi alimentata da fotovoltaico, utile come riserva per i picchi termici



Figura 1



Figura 2

e per abilitare una stazione di rifornimento a supporto della mobilità. Punto di svolta è la **dismissione dell'attuale trigenerazione a gas naturale**, oggi responsabile della gran parte delle emissioni dirette: la sua sostituzione con soluzioni full-electric ridisegna l'impronta emissiva dello scalo (Figura 2).

L'architettura energetica del sito è concepita per funzionare come ecosistema: le pompe di calore modulano i carichi in base ai profili orari; gli accumuli livellano i picchi e abilitano la flessibilità dei servizi ancillari; i recuperi termici riducono i fabbisogni specifici. La governance dei dati abilita manutenzioni predittive e programmazione delle risorse, mentre la sensoristica distribuita alimenta indicatori di prestazione energetica, idrica e operativa. La progettazione degli ampliamenti **privilegia l'uso di materiali con contenuto riciclato e tracciabilità**, prevedendo LCA e criteri CAM lungo l'intero ciclo di vita.

Sul fronte della mobilità, incentivi all'uso del trasporto collettivo e politiche tariffarie dedicate accompagnano l'entrata in esercizio della stazione ferroviaria, riducendo la pressione viaria locale e le emissioni di accesso (Figura 3). La decarbonizzazione tocca anche l'operatività airside. L'estensione capillare delle unità di Pre-Conditioned Air consentirà di tenere spenti i gruppi ausiliari degli aeromobili a terra (APU), mentre l'elettificazione progressiva dei mezzi di rampa porterà a un parco GSE a zero emissioni locali. L'introduzione di pratiche come e-taxiing e l'impiego di Taxibot riducono ulteriormente il tempo di rullaggio a motori accesi.

Sul fronte del volo, il rinnovamento del fleet mix (famiglia A320neo, B737 MAX) e l'impiego di SAF in miscela con Jet A-1 permettono di disaccoppiare la crescita dei movimenti dall'andamento delle emissioni.

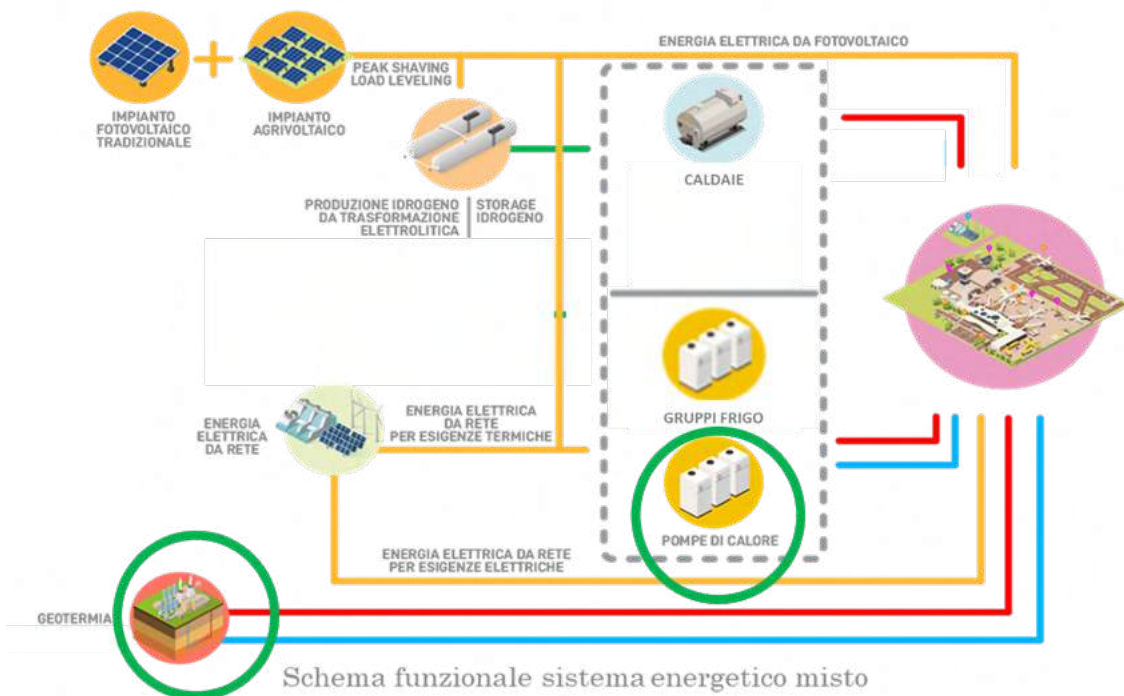


Figura 3

Nel periodo considerato, il piano consente di evitare oltre **198 mila tonnellate di CO₂**, con un profilo di riduzione continuo e verificabile.

Acqua: riuso, rete duale e sicurezza idraulica

Il Masterplan ridisegna il ciclo idrico con un obiettivo operativo: **ridurre l'uso di acqua potabile a circa un terzo del fabbisogno complessivo**, coprendo i restanti due terzi con acqua depurata a uso non potabile. Ciò avviene tramite una rete duale che distribuisce l'acqua trattata verso servizi igienici, usi industriali e irrigazione, e tramite sistemi per il riuso delle meteoriche con raccolta e trattamento locale nelle aree non servite dalla rete. L'adeguamento del depuratore, con un nuovo polo previsto a Ca' Bolzan, assicura capacità coerente con i fabbisogni futuri e miglioramenti qualitativi superiori ai requisiti normativi. Dal punto di vista della sicurezza idraulica, il bacino di laminazione e la nuova idrovora sul collettore Cattal - opere finanziate dal gestore - aumentano la resilienza del bacino anche per eventi con tempo di ritorno elevato; diffusi sistemi di trattamento delle prime piogge e dispositivi anti-spanti nelle aree più esposte riducono il rischio ambientale connesso ai dilavamenti (Figura 4).

Economia circolare e gestione rifiuti

La dimensione circolare è integrata sin dalle fasi progettuali: **applicazione dei Criteri Ambientali Minimi**, scelta di materiali a basso impatto e ridotto carbonio incorporato, recupero selettivo in demolizione, riutilizzo di terre e rocce da scavo (ad esempio in relazione al nuovo collegamento ferroviario). Nella gestione quotidiana entrano in servizio tre reti pneumatiche di raccolta differenziata - landside, airside e cargo - che convogliano i flussi verso centrali dedicate: meno traffico di

mezzi, più sicurezza in piazzale, igiene migliorata negli edifici e incremento delle percentuali di avvio a recupero fino all'obiettivo di azzerare i conferimenti in discarica. Il **programma Plastic Free e la valorizzazione dell'organico** in compost chiudono il cerchio operativo (Figura 5).

Paesaggio, biodiversità e verde tecnologico

La crescita infrastrutturale è accompagnata da azioni sul paesaggio che riconnettono terraferma e laguna. Nasce un parco lagunare fruibile con percorsi ciclopeditoni, aree di sosta e attrezzature leggere; filari e fasce arbustive autoctone mitigano l'isola di calore e aumentano la biodiversità. Lungo il fiume Dese si configurano corridoi ecologici continui in connessione con il Bosco dello Sport, mentre nelle barene si programmano interventi di gestione attiva per contrastare le specie alloctone e favorire canneti e vegetazione alofila. L'agrovitaico assume la valenza di verde tecnologico: assetto permeabile, uso agricolo mantenuto, integrazione di spazi sociali e didattici a margine dei lotti, frutteti e fasce fiorite a sostegno degli impollinatori (Figura 6,7,8,9,10,11).

Intermodalità: ferro, acqua, gomma e nuove forme di accesso

Il ridisegno dell'accessibilità è il vero moltiplicatore di sostenibilità. La nuova stazione ferroviaria in aeroporto abilita un cambio di paradigma nello split modale, **riducendo progressivamente il ricorso all'auto privata**. Il nodo di scambio fronte terminal viene riorganizzato con aree di drop-off e sosta breve, ricariche elettriche e a idrogeno, spazi per la mobilità condivisa e percorsi ciclabili protetti. La dotazione di parcheggi è flessibile e modulare: i multipiano leggeri sono realizzabili per fasi in funzione della domanda effettiva. Il terminal acqueo a tessera consolida la rete dei terminal diffusi e si inserisce nella **progressiva decarbonizzazione del trasporto pubblico lagunare** (Figura 12).

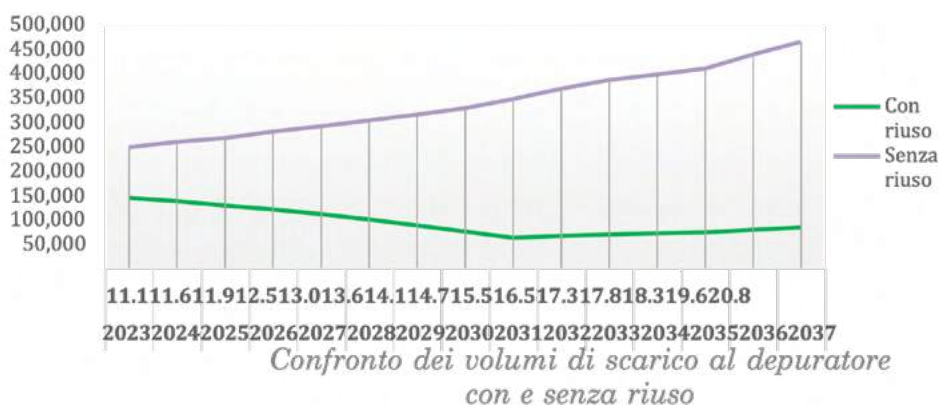


Figura 4

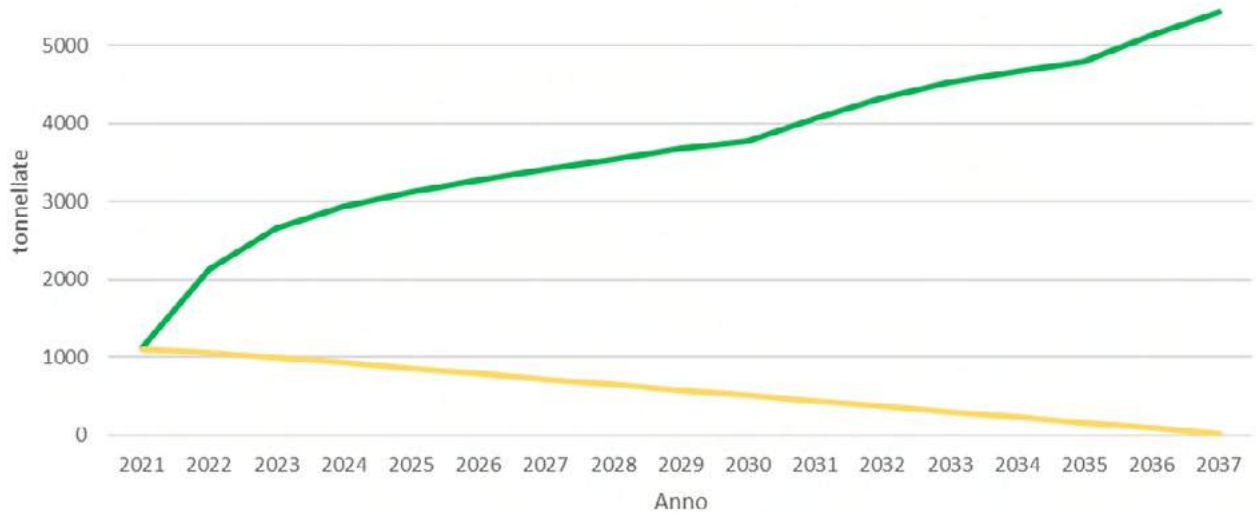


Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11

Advanced air mobility

In coerenza con la strategia nazionale, lo scalo programma un sistema di vertiporti — uno landside integrato con ferro e bus, uno airside in posizioni ottimizzate anche rispetto all'avifauna — sviluppato per fasi. Air-taxi elettrici per il trasporto persone e droni per l'ultimo miglio merci ampliano la gamma di servizi con zero emissioni locali e bassa impronta acustica, abilitati da sistemi digitali di gestione sicura.

Infrastrutture di volo e terminal: più capacità, stessa pista

Il principio guida airside è la massimizzazione dell'esistente: nessuna nuova pista, ma estensione della taxiway M, riorganizzazione dei piazzali e incremento degli stand self-manoeuvring e walk-in/walk-out per ridurre i tempi di turnaround. Gli stand contact passano da 8 fino a 20 a regime, migliorando la qualità del servizio. La nuova Courier City raggruppa funzioni merci con piazzale dedicato, varco doganale e fuel farm in posizione ottimizzata.

Sul lato landside, gli ampliamenti del terminal a nord e a sud **portano la superficie complessiva a circa 193 mila metri quadrati**, con standard energetici e ambientali di livello LEED e una progettazione orientata al comfort e alla resilienza climatica.

La digitalizzazione dei processi (AI per la previsione dei flussi, biometria, self-service end-to-end) consente una passenger experience più fluida e tempi di attesa ridotti (Figura 13).

Impatti su comunità e territorio

Il Masterplan consolida il ruolo dello scalo come motore economico e sociale. La filiera locale — fornitori, servizi di terra, logistica, costruzioni, turismo — beneficia di ricadute dirette e indirette; l'analisi costi-benefici evidenzia un **Valore Attuale Netto Economico di circa 1,45 miliardi di euro**, un Tasso Interno di Rendimento del 23,3% e un rapporto benefici/costi pari a 1,82, con risultati che restano positivi anche negli scenari di sensibilità. Dal punto di vista territoriale, l'impermeabilizzazione effettiva delle nuove aree è contenuta grazie alla prevalenza di superfici permeabili (aree verdi e agrivoltaico). Sul fronte ambientale, l'elettificazione del GSE e l'uso esteso delle PCA riducono

i contributi di PM10 e NO₂; il rinnovo del fleet mix compressione dei livelli sonori a parità di operazione, **abbattendo significativamente le impronte acustiche** rispetto ai velivoli di generazione precedente. La rete duale e il riuso idrico determinano risparmi cumulati importanti, mentre gli interventi su bacino e laminazione incrementano la sicurezza idraulica anche a scala di valle (Figura 14).

Conclusioni

Il Masterplan 2023–2037 dimostra che è possibile crescere meglio e non soltanto di più. Decarbonizzazione anticipata al 2030 con tecnologie mature, efficienza di sistema senza nuova pista, intermodalità reale tra ferro, acqua, gomma e nuova mobilità aerea, valore condiviso in termini di lavoro, paesaggio e qualità degli spazi pubblici: Venezia progetta, misura e restituisce. Il Marco Polo si propone così come un laboratorio di innovazione replicabile, in cui la performance operativa convive con la tutela ambientale e con benefici tangibili per cittadini e imprese del territorio.

PRINCIPALI INTERVENTI LANDSIDE:

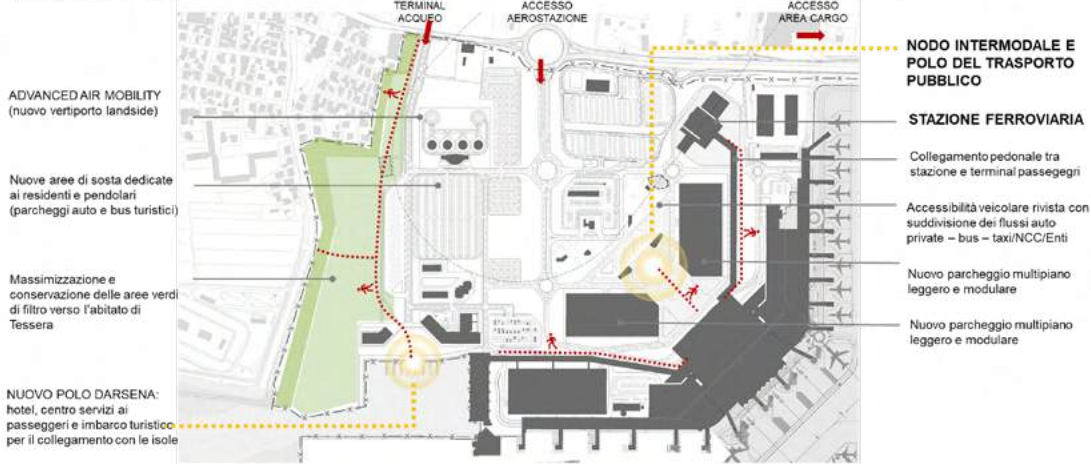


Figura 12

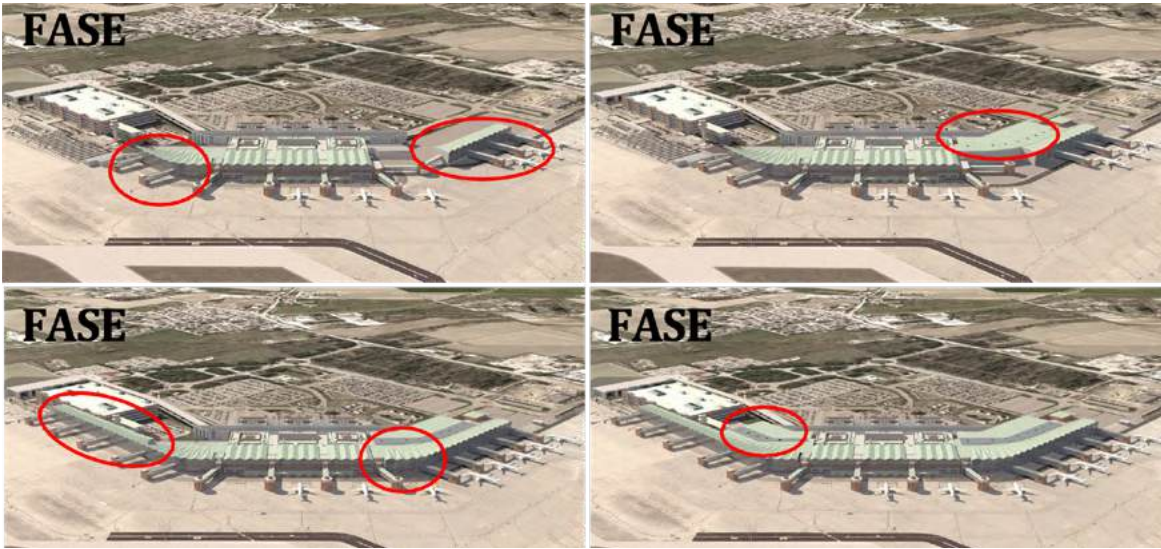


Figura 13

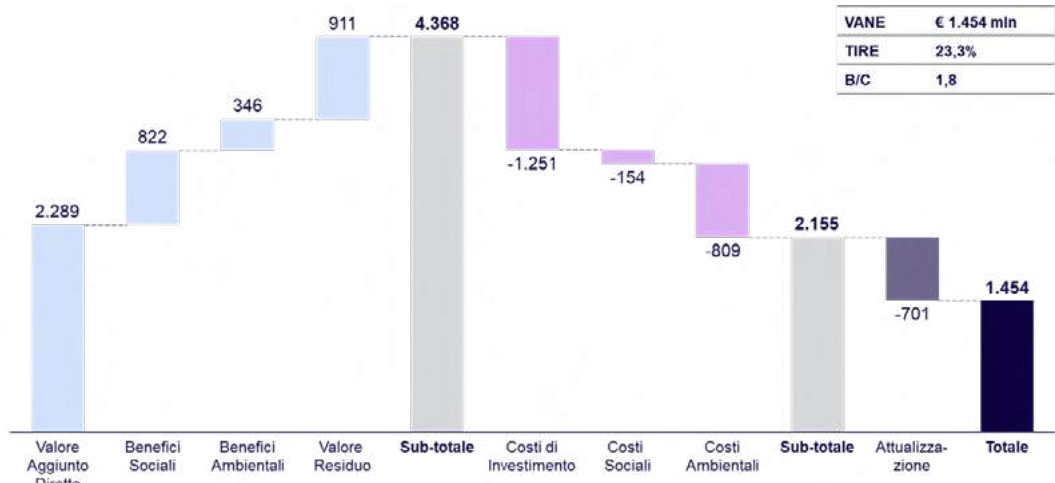


Figura 14



the open
way

Ambiente di condivisione dati (ACDat)

L'unico software nativo
openBIM per la gestione e la
collaborazione delle tue opere



Catenda Hub

Rivoluziona la gestione del tuo
progetto.

Catenda Duo

Potenzia la gestione dei tuoi
asset rendendoli dei digital twin.

Catenda Site

Collabora e accedi ai
documenti anche in cantiere.

Catenda Boost

Potenzia il tuo flusso di lavoro BIM con
con le API basate su standard aperti.



Strutture



Infrastrutture



Grandi Opere



Vieni a scoprire
Catenda

Distribuito da

CSPFEA
ENGINEERING SOLUTIONS

Via Zuccherificio, 5/d - 35042 Este (Pd) - Italy
Ph. +39 0429 602404 - info@cspfea.net

www.cspfea.net



Cagliari Elmas, nodo strategico per la mobilità regionale

MAURO CONI

Professore associato, Università degli Studi di Cagliari

L'efficienza del sistema aeroportuale italiano è spesso fortemente condizionata dal grado di connessione tra i differenti modi di trasporto. La genesi degli aeroporti è avvenuta prevalentemente nell'ultimo secolo laddove la natura, l'orografia o la struttura insediativa garantiva condizioni di sicurezza, l'assenza di conflitti, vincoli e interferenze, precedendo quasi sempre collegamenti terrestri adeguati.

I bacini di traffico aeroportuali nel tempo sono stati significativamente plasmati e trasformati dalla struttura stradale e ferroviaria offerta dai territori che gli accolgono. Quindi non concepiti e ubicati come elementi di un sistema di trasporti integrato e intermodale ma costruiti dove le condizioni risultavano possibili e idonee per decolli e atterraggi. Nel tempo la crescita del traffico aeroportuale, gli insediamenti commerciali, produttivi e dei servizi sorti attorno agli aeroporti hanno determinato forti livelli di attrattività, che hanno imposto l'implementazione dei collegamenti con la struttura portante dei trasporti, in maggior parte strade e - oggi sempre più spesso - ferrovie. Nel contesto sardo, l'aeroporto di Cagliari-Elmas rappresenta il **principale nodo strategico per la mobilità dell'isola**, sia per i flussi turistici che per quelli legati alla mobilità locale e nazionale. Lo scalo nel 2024 ha registrato 5.161.000 passeggeri, con un incremento del 6,3% rispetto al 2023 e 39.900 movimenti aerei, in crescita del 4,9% rispetto all'anno precedente. Questi numeri confermano lo scalo cagliaritano come il più trafficato della Sardegna e il dodicesimo in Italia per volume di passeggeri. I diversi scenari di sviluppo del traffico passeggeri individuano una forbice al 2040 tra i 6.7 e i 7.4 MPax. Tuttavia, come molti scali nati in epoche in cui la pianificazione integrata dei trasporti

non era ancora una priorità, anche l'aeroporto di Cagliari-Elmas ha risentito storicamente di una **limitata connessione con gli altri sistemi di trasporto, in particolare quello ferroviario nonostante sia lambito dalla dorsale regionale RFI**. Solo in tempi recenti, nel giugno 2013, si è assistito a un progressivo miglioramento dell'accessibilità, grazie all'attivazione della fermata ferroviaria "Elmas Aeroporto", che collega lo scalo con le altre città dell'isola e con il cuore di Cagliari, in pochi minuti, con un percorso di 7 km e un prezzo del biglietto di 1.30 €. Questa infrastruttura ha rappresentato un **passo fondamentale verso l'intermodalità treno-aereo in Sardegna**, permettendo per la prima volta un collegamento diretto tra la rete ferroviaria regionale e l'aeroporto. L'opera prevista nel Piano Regionale dei Trasporti del 2008 è stata subito finanziata ed ha contribuito a migliorare significativamente l'accessibilità dello scalo, riducendo la dipendenza dal trasporto su gomma. Questo intervento pur rappresentato un primo passo verso una maggiore intermodalità, ha notevoli margini di miglioramento, soprattutto in termini di frequenza dei collegamenti, integrazione tariffaria e servizi di mobilità dolce (bike sharing, navette elettriche, percorsi pedonali sicuri). Tuttavia, l'accessibilità dello scalo è rimasta irrisolta e fragile per la sua forte dipendenza dall'unico corridoio stradale che lo collega alla Città Metropolitana di Cagliari. Inoltre, l'area aeroportuale ha visto negli ultimi anni una crescente pressione insediativa, con lo sviluppo di attività commerciali, di servizi e di grandi catene logistiche che ne hanno aumentato l'attrattività, rendendo necessario ripensare il suo sviluppo all'interno del sistema territoriale cagliaritano e delle nuove strategie delineate del PUMS di Cagliari e della Città

Scenario	Model estimate	ENAC estimate	Δ%
Pessimistic	6.692.754	6.702.617	0.15%
Optimistic	7.429.998	7.717.076	3.86%

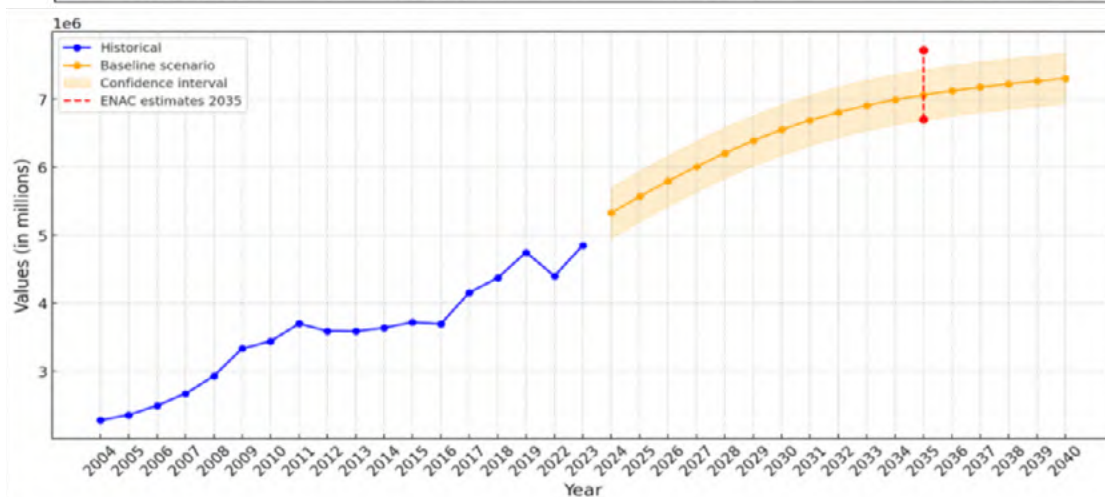


Figura 1 - Scenari di sviluppo passeggeri dell'aeroporto di Cagliari

Metropolitana, recentemente approvati. In linea con queste politiche e con criteri ENAC per la decarbonizzazione, il nuovo Master Plan si propone di trasformare la mobilità da e verso lo scalo, con un approccio integrato e sostenibile. In tal senso Enac e la Sogaer (Società di Gestione dell'Aeroporto di Cagliari-Elmas "Mario Mameli") hanno attivato dal 2023 l'aggiornamento del Piano di Sviluppo Aeroportuale in collaborazione con il gruppo di ricerca "Strade, Ferrovie ed Aeroporti" dell'Università degli Studi di Cagliari.

L'obiettivo è garantire a tutti i cittadini un accesso efficiente e sicuro al principale polo aeroportuale, riducendo al contempo l'impatto ambientale degli spostamenti. Tra le priorità strategiche figurano il potenziamento del trasporto pubblico su gomma e ferro, la promozione della mobilità ciclabile e condivisa, e l'introduzione di sistemi intelligenti di gestione del traffico (ITS). Particolare attenzione è rivolta ai poli e ai servizi di logistica, con il rafforzamento della loro accessibilità e della loro connessione con il contesto urbano, al fine di ottimizzare i flussi merci e ridurre la congestione. Il piano prevede inoltre lo sviluppo della mobilità elettrica, l'integrazione tariffaria tra i diversi sistemi di trasporto, e la creazione di un centro intermodale in prossimità della fermata ferroviaria Santa Caterina. Non mancano interventi per migliorare la viabilità e la sicurezza stradale, con un focus specifico sulla mobilità turistica e sull'integrazione con i principali attrattori del territorio, incluso il turismo crocieristico, per la trasformazione del porto di Cagliari in un Home Port per questo

settore, grazie alla vicinanza dello scalo, alla presenza della stazione fronte porto e della connessione ferroviaria brevissima e diretta per l'aeroporto. **Le attuali criticità nascono sia dai vincoli fisici** che costringono il sedime aeroportuale tra lo specchio d'acqua della laguna di Santa Gilla e la linea ferroviaria, con un unico accesso stradale a tutto l'aeroporto, sia dalla pressione insediativa delle aree industriali e commerciali che nel tempo si sono aggiunte in prossimità dell'aeroporto.

A ciò si accompagna un disordine amministrativo con 5 diversi Enti gestori stradali del contesto aeroportuale, caratterizzati da competenze, attenzioni e capacità finanziaria molto diversa per la loro gestione, adeguamento e manutenzione. Pertanto, l'attuale sistema di accessibilità land-side dell'aeroporto nonostante alcuni significativi interventi, in corso di realizzazione o programmati, che innalzeranno indubbiamente la qualità dell'accessibilità e l'offerta di sosta, necessità di una forte riorganizzazione gestionale, nelle vie di circolazione e nel potenziamento del trasporto pubblico locale e in particolare con la sua connettività ferroviaria con la dorsale Cagliari-Sassari e per dotarlo di un nuovo accesso stradale a sud capace di accogliere le nuove forme di mobilità, ciclabilità, e un Bus Rapid Transit che colleghi l'aeroporto e la cintura insediativa cagliaritana. Più in dettaglio, l'area antistante l'aerostazione destinata oggi a stalli rent car, taxi, sosta breve, bus e NCC sta rapidamente saturandosi e la sua viabilità presenta un elevato traffico parassita che la deve attraversare per raggiungere il

settore meridionale dello scalo, il parcheggio multipiano e tutti i servizi e presidi presenti. La realizzazione di un importante centro commerciale e del suo parco ambientale di oltre 12 ettari, in corso accanto alla linea ferroviaria, raddoppierà **l'attrattività dell'area e i carichi veicolari indotti, con la conseguente necessità di potenziare gli elementi stradali** (rampe, svincoli, accessi, corsie di immissione e decelerazione, tronchi di scambio etc.) che già oggi sono critici e trascurati da decenni nella loro implementazione. Va ricordato a tal proposito che la rete stradale ANAS che innerva le 2 aree industriali presenti, ha avuto doverosi interventi di messa in sicurezza e chiusura degli accessi diretti sulla viabilità statale ma senza soluzioni alternative.

Pertanto, l'accesso a queste 2 grandi aree da decenni è garantito in modo molto critico da due singole intersezioni a raso. La presenza dei principali player della logistica e dell'e-commerce in queste aree fa nascere continui flussi che stanno interferendo in modo significativo con l'unica strada che permette l'accesso all'aeroporto. Occorre richiamare un grande intervento in avanzata fase progettuale e autorizzativa per l'eliminazione delle intersezioni a raso sulla SS 130 e dare un nuovo accesso all'area commerciale che si stima potrà attrarre circa 22.000 utenti giorno, che si aggiungono ai 26.000 rivolti all'aeroporto (23.000 passeggeri e circa 3000 operatori nei giorni di picco). Infine, la Sogaer ha recentemente realizzato un vasto parco tra la laguna e il sedime ferroviario e sta per realizzare un importante polo intermodale in prossimità della fermata ferroviaria. Tutte le esigenze puntuali, le pianificazioni vigenti, i vincoli e gli interventi in atto sono stati analizzati in modo esteso e hanno portato ad un quadro conoscitivo generale molto articolato. **Le strategie assunte nel nuovo piano di sviluppo e gli interventi necessari ad aumentarne la sostenibilità ed efficienza,** sono stati inoltre condivisi e inseriti all'interno del nuovo Piano Urbanistico di Cagliari e concordati con la Città Metropolitana al fine di avere un unico Ente gestore. Importante è stato il sostegno dell'Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Sardegna e dell'ANAS per dare una veste organica a tutta la viabilità che serve lo scalo. Tutto ciò pone l'aeroporto di Cagliari quale **cerniera centrale nella pianificazione della mobilità regionale, enfatizzandone le potenzialità intermodali e integrando i progetti ambientali del comune di Elmas, Cagliari e della Sogaer in un unico compendio verde e lagunare intorno allo scalo** (Figura 2).



Figura 2- Lo scalo cagliaritano sorge su aree di pregio ambientale e paesaggistico (foto di Alessandro Musa)





FINO AL
50%
DI
DETRAZIONE
FISCALE

10
ANNI DI
GARANZIA

CREPE NEI MURI? Difendiamo la tua Casa!

Utilizziamo le più **moderne tecnologie** per garantire **interventi rapidi**, **poco invasivi** e **definitivi**. I nostri tecnici qualificati sapranno consigliarti la soluzione migliore per risolvere i cedimenti delle fondazioni.

Contattaci subito per un Sopralluogo Gratuito.

Contatti:  **info@difech.com**  **0521.14.12.895**



ValveSystem



PushSystem



Materiali riciclati e taglio emissioni per le pavimentazioni “green”

ALESSANDRO MARRADI

Professore associato, Università di Firenze

Negli ultimi anni la sostenibilità è diventata una dimensione sempre più imprescindibile, anche nell'ambito delle infrastrutture aeroportuali, imponendosi come criterio guida non solo per la progettazione di nuove infrastrutture ma, soprattutto, per la gestione e manutenzione programmata di quelle esistenti. Le **pavimentazioni aeroportuali, sottoposte a elevate sollecitazioni dovute ad aeromobili sempre più aggressivi**, a vincoli operativi particolarmente impegnativi e a condizioni climatiche in continua evoluzione, rappresentano un ambito critico in cui coniugare alte prestazioni con responsabilità ambientale, economica e sociale.

Il Decreto Ministeriale 5 agosto 2024 introduce i Criteri Ambientali Minimi (CAM) per infrastrutture stradali, rendendo la sostenibilità un requisito vincolante e, in particolare, conferendo la dovuta attenzione agli aspetti ingegneristici relativi alla progettazione dei materiali, delle miscele e delle pavimentazioni. Sebbene i CAM non riguardino direttamente le infrastrutture aeroportuali, le attività su queste ultime adottano spesso tali criteri come benchmark volontari. Ciò permette di anticipare futuri scenari normativi e consolidare una cultura della sostenibilità applicata alla progettazione, alla manutenzione programmata e alla gestione operativa degli aeroporti.

L'integrazione dei concetti presenti nei CAM all'interno delle pratiche progettuali favorisce l'uso di materiali riciclati, il controllo delle emissioni e l'adozione di tecniche costruttive innovative coerenti con gli standard nazionali (ENAC) e internazionali (ICAO, EASA e FAA).

L'applicazione dei CAM si articola in tre ambiti chiave: quello ambientale, con l'obiettivo della riduzione delle emissioni climalteranti, uso di materiali riciclati e tecnologie a basso impatto, con l'inserimento della premialità di progetti contenenti analisi di sostenibilità delle soluzioni progettuali (**Life Cycle Assessment – LCA**); quello economico, con la necessità di ottimizzare i costi lungo l'intero ciclo di vita delle pavimentazioni (**Life Cycle Cost Analysis – LCCA**), grazie a strategie di manutenzione programmata; quello sociale, con una sempre maggiore attenzione alla sicurezza dei lavoratori e degli utenti e alla continuità operativa delle infrastrutture interessate, aspetto particolarmente rilevante per gli aeroporti. Il concetto di sostenibilità risponde quindi all'esigenza di garantire infrastrutture resilienti ed efficienti, valorizzando gli investimenti pubblici e privati.

Progettazione, specifiche tecniche e controlli

La progettazione di una pavimentazione aeroportuale richiede l'impiego di metodi razionali basati sulla valutazione delle caratteristiche di carico degli aeromobili e della risposta strutturale della pavimentazione. La severità delle sollecitazioni indotte dai carichi nei diversi strati e sul sottofondo dipende dal peso massimo al decollo degli aeromobili, nonché dalla configurazione, dall'interasse e dalle pressioni di gonfiaggio degli pneumatici del carrello di atterraggio.

La capacità della pavimentazione di resistere a tali sollecitazioni dipende dallo spessore, dalla composizione, dalle proprietà dei

materiali impiegati nella sua realizzazione e dalla portanza del sottofondo. Nel corso degli anni, questi concetti di base sono stati sviluppati ed estesi per includere gli effetti della fatica, dei fattori ambientali, dello spettro di traffico, delle operazioni in sovraccarico e di ulteriori specificità. Inoltre, le nuove generazioni di aeromobili, le condizioni climatiche sempre più gravose e la necessità di ricorrere ad un sempre maggiore impiego di materiali riciclati e innovativi, impone approfondimenti tecnici adeguati e soluzioni progettuali più avanzate rispetto a quanto possa derivare dalla mera replica di esperienze pratiche precedenti.

In un quadro così complesso e in continua evoluzione è imprescindibile l'utilizzo di strumenti avanzati di modellazione e simulazione, sistemi basati sia su approcci empirico-meccanicistici (per le pavimentazioni in conglomerato bituminoso) che metodi di calcolo agli elementi finiti (per le pavimentazioni in calcestruzzo).

L'impiego di procedure di progettazione delle pavimentazioni sempre più specializzate consente di redigere progetti più efficienti, in particolare per quanto riguarda l'integrazione di materiali innovativi, in linea con una sempre maggiore attenzione ai requisiti di qualità costruttiva. Questi strumenti consentono una valutazione a lungo termine delle prestazioni richieste, permettendo di prevedere scenari di degrado, integrare strategie manutentive e ottimizzare i costi complessivi sull'intero ciclo di vita (Figura 1).

Materiali e tecnologie

La sfida che si presenta ai progettisti coinvolti nella progettazione delle pavimentazioni aeroportuali è quella di definire soluzioni sostenibili, che consentano di realizzare infrastrutture sempre più durevoli ma anche a ridotto impatto ambientale.

Le applicazioni innovative nel campo dei materiali per pavimentazioni (non solo conglomerati bituminosi e calcestruzzi, ma anche nella stabilizzazione di fondazioni e sottobasi) comprendono calcestruzzi a basse emissioni di carbonio, calcestruzzi ad altissime prestazioni (UHPC – Ultra-High Performance Concrete), miscele con l'aggiunta di grafene o gomma recuperata da PFU, conglomerati bituminosi prodotti a bassa temperatura (WMA) o ad alto contenuto di granulato di conglomerato bituminoso (RAP – Reclaimed Asphalt Pavement) o di scorie di acciaieria,

miscele riciclate a freddo e calcestruzzi con aggregati riciclati (RCA – Recycled Concrete Aggregate). Oltre a mirare alla riduzione delle emissioni e dei consumi energetici, senza poter penalizzare le prestazioni di durabilità, l'ulteriore esigenza è quella di favorire la posa in opera dei materiali, per ridurre i tempi di realizzazione e renderli compatibili con **esigenze operative che lasciano sempre meno tempo per le attività di costruzione e manutenzione**. D'altra parte, deve anche essere sottolineato che la corretta realizzazione degli interventi progettati è un aspetto imprescindibile per il raggiungimento delle prestazioni progettualmente previste per le soluzioni innovative adottate: l'attività di verifica, da attuare secondo norme tecniche di capitolato specificatamente sviluppate per ciascuno dei materiali impiegati, rappresenta un ulteriore passo da compiere affinché l'impiego di materiali innovativi possa effettivamente diventare di comune impiego.

Questi materiali, quando opportunamente integrati in una pianificazione manutentiva programmata, permettono di ridurre interventi straordinari, aumentare la durabilità complessiva delle pavimentazioni e diminuire l'impronta di carbonio associata alla costruzione e manutenzione delle infrastrutture.

Sul piano regolatorio, strumenti normativi di fondamentale rilevanza sono le Linee Guida ENAC che, attraverso il Catalogo delle Pavimentazioni Aeroportuali (LG 2019/005-APT) forniscono pacchetti tipologici standardizzati e criteri di dimensionamento adattati al contesto nazionale, che affiancano i metodi razionali e meccanicistici di matrice internazionale, oltre alle Linee Guida 3/2015-APT per l'implementazione di un insieme di procedure sistematiche ed obbiettive, l'Airport Pavement Management System (APMS), presso gli aeroporti certificati, definendone componenti, dati richiesti, modelli previsionali e criteri di programmazione pluriennale.

Manutenzione programmata e gestione sostenibile

La manutenzione rappresenta l'**elemento cardine per garantire sicurezza, continuità operativa e sostenibilità delle pavimentazioni aeroportuali**. La pianificazione programmata consente di individuare il momento ottimale per ogni intervento, massimizzando l'efficacia tecnica e riducendo i costi complessivi, ottimizzandone anche i benefici ambientali.

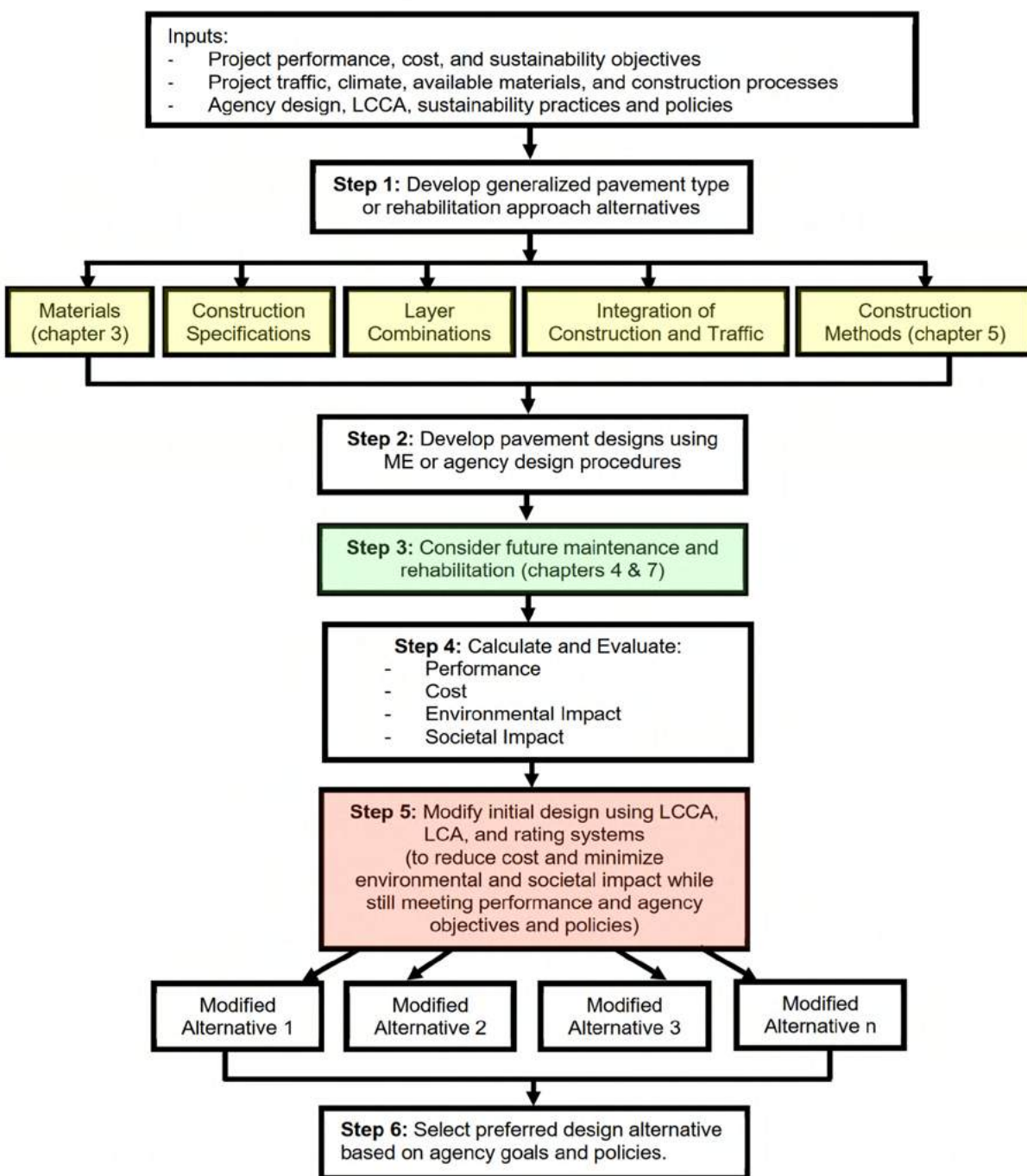


Figura 1 - Overall process for considering sustainability in pavement design (FHWA-HIF-16-012)

I più evoluti Pavement Management Systems (PMS) integrano dati provenienti da ispezioni visive, rilievi ad alta precisione ed alto rendimento (come, ad esempio, LCMS per la valutazione dello stato fessurativo superficiale e la definizione dell'indice PCI, HWD per la definizione delle condizioni di portanza e del parametro PCR, GPR per la determinazione degli spessori degli strati delle pavimentazioni) e sistemi predittivi basati su intelligenza artificiale e algoritmi di machine learning. Sono numerose le esperienze, nazionali e internazionali, riportate in letteratura che possono dimostrare come la strutturata implementazione di **sistemi APMS** determini significativi risparmi sui costi di ciclo vita, una riduzione significativa delle emissioni ed una migliore efficienza operativa delle infrastrutture di volo.

Conclusioni

In un contesto sempre più orientato alla decarbonizzazione del sistema dei trasporti, **la manutenzione programmata** delle pavimentazioni aeroportuali rappresenta non solo una necessità tecnica, ma **un'opportunità strategica fondamentale**.

L'integrazione tra tecnologie avanzate, materiali innovativi e un approccio gestionale basato su dati predittivi consente di garantire maggiore sicurezza, riduzione dei costi e minore impatto ambientale. Gestori e progettisti hanno il compito di trasformare la manutenzione in un driver di sostenibilità, consolidando la leadership tecnica e ambientale da sempre riconosciuta al settore aeroportuale.

Riferimenti

1. M. Reza Pouranian and Mehdi Shishehbor, *Sustainability Assessment of Green Asphalt Mixtures: A Review*, *Environments*, 6, 73 – 2019.
2. ENAC – Linea Guida 3/2015-APT, *Airport Pavement Management System*.
3. ENAC – Linea Guida 2019/005-APT, *Catalogo delle Pavimentazioni Aeroportuali*.
4. FAA Advisory Circular AC 150/5320-6F, *Airport Pavement Design and Evaluation*, U.S. Department of Transportation (2023).
5. FAA Advisory Circular AC 150/5380-7B, *Airport Pavement Management Program (PMP)*, U.S. Department of Transportation (2014).
6. ICAO Annex 14 – Aerodromes, Volume I (2022).
7. Decreto Ministeriale 5 agosto 2024 – Criteri Ambientali Minimi per infrastrutture stradali.
8. Wang, Y. et al., *Sustainable Airport Pavement*

Technologies: A Global Review, Construction and Building Materials, 2021.

9. Ozer, H., Al-Qadi, I., & Harvey, J. (2016).

Strategies for Improving the Sustainability of Asphalt Pavements, FHWA-HIF-16-012.

10. EAPA/Eurobitume, *Sustainability of Asphalt Pavements in Europe*, 2020.

11. EASA - *Certification Specifications and Guidance Material for Aerodrome Design (CS-ADR-DSN)*, Issue 7, 17 May 2025.

12. EASA - *Easy Access Rules for Aerodromes (Regulation (EU) No 139/2014)*, April 2022.

13. Minghou Li et al., *A state-of-the-art assessment in developing advanced concrete materials for airport pavements with improved performance and durability*, *Case Studies in Construction Materials* 21, 2024

14. Jamieson S., White G. and Verstraten L., *Principles for Incorporating Recycled Materials into Airport , Pavement Construction for More Sustainable Airport Pavements*, *Sustainability* 16, 2024

4U MASTERSAP *for you*



USER ORIENTED
for you



UNIVERSALE
for you



UNICO
for you

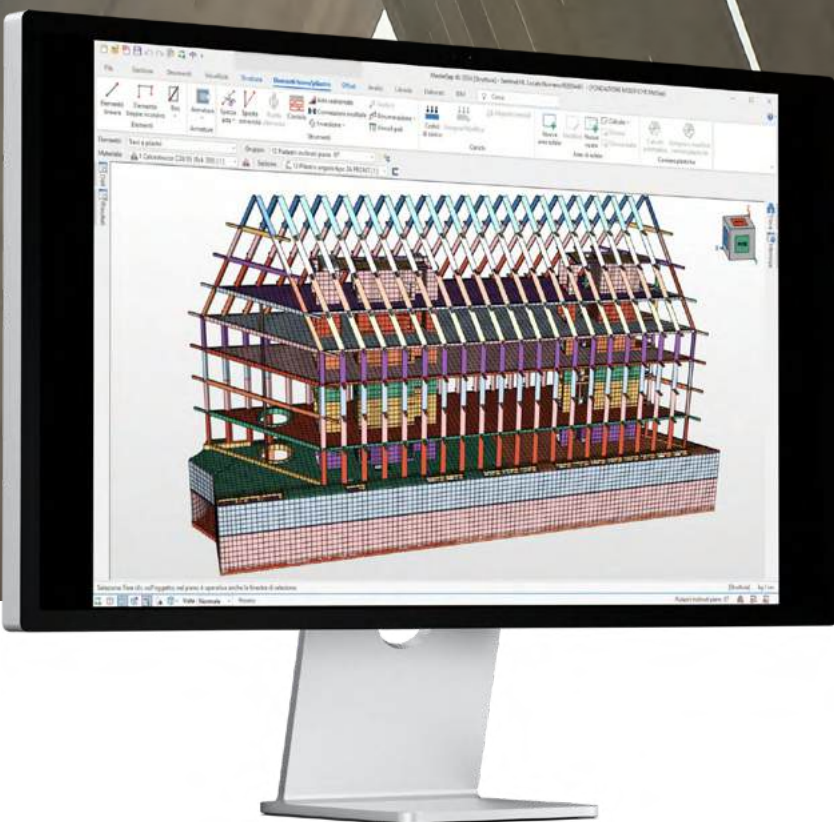


UP-TO-DATE
for you

Opzioni flessibili di acquisto. Puoi scegliere la soluzione più adatta alle tue esigenze, anche in **ABBONAMENTO ANNUO**.

Immagina un mondo dove la progettazione incontra l'intuizione. Un luogo unico dove le tue esigenze di progettazione trovano facilmente risposta, in un modo che non hai mai sperimentato prima.

Noi di AMV abbiamo immaginato questo futuro e abbiamo lavorato per te #4U



L'adattamento climatico, l'esperienza dello scalo milanese

GIORGIO MEDICI

Direttore di environment and funded initiatives, SEA Aeroporti di Milano

DAVIDE CANUTI

Responsabile environmental assessment and certifications, SEA Aeroporti di Milano

FABIO OCCULTI

Ingegnere ambientale, SEA Aeroporti di Milano

Il settore dell'aviazione, per sua natura intrinseca, è profondamente interconnesso con le dinamiche climatiche e meteorologiche. L'aumento globale degli eventi meteorologici estremi, derivante dal cambiamento climatico, sta già manifestando impatti tangibili sulle operazioni aeroportuali, minacciando la sicurezza e la continuità dei servizi. In questo scenario, SEA S.p.A., gestore degli aeroporti di Milano Malpensa e Milano Linate, ha sviluppato il **Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PACC)**, uno strumento strategico e programmatico volto a rafforzare la resilienza delle proprie infrastrutture e procedure. Il PACC si inserisce in un quadro di crescente vulnerabilità del network aeroportuale europeo. L'analisi ventennale dei ritardi causati da meteo avverso registrati a Malpensa, evidenziata nelle figure seguenti, mostra come in Lombardia i ritardi dovuti a condizioni meteorologiche si siano progressivamente concentrati nel periodo estivo, in controtendenza rispetto alla stagione invernale che, fino ai primi anni 2000, rappresentava la fase più critica nel Nord Italia per problemi connessi a nebbia e a precipitazioni nevose (Figura 1 e 2). I dati forniti da Eurocontrol per il periodo giugno-agosto 2024 mostrano un preoccupante peggioramento delle performance operative: nonostante un aumento del traffico del 4,7% in termini di movimenti di aeromobili,

i ritardi dovuti alle condizioni meteo in rotta sono aumentati del 48% rispetto al 2023, evidenziando una correlazione diretta tra l'intensità dei fenomeni atmosferici e l'efficienza operativa (Figura 3).

Gli impatti del clima non si limitano ai soli ritardi. Fenomeni come le piogge intense hanno già provocato significative interruzioni. A Malpensa, un evento di precipitazione del 16 settembre 2021 ha bloccato gli arrivi e le partenze per 3,5 ore, causando 55 cancellazioni e 20 voli con ritardo superiore a 60 minuti. Un evento ancora più recente, il 26 agosto 2024, ha causato un blocco di 1 ora, 37 cancellazioni e 113 voli con ritardi significativi. Parallelamente, l'innalzamento delle temperature estive e l'acuirsi delle escursioni termiche stanno determinando una maggiore frequenza di interventi di manutenzione sulle pavimentazioni aeroportuali, per il deterioramento accelerato dei materiali. Nel solo periodo estivo del 2024, SEA ha attivato 10 interventi di ripristino non pianificato delle pavimentazioni aeroportuali per garantirne il mantenimento delle necessarie caratteristiche strutturali. Lo studio climatico sviluppato da SEA, è integrato nel percorso del progetto Re-MXP, finanziato dal programma CEF 2, nato come prima risposta concreta alla necessità di adattare le infrastrutture di Malpensa ai mutati cambiamenti climatici riducendone la vulnerabilità.

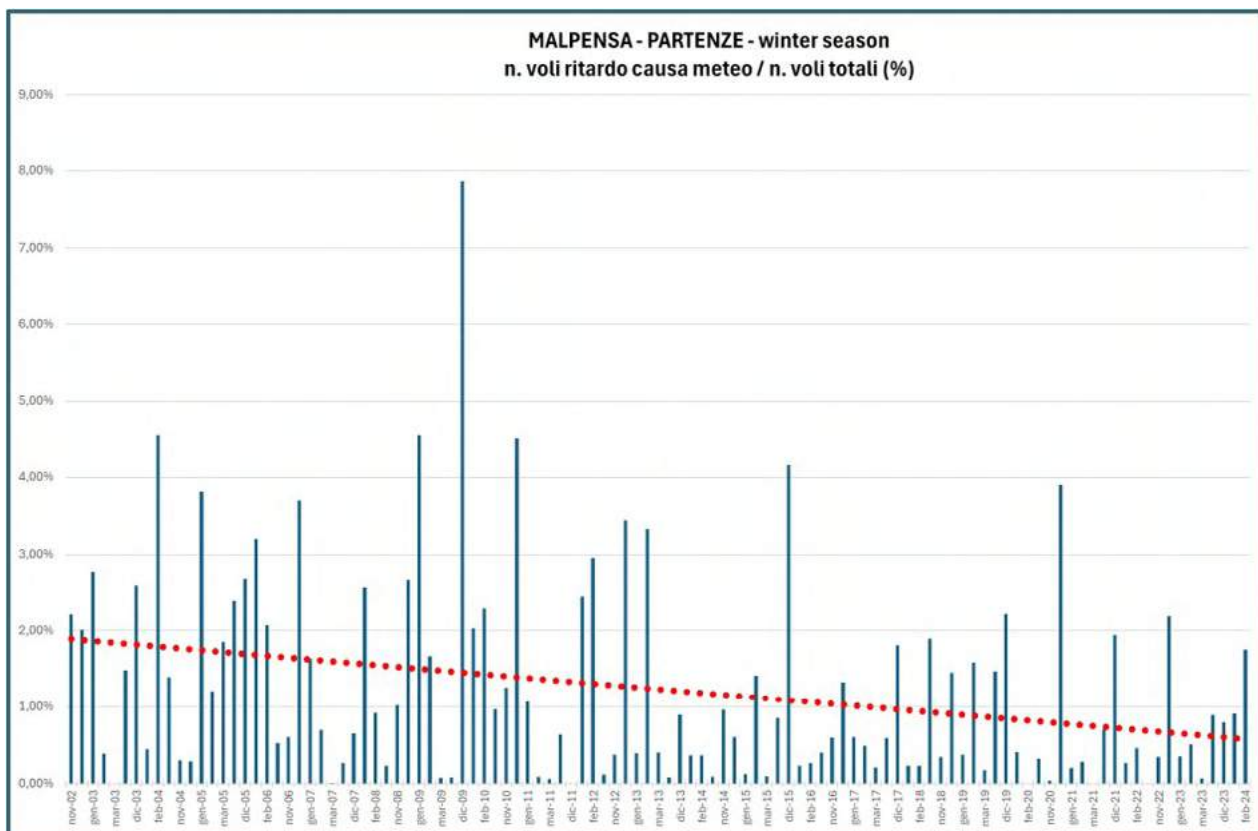


Figura 1

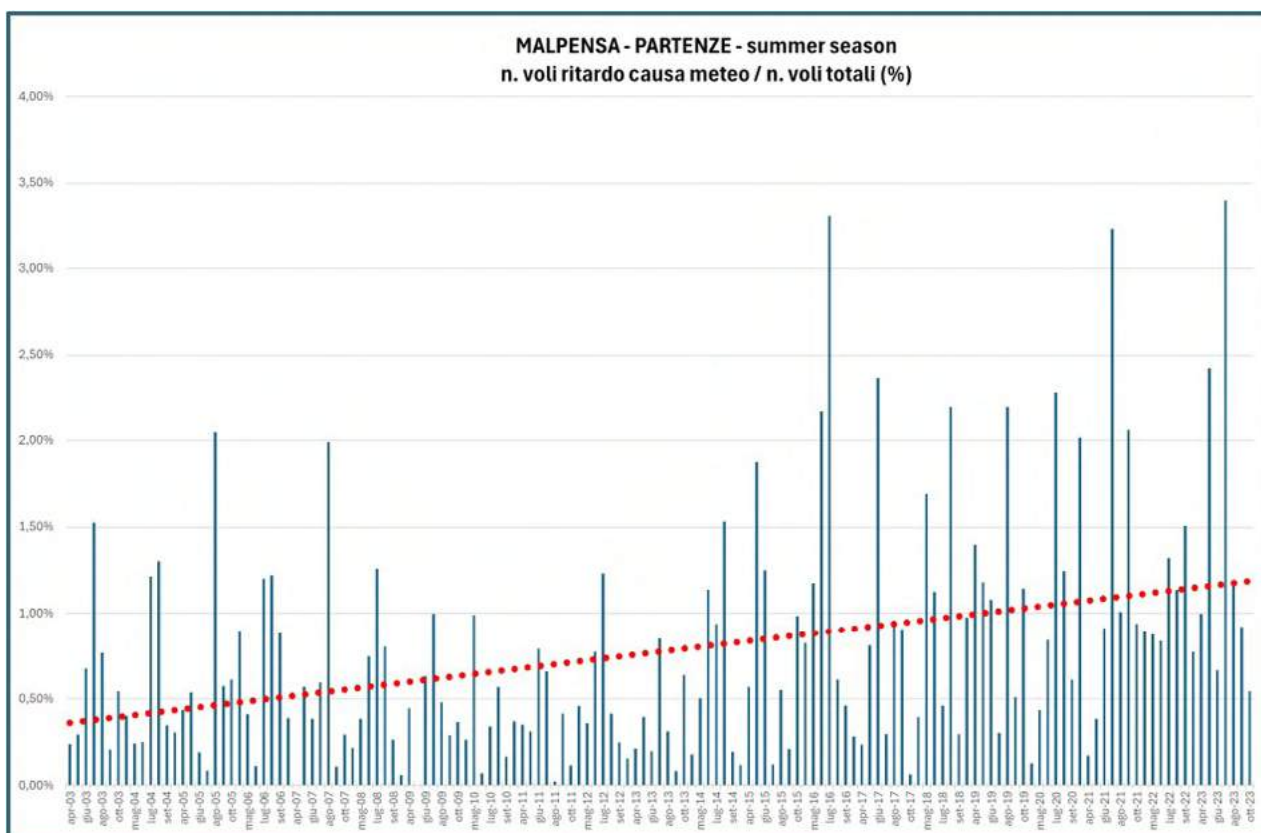


Figura 2



Figura 3

Scopo e obiettivi strategici del PACC

L'obiettivo primario del PACC è ridurre i rischi associati ai cambiamenti climatici per mantenere elevati standard di sicurezza e garantire la continuità operativa. Il piano si propone di agire su tre fronti principali:

- 1. Sicurezza e continuità:** Garantire che gli eventi meteorologici estremi non compromettano i livelli di safety e l'operatività aeroportuale.
- 2. Integrazione della resilienza:** Incorporare la resilienza climatica nelle procedure operative quotidiane e nei criteri di sviluppo e pianificazione futuri.
- 3. Contributo di sistema:** Collaborare con gli stakeholder (come ENAC, ENAV, Regione, Città Metropolitana, Comune) per far sì l'aeroporto diventi un valore aggiunto per l'intero sistema territoriale, sia perché assicura la mobilità e i collegamenti, sia perché diventi un nodo strategico nella gestione delle emergenze e un punto di riferimento per il network aereo.

L'approccio metodologico: un processo analitico in quattro fasi

Il PACC si basa su un approccio metodologico strutturato in quattro fasi interconnesse, in linea con le best practice internazionali, incluse le raccomandazioni dell'European Aviation Climate Change Adaptation working group, guidato da Eurocontrol ed ACI Europe.

Fase A: analisi climatica

Questa fase iniziale consiste nell'analisi degli scenari climatici futuri per identificare i potenziali pericoli climatici.

Il periodo 1986-2005 è stato utilizzato per rappresentare le condizioni di baseline, ricostruite a partire dai dati monitorati dalle stazioni meteorologiche regionali lombarde. Le proiezioni climatiche sono state eseguite su 2 orizzonti temporali: 2040, per il breve termine, e 2060 per il medio termine. Tali proiezioni sono state elaborate sulla base dei seguenti scenari climatici IPCC (International Panel on Climate Change):

- Scenario RCP4.5 -> aumento medio di temperatura al 2100 pari a +3°C
- Scenario RCP8.5 -> aumento medio di temperatura al 2100 pari a +5°C

Gli scenari climatici selezionati sono più conservativi rispetto all'obiettivo dell'Accordo di Parigi (RCP1.9 che prevede +1,5°C al 2100), e risultano allineati con le indicazioni ricevute nell'ambito dell'European Aviation Climate Change Adaptation working group, guidato da Eurocontrol ed ACI Europe. L'analisi ha permesso di individuare trend specifici per l'area milanese, tra cui:

- Aumento delle temperature medie annuali;
- aumento di eventi estremi legati alla temperatura (ondate di calore, giorni estivi, notti tropicali) e una diminuzione dei giorni di gelo;
- variazione non significativa nelle precipitazioni totali annuali, ma un aumento dei giorni molto piovosi e del massimo di precipitazione giornaliera;
- aumento di eventi a carattere temporalesco caratterizzati da forti raffiche di vento.

Fase B: analisi di rischio climatico

Le evoluzioni ed i relativi pericoli climatici, stimati così come descritto al punto

precedente, sono stati analizzati per individuare gli impatti climatici prevedibili nel futuro e come essi possano svilupparsi sugli “elementi esposti” dell’aeroporto (infrastrutture, operatività, personale, ecc.) per valutarne il rischio. Il rischio viene calcolato in base a una matrice che combina la Probabilità (quanto è probabile che un impatto si verifichi) e la Severità (quanto gravi sarebbero le conseguenze).

Per gli aeroporti di Malpensa e Linate, sono stati identificati e valutati numerosi impatti, tra cui si riportano brevemente i più significativi:

- **Temperature:** surriscaldamento degli edifici, stress termico per il personale, problemi al peso massimo al decollo (MTOW) degli aeromobili a causa della rarefazione dell’aria e dell’aumento della domanda energetica per il raffrescamento.
- **Precipitazioni:** allagamenti localizzati per crisi del sistema di drenaggio, danni alle infrastrutture e, per Linate, rischio di esondazione del fiume Lambro.
- **Venti e tempeste:** danni diretti alle infrastrutture e all’operatività, oltre a rischi per la salute e la sicurezza del personale e dei passeggeri (Figura 4).

Fase C: identificazione delle misure di mitigazione

Una volta mappati gli impatti ed i relativi rischi, il piano identifica e prioritizza le misure di mitigazione necessarie. Vengono distinte le misure già in corso da quelle da implementare in futuro. Per Malpensa, sono state individuate circa 15 misure esistenti e 30 da implementare, tra cui:

- **Misure esistenti:** procedure operative specifiche, piani di manutenzione, interventi di adeguamento del sistema di drenaggio delle acque (progetto Re-MXP).
- **Misure da implementare:** studi di fattibilità (idraulici, efficientamento energetico), revisione e aggiornamento delle procedure operative e standard progettuali, e l’implementazione dell’Airport Operation Plan (AOP).

Per Linate, le misure seguono una logica simile, con particolare attenzione al rischio di esondazione del fiume Lambro, per il quale sono previsti studi idraulici specifici e l’aggiornamento di procedure operative ad hoc (Figura 5).

IMPATTI CLIMATICI - MALPENSA		SCORE
①	Superamento del flashpoint del carburante nelle giornate calde/aumento del rischio incendio	MEDIO
②	Fuoriuscita di carburante dagli aerei durante le giornate con temperature calde estreme	BASSO
③	Danni da surriscaldamento alle infrastrutture	MEDIO
④	Surriscaldamento degli edifici operativamente significativi	MEDIO
⑤	Problemi in fase di decollo degli aeromobili dovuti al surriscaldamento dell'aria (MTOW).	BASSO
⑥	Aumento della domanda energetica per il raffrescamento durante l'estate che comporta un aumento della spesa energetica e delle emissioni.	ALTO
⑦	Stress termico per il personale, in particolare per coloro che svolgono ruoli altamente fisici	MEDIO
⑧	Impatti sulla salute e sul comfort termico dovuti a ondate di calore per il personale e per i passeggeri all'interno dei terminal e sugli aeromobili nei piazzali.	MEDIO
⑨	Danni da gelo/disgelo delle superfici causate da temperature invernali estremamente variabili	BASSO
⑩	Temperature basse estreme che comportano problemi per la sicurezza e l'operatività aeroportuale	BASSO
⑪	Allagamenti localizzati dovuti a piogge intense che mandano in crisi il sistema di drenaggio delle acque meteoriche.	ALTO
⑫	Danni diretti alle infrastrutture e alla operatività dovuti a precipitazioni estreme:	MEDIO
⑬	Diminuzione della disponibilità di acqua a causa di condizioni di siccità	MEDIO
⑭	Danni diretti alle infrastrutture e alla operatività dovuti a tempeste	MEDIO
⑮	Aumentato rischio per la salute e la sicurezza del personale e dei passeggeri dovuto a tempeste	MEDIO
⑯	Venti forti durante tempeste che possono causare danni ad infrastrutture e alla operatività	MEDIO

Figura 4

Fase D: monitoraggio e revisione

Il PACC non è un'iniziativa isolata, ma un processo dinamico integrato nelle attività aziendali di SEA. Il piano prevede un monitoraggio annuale per verificarne l'efficacia e i progressi, e una revisione complessiva ogni cinque anni. Questo approccio garantisce l'aggiornamento costante dell'analisi climatica, della valutazione dei rischi e delle misure di adattamento, mantenendo il piano sempre attuale e reattivo ai cambiamenti.

Interventi e piani futuri

La stesura del PACC ha rappresentato per SEA un'importante occasione per fare il punto sulle azioni di mitigazione già avviate o in corso, permettendo di censirle e organizzarle in modo sistematico. Tra le principali si riportano

- **Sistemi di drenaggio:** investimenti significativi per l'adeguamento dei sistemi di smaltimento delle acque a Malpensa (Progetto Re-MXP, 7,8 M€) e a Linate (con studi idraulici e interventi sulle reti).
- **Manutenzione infrastrutturale:** adozione di nuove miscele superperformanti per le pavimentazioni, con un costo superiore del 10-18% rispetto alle precedenti, ma con una maggiore resistenza.
- **Sensoristica avanzata:** installazione di nuovi sensori per rilevare il deposito di precipitazioni sulle piste e per misurare in tempo reale la forza del campo elettrico atmosferico, fornendo pre-allarmi per temporali e fulminazioni.

Conclusioni

Il Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici di SEA rappresenta un esempio di gestione strategica del rischio climatico nel settore aeroportuale. Integrando l'analisi scientifica, la valutazione dei rischi e la pianificazione di interventi mirati, SEA si prepara a fronteggiare in modo proattivo gli effetti del riscaldamento globale. L'adozione di un approccio metodologico rigoroso e la previsione di un ciclo di revisione continuo testimoniano l'impegno dell'azienda nel garantire la resilienza a lungo termine, non solo delle proprie infrastrutture, ma dell'intero sistema aeroportuale e del suo ruolo critico nella rete dei trasporti.

I principali impatti attesi sugli scali di Milano

1. L'aumento della domanda energetica
2. Gli allagamenti localizzati (a Linate in particolare le esondazioni del fiume Lambro)
3. I danni diretti alle infrastrutture e indiretti all'operatività dovuti a tempeste / forti venti

Le azioni di mitigazione del rischio climate individuate

► 45 azioni individuate, di cui il 40% già implementato (o ongoing), il restante 60% è in fase di studio/verifica, tra cui in particolare:

Entrambi gli scali	❖ L'implementazione di rigorose procedure per la gestione delle emergenze meteo	✓
	❖ L'aggiornamento dei Pavement Resurfacing Standards per le infrastrutture di volo (aumento performance di resistenza al calore e drenaggio)	✓
	❖ La nuova sensoristica nella Maintenance Control Room tra cui 1) sensori di pista per il rilevamento dei depositi di precipitazione e la valutazione delle condizioni della pavimentazione 2) Sensori <i>Electric Field Mill</i> per la previsione dei fulmini	✓
MXP	❖ Ulteriori azioni di efficientamento energetico ed aggiornamento dei criteri di dimensionamento delle reti di drenaggio delle nuove infrastrutture	Ongoing
	❖ Il Progetto «Re-MXP» che prevede il miglioramento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e la realizzazione di uno Smart Monitoring System (SMS) per il monitoraggio in continuo della rete di smaltimento acque (in fase di studio la possibile estensione ad altre aeree)	Ongoing
LIN	❖ Interventi di regimentazione del fiume Lambro in adiacenza al sedime e aggiornamento studi sul sistema di smaltimento acque	✓
	❖ Definizione di una procedura operativa per la gestione del rischio esondazione Lambro	Ongoing

Figura 5



Per i servizi più affollati, c'è una Pucci su misura.



Pucci Tronic è la cassetta super-specializzata per i servizi di aeroporti, autogrill, stazioni e di tutti i luoghi percorsi da un pubblico vasto e con esigenze diversificate. Tronic è programmabile tramite App: si decide la distanza a cui entra in azione, da m. 0,50 a 1,50, e i litri di scarico, 9, 6 o 4, secondo le specifiche esigenze. È a impulso elettrico, quindi senza contatto, in grado di affrontare l'uso più stressante, perfettamente accessibile a tutti e aiuta a ridurre i consumi. Una cassetta da grande pubblico! Disponibile sui sistemi Rapido e Modulo che velocizzano l'installazione del wc sospeso in ogni contesto.

CASSETTE

PUCCI®

stile e tecnologia italiani



Come l'intelligenza artificiale sta cambiando il settore dei trasporti

ALBERTO SERVIENTI

Professore, Politecnico di Milano

VIRGINIO STRAMAZZO

Consulente, Gruppo SAVE

L'innovazione e l'Intelligenza Artificiale (IA) non sono più concetti teorici, ma forze motrici che stanno ridisegnando l'intero settore dei trasporti, con un impatto particolarmente evidente sui comparti aereo e ferroviario. **Le tecnologie digitali, il digital twin, la biometria, il machine learning e l'Intelligenza Artificiale sono alla base di un nuovo paradigma che promette di rendere la mobilità più efficiente, sicura, sostenibile e personalizzata.**

L'innovazione nel trasporto italiano è trainata da leader di settore e da diverse università, che agiscono come catalizzatori del cambiamento, ossia, in particolare, dal **Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane** (Gruppo FS) e da **Rete Ferroviaria Italiana** (RFI), da **Aeroporti di Roma** (AdR) e da **SEA Milan Airports**, da **ENAV**, dal **Politecnico di Milano** e dal **Politecnico di Torino**. **Questi grandi attori agiscono non solo come utenti di tecnologie, ma come veri e propri promotori dell'innovazione, investendo in progetti di ricerca, partnership e open innovation per plasmare attivamente il futuro dei rispettivi settori.**

L'aviazione del futuro

L'industria aeronautica si trova oggi a un punto di svolta, guidata dall'adozione di tecnologie digitali e di Intelligenza Artificiale (IA). Questa trasformazione non è una semplice evoluzione, ma una necessità strategica per affrontare le sfide crescenti della sostenibilità,

della sicurezza e della competitività. In un contesto in cui il traffico aereo continua a crescere (Figura 1), i vettori e gli scali aerei devono spostarsi da un modello di gestione reattiva a uno proattivo e predittivo.

Gestione del traffico aereo

L'IA sta rivoluzionando la gestione del traffico aereo in quanto funge da supporto per ottimizzare rotte e operazioni, ridurre tempi di volo e consumo di carburante, e mitigare i ritardi, aumentando così la capacità complessiva del sistema di trasporto aereo.

ENAV, il fornitore italiano di servizi di navigazione aerea, ha sviluppato il sistema **CLODES®** (Clouds Detection Expert System), che utilizza l'IA per acquisire e processare in tempo reale dati meteorologici sulle condizioni del cielo, fornendo informazioni dettagliate sulla copertura e la tipologia di nubi. Un altro esempio è il progetto **TADA**, uno strumento di IA sviluppato in collaborazione con **Deep Blue**, progettato per affiancare i controllori del traffico aereo nelle fasi terminali del volo, ottimizzando l'efficienza, la sicurezza e la sostenibilità di arrivi e partenze.

L'obiettivo è potenziare le capacità decisionali dei controllori in situazioni complesse. Questo modello di collaborazione tra uomo e macchina (*Human-AI Teaming*) è cruciale per un settore ad alta intensità di sicurezza, in quanto mitiga la resistenza culturale all'automazione e garantisce che la responsabilità finale rimanga sempre all'uomo.

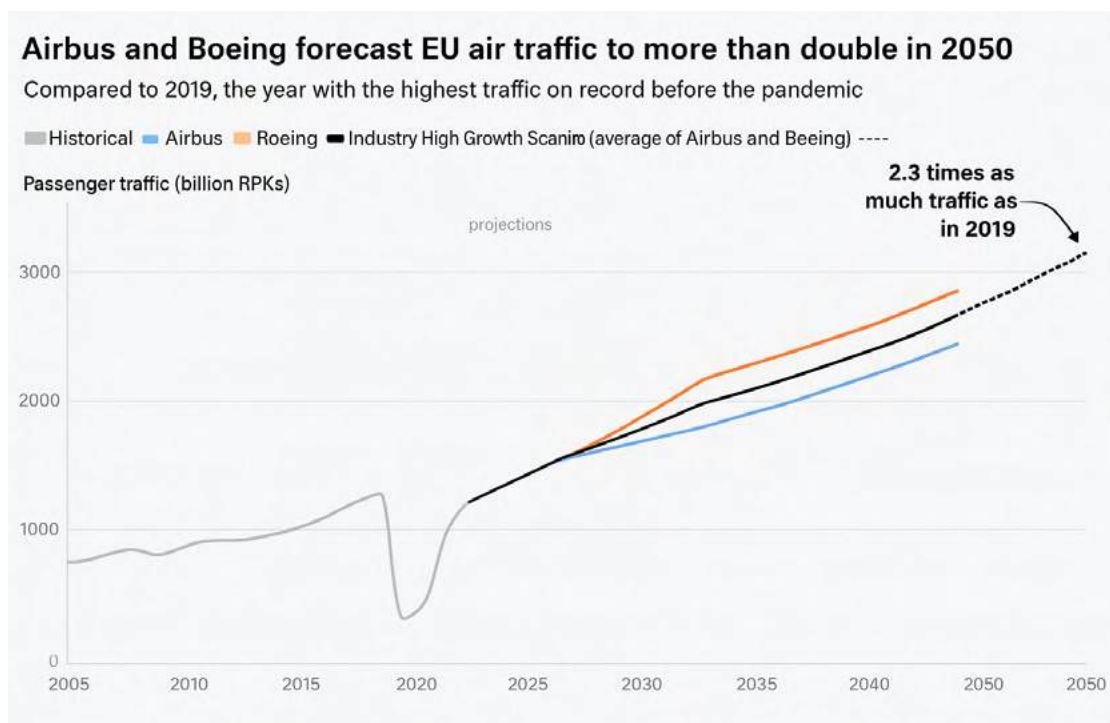


Figura 1 - Fonte: T&E Report – January 2025 – Airbus & Boeing

Gestione aeroportuale

Aeroporti di Roma (AdR) si distingue come pioniere e leader nella cultura dell'innovazione attraverso il suo **"Innovation HUB"** a Fiumicino, il primo acceleratore industriale in Italia per il settore aeronautico. Attraverso il programma **"Runway to the Future"**, l'azienda lancia **"Call for Startups"** globali per attrarre talenti e co-sviluppare soluzioni innovative per le sfide del settore, come la manutenzione predittiva, l'automazione dei processi a terra, la sostenibilità e l'esperienza passeggeri. Le startup selezionate ricevono un budget dedicato e l'opportunità di testare le loro soluzioni in un ambiente reale, con la prospettiva di un contratto commerciale, in caso di successo. L'approccio di AdR posiziona l'aeroporto come una vera e propria **"smart city"**, con infrastrutture e servizi interconnessi guidati dall'IA.

Il **FaceBoarding**, il servizio di riconoscimento facciale lanciato da **SEA Milan Airports** a Linate, è un chiaro esempio di come l'IA stia migliorando l'esperienza del passeggero. Questo sistema consente ai viaggiatori maggiore di accedere ai controlli di sicurezza e ai gate d'imbarco senza dover mostrare documenti d'identità o carte d'imbarco. Sviluppato in collaborazione con **ENAC** e **Polizia di Stato**, il servizio è facoltativo, ma rappresenta un passo significativo verso un'esperienza di viaggio "seamless", cioè senza interruzioni e più fluida.

Per i passeggeri l'adozione della biometria si traduce in controlli più rapidi, meno stress e maggiore fluidità nell'attraversare i punti di controllo dell'aeroporto. Per gli operatori, invece, comporta efficacia superiore nei controlli, maggiore efficienza dei costi e migliore prevenzione delle frodi.

L'IA, tramite **computer vision** e **robotica**, viene utilizzata per ottimizzare le operazioni a terra e la manutenzione delle infrastrutture aeroportuali. I sistemi di computer vision permettono di identificare i mezzi sull'APRON (Figura 2) e di monitorare e tracciare il movimento di ogni singolo bagaglio dal check-in al caricamento sull'aereo (Figura 3), riducendo significativamente gli smarrimenti e migliorando la soddisfazione dei passeggeri. Oltre alla gestione dei bagagli, la manutenzione predittiva, basata su sensori e IA, si estende alle infrastrutture critiche come gli impianti, con l'obiettivo di prevenire i guasti prima che si verifichino.

Compagnie aeree

In un'industria storicamente caratterizzata da margini di profitto ristretti, la manutenzione predittiva basata sull'IA è diventata un fattore competitivo cruciale. Il programma **"AI Skyways"** di **Qatar Airways**, per esempio, ha ridotto i tempi di fermo non pianificati degli aerei del 20% e i costi di riparazione del 15%. Analogamente, il sistema **APEX** di **Delta TechOps** analizza i dati in tempo reale dei motori (dotati di centinaia di sensori

(Figura 4) per ottimizzare le prestazioni e pianificare la manutenzione in modo efficiente, generando risparmi quantificabili in “otto zeri” e ottenendo un importante riconoscimento del settore nel 2024. Questi sistemi non solo migliorano la sicurezza, ma permettono anche di massimizzare la vita utile della flotta, riducendo i ritardi imprevisti e garantendo una maggiore affidabilità operativa.

diagnostica predittiva da parte di **Trenitalia** sui suoi treni dell'Alta Velocità. Un sistema di sensori avanzati e IA ispeziona in autonomia il sottocassa dei treni, monitorando in tempo reale componenti critici come freni e carrelli. Anche per le infrastrutture fisse, come i deviatori ferroviari, sono stati progettati sistemi predittivi non invasivi che, analizzando la forma d'onda della corrente di alimentazione,



Figura 2 - <https://viso.ai/applications/computer-vision-in-aviation/>



Figura 3 - <https://viso.ai/applications/computer-vision-in-aviation/>

L'IA in questo contesto è un investimento strategico, e non un semplice costo, che ottimizza le risorse e aumenta l'affidabilità.

Il settore ferroviario

Il settore ferroviario italiano, guidato da **Rete Ferroviaria Italiana (RFI)** e **Ferrovie dello Stato (FS)**, pone un forte accento sulla manutenzione predittiva delle infrastrutture. **RFI**, infatti, adotta l'IA nei propri processi manutentivi per ottimizzare le performance dell'infrastruttura e ridurre i costi operativi. Un esempio pratico si riscontra nell'uso della

possono determinare l'insorgenza di guasti. Questo approccio consente di prevenire malfunzionamenti prima che possano causare interruzioni, migliorando l'affidabilità del servizio. In contrasto, operatori privati come **Italo NTV** hanno una strategia più orientata al cliente e all'innovazione digitale. L'azienda si concentra sull'esperienza di viaggio a 360 gradi, offrendo servizi digitali come app e Wi-Fi a bordo, e stringendo partnership per la mobilità integrata (es. con **Uber**) per agevolare gli spostamenti da e verso le stazioni. Questo approccio ha permesso a Italo di attrarre una clientela sempre più numerosa, con l'obiettivo di raggiungere 30 milioni di passeggeri nei prossimi anni, rispetto ai 4 milioni del 2012. Oltre alla manutenzione, l'IA è un alleato per la sicurezza e l'ottimizzazione delle operazioni ferroviarie. Il **Gruppo FS Italiane** ha lanciato il progetto **SENTINEL I.T.**, un sistema basato su sensori e IA sviluppato in collaborazione con la startup **Guardian**, che mira a garantire la sicurezza dei viaggiatori e a prevenire furti e aggressioni sui convogli. L'esigenza nasce da un'analisi dei reati più diffusi a bordo dei treni, dimostrando come l'innovazione risponda a problemi concreti del servizio. Sul fronte della sicurezza della rete, la società italiana **A.I. Tech** ha sviluppato **AI-RAIL**, una soluzione di video analisi che sfrutta algoritmi di visione

artificiale e deep learning per rilevare ostacoli sui binari, distinguendo tra persone, veicoli e massi.

Conclusioni

Il settore dei trasporti in Italia (e nel mondo) è in una fase di profonda trasformazione, con l'Intelligenza Artificiale che agisce come un catalizzatore di efficienza, sicurezza e sostenibilità. Le tecnologie di IA stanno migliorando la manutenzione predittiva, la sicurezza dei passeggeri, la gestione del traffico e l'esperienza del cliente, con un impatto positivo misurabile, come l'aumento della puntualità dei treni. L'approccio prevalente, in settori critici come l'aviazione, non è quello di una completa automazione, ma di un supporto intelligente alle decisioni umane, garantendo un equilibrio fondamentale tra innovazione e sicurezza. Tuttavia, il percorso per una completa integrazione dell'IA non è ancora concluso. Per sbloccare il pieno potenziale di questa tecnologia e trasformare l'intero ecosistema dei trasporti in una "mobilità intelligente e sostenibile", è necessario affrontare con decisione le sfide strutturali esistenti. Un quadro normativo chiaro e stabile, che bilanci innovazione e sicurezza (come l'**AI Act**), è essenziale per

ridurre l'incertezza e stimolare gli investimenti privati. L'investimento in tecnologia non deve essere visto solo come un costo, ma come un fattore strategico per la competitività e la resilienza. L'adozione di un modello di "Human-AI Teaming" è la strada più promettente, in quanto massimizza i benefici dell'automazione senza sacrificare il ruolo centrale e la responsabilità dell'operatore umano. È necessario investire nella formazione del personale per superare la resistenza culturale e garantire una transizione fluida verso nuove modalità operative. L'adozione di modelli di *open innovation* e di acceleratori industriali, come l'Innovation Hub di Aeroporti di Roma, si dimostra efficace per attrarre talenti e soluzioni innovative. Promuovere la collaborazione tra grandi aziende, startup, centri di ricerca e università può accelerare il trasferimento tecnologico e creare un circolo virtuoso di crescita e innovazione che si estende a tutti i settori della mobilità. Il futuro dei trasporti sarà sempre più connesso, automatizzato e sostenibile. Sfruttando in modo intelligente le potenzialità dell'IA, si possono non solo modernizzare le infrastrutture, ma anche costruire un sistema di mobilità più efficiente, sicuro e resiliente, in linea con le aspettative dei cittadini e le sfide del XXI secolo.



AI-RAIL

AI per il rilevamento di ingombri sui binari

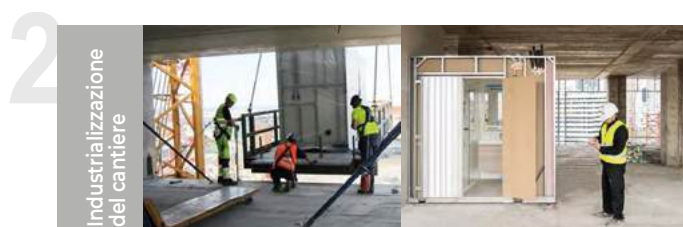
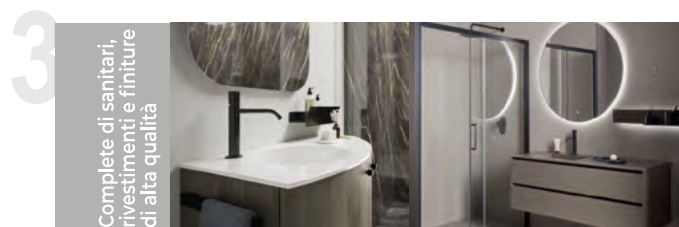


A.I. Tech
The Vision of the Future. Now.

Figura 4 - <https://www.aitech.vision/2023/10/18/a-i-tech-an-italian-company-operating-in-artificial-intelligence-launches-ai-rail-on-the-market-the-solution-for-the-safety-of-people-and-goods-in-the-railway-sector/>

Cellule bagno prefabbricate per edilizia off-site

Prefabricated bathroom pods modular off-site construction



unimetal-pods

Torre San Giorgio (CN) - Via Circonvallazione Giolitti, 92
unimetal@unimetal.net - Numero Verde 800577385

www.bathroompods.eu

Grottaglie, l'intelligenza artificiale nella progettazione civile

GIUSEPPE CARLO MARANO

Vicedirettore del dipartimento Ingegneria strutturale edile e geotecnica, Politecnico di Torino*

L' introduzione su larga scala dell'intelligenza artificiale (AI) sta trasformando profondamente tutte le attività umane, offrendo nuove capacità di analisi e supporto decisionale che stanno ridefinendo anche le prassi consolidate. **L'ingegneria civile, tradizionalmente meno propensa all'adozione di innovazioni rispetto ad altri settori dell'ingegneria**, ha recentemente avviato un processo di integrazione di strumenti basati su AI per migliorare l'efficienza e la qualità delle soluzioni progettuali. Tra queste innovazioni, la progettazione parametrica rappresenta un primo passo concreto verso l'adozione di approcci digitali avanzati. Essa consente l'implementazione di metodi di ottimizzazione strutturale attraverso modelli adattivi capaci di integrare, in un unico ambiente di controllo, aspetti strutturali, geotecnici, impiantistici ed economici. In questo articolo si analizzano le potenzialità di tale approccio attraverso il caso studio della progettazione dell'hangar dello spatioporto di Grottaglie. L'opera, concepita per ospitare i "Sistemi Veicolo" destinati a voli suborbitali, presenta un'elevata complessità progettuale, con numerosi vincoli di natura diversa e una forte interdipendenza tra architettura, strutture, impianti e logistica. Il gruppo di progettazione, in collaborazione con il laboratorio ArtIStE e del Politecnico di Torino, ha sviluppato il progetto attorno a un modello parametrico, che si è dimostrato capace di gestire in modo dinamico e flessibile la complessità progettuale. Questo approccio ha facilitato l'integrazione interdisciplinare

delle competenze, garantendo al contempo un controllo più efficace sulle variabili progettuali. L'esperienza ha permesso di valutare i **vantaggi della progettazione parametrica in termini di integrazione, efficienza, ottimizzazione strutturale e capacità di adattamento alle richieste evolutive della committenza**. Il progetto si configura quindi come un esempio paradigmatico di innovazione, evidenziando le potenzialità di un'integrazione sempre più estesa dell'intelligenza artificiale nella progettazione infrastrutturale.

Introduzione

L'evoluzione delle tecnologie informatiche ha avuto un impatto profondo su tutti i settori della vita umana, inclusi ambiti tradizionalmente considerati meno permeabili all'innovazione, come l'architettura, l'ingegneria civile e il settore delle costruzioni (AEC) [1]. Negli ultimi anni, l'intelligenza artificiale (AI) ha iniziato a rivoluzionare il processo progettuale, introducendo strumenti in grado di analizzare grandi volumi di dati e generare soluzioni autonome o semi-autonome, ottimizzate secondo parametri specifici e integrate con il contributo decisionale umano [2]. Questo cambiamento di paradigma non implica la sostituzione del progettista, ma piuttosto una sua evoluzione: l'ingegnere, grazie all'integrazione con l'AI, può **potenziare la propria capacità creativa sfruttando le possibilità offerte dalla computazione avanzata**.

* Sistema Veicolo - Sistema inteso per volare nello spazio aereo superiore, o attraversarlo, e composto da uno o più veicoli, generalmente denominati anche stadi.

Gli stadi di un sistema veicolo possono avere diversi tipi di sistemi di propulsione. Per veicolo si intende qualunque mezzo per volare nell'atmosfera o nello spazio aereo superiore (volume dello spazio aereo tipicamente al di sopra di Flight Level 660).

In questo modo, è possibile affinare il processo decisionale in tutte le fasi della progettazione, dalla concezione preliminare ai dettagli esecutivi, ottenendo migliori prestazioni, maggiore efficienza e un controllo più efficace delle variabili progettuali [3].

Numerose pubblicazioni scientifiche riconoscono ormai l'AI come uno strumento strategico emergente nel settore AEC [4], capace di migliorare significativamente le prestazioni dei metodi tradizionali. Se l'introduzione del CAD negli anni '80 e lo sviluppo del BIM nei primi anni 2000 hanno segnato tappe fondamentali nella digitalizzazione della progettazione, l'AI si configura come **un'evoluzione di ordine superiore**: non si limita alla gestione e rappresentazione dei dati, ma incide direttamente sul paradigma progettuale.

A differenza del CAD, che ha ottimizzato il disegno tecnico, e del BIM, che ha integrato i dati in modelli informativi complessi, l'intelligenza artificiale introduce un'automazione intelligente e predittiva nelle fasi di concezione, analisi e dettaglio. Questa tecnologia consente di interpretare pattern complessi, generare soluzioni progettuali in tempo reale e gestire il processo in modo più dinamico, adattivo e proattivo [5].

Nonostante le straordinarie potenzialità già evidenti in settori come la guida autonoma, la generazione di contenuti digitali e la simulazione predittiva, la pratica progettuale nel settore AEC non ha ancora adottato in modo esteso la trasformazione abilitata dall'intelligenza artificiale. La causa principale risiede nella resistenza culturale e operativa del settore, storicamente fondato su approcci consolidati, sull'esperienza pregressa e sull'utilizzo di modelli semplificati, spesso conservativi, che limitano l'apertura verso soluzioni più performanti e innovative.

Per superare questa barriera e favorire una progressiva integrazione dell'AI nella progettazione civile, è necessario adottare una strategia di transizione per fasi, evitando introduzioni troppo repentine che rischierebbero di generare resistenze o inefficacia operativa.

In questo contesto, un passaggio chiave è rappresentato dalla diffusione della progettazione parametrica, che costituisce una base solida per l'integrazione futura di strumenti intelligenti [6,7]. I modelli parametrici, infatti, consentono di schematizzare in modo efficiente le opere, collegando in un unico sistema dinamico

le componenti specialistiche del progetto - strutturali, geotecniche, impiantistiche, termotecniche ed economiche - e integrandole con gli aspetti informativi e rappresentativi propri del BIM. Pur non sfruttando appieno le funzionalità avanzate dell'intelligenza artificiale, la progettazione parametrica ha già dimostrato di migliorare sensibilmente la produttività progettuale. Essa consente un'esplorazione più ampia delle soluzioni, un controllo più preciso sui risultati finali e una maggiore capacità di adattamento ai vincoli progettuali e alle esigenze del committente. **L'utilizzo di un modello parametrico ben strutturato**, con parametri controllati dal progettista — che rimane sempre al centro del processo decisionale — permette di valutare numerose configurazioni progettuali, verificandone in modo efficiente la fattibilità economica, le prestazioni tecniche e la conformità ai vincoli. Una volta sviluppato, il modello può essere impiegato per ottimizzare rapidamente le variabili chiave del progetto, riducendo sensibilmente i tempi di elaborazione e aumentando l'accuratezza delle analisi [8].

Il presente lavoro propone l'adozione della progettazione parametrica come primo passo concreto per una transizione graduale verso una progettazione assistita dall'intelligenza artificiale. Viene offerto un quadro metodologico su come l'integrazione dei modelli parametrici possa supportare efficacemente la progettazione civile e architettonica, contribuendo al miglioramento della qualità progettuale e alla competitività del settore AEC. Oltre a un'analisi delle principali caratteristiche e metodologie proprie della progettazione parametrica, lo studio si focalizza su un caso applicativo di particolare rilevanza: la progettazione strutturale e architettonica dell'hangar principale dello spaziorporto italiano, promosso da ENAC, Regione Puglia ed attuato dal gestore **Aeroporti di Puglia** S.p.A. e destinato a sorgere presso l'aeroporto "Marcello Arlotta" di Grottaglie. L'opera, di elevata complessità ingegneristica e architettonica, si inserisce in un contesto strategico per lo sviluppo del settore aerospaziale nazionale, con caratteristiche dimensionali e funzionali eccezionali.

All'interno del processo progettuale complessivo, il Politecnico di Torino ha contribuito con lo sviluppo del modello parametrico, grazie al lavoro del Parametric Design Group del laboratorio ArtiStE. Questo contributo si è concentrato sull'implementazione di un approccio parametrico avanzato, che ha consentito

di gestire in modo dinamico e adattivo l'evoluzione progettuale, supportando l'integrazione tra le diverse discipline e rispondendo efficacemente sia alle richieste specifiche della committenza, sia alle variabili tecniche connesse alle operazioni aerospaziali.

Grazie alla modellazione parametrica, è stato possibile garantire una flessibilità progettuale elevata, ottimizzare le prestazioni strutturali, ridurre l'impatto ambientale e ottenere soluzioni architettoniche coerenti con le esigenze del sito e delle operazioni aeroportuali. **L'hangar è stato concepito come un sistema modulare basato su sei portali reticolari spaziali**, disposti con interasse costante e caratterizzati da una luce interna di 78,72 metri e un'altezza massima di 26,25 metri. Il progetto ha dovuto rispettare specifici vincoli geometrici, tra cui il limite di altezza imposto dalle Normative ICAO/EASA/ENAC, a causa della prossimità alla pista di volo. All'interno della struttura dovevano inoltre trovare spazio attività di manutenzione dei velivoli, uffici tecnici e un percorso dedicato ai visitatori del futuro museo dell'aerospazio, anch'esso incluso nel progetto complessivo dello spaziorpoto. L'utilizzo di un modello parametrico ha permesso l'automatizzazione di operazioni ripetitive, la gestione ottimizzata delle variabili progettuali e un'elevata capacità di adattamento alle modifiche richieste, sia da parte delle discipline specialistiche coinvolte sia dalla committenza, le cui esigenze si sono evolute nel tempo. La struttura progettuale, centrata su un modello parametrico dell'opera, ha reso possibile il confronto e la sintesi tra esigenze diverse, garantendo coerenza e reattività lungo l'intero processo. Questo caso studio rappresenta un esempio paradigmatico di come la progettazione parametrica possa contribuire a trasformare radicalmente il settore AEC, promuovendo una transizione progressiva e altamente efficace verso l'integrazione dell'intelligenza artificiale nella progettazione infrastrutturale.

L'intelligenza artificiale nell'ingegneria civile: progettazione parametrica

Dal CAD al BIM, fino all'attuale integrazione dell'intelligenza artificiale, l'ingegneria civile e l'architettura hanno attraversato un'evoluzione tecnologica senza precedenti, caratterizzata da un aumento progressivo della precisione, della collaborazione interdisciplinare e della capacità predittiva. Oggi, **l'AI si integra in modo sempre più naturale nei flussi di lavoro basati su BIM**, abilitando una progettazione dinamica,

adattiva e informata, in grado di affrontare sfide complesse con maggiore efficienza e riducendo sensibilmente i margini di errore. L'intelligenza artificiale non costituisce soltanto un avanzamento tecnologico, ma rappresenta un vero e proprio cambiamento strutturale nel modo di concepire e sviluppare il progetto. Grazie alla capacità di analizzare grandi moli di dati, riconoscere pattern complessi e generare soluzioni autonome o semi-autonome, l'AI si configura sempre più come partner strategico del progettista, piuttosto che come semplice strumento di supporto. Lungi dal sostituire il professionista, l'AI ne potenzia le capacità decisionali, **automatizzando attività ripetitive e liberando tempo e risorse per concentrarsi su aspetti creativi e strategici del processo progettuale**.

Uno degli ambiti metodologici più promettenti per l'integrazione dell'intelligenza artificiale nel settore AEC è la progettazione parametrica. Questo approccio rappresenta una base ideale per l'applicazione di algoritmi intelligenti, poiché consente di strutturare il progetto attraverso parametri e relazioni che l'AI può elaborare, modificare e ottimizzare in modo efficiente. A differenza dei metodi tradizionali, in cui la produzione di varianti progettuali è limitata dal tempo disponibile e dalla capacità esplorativa del singolo progettista, l'integrazione tra AI e progettazione parametrica consente di simulare e analizzare, in tempi estremamente ridotti, un ampio spettro di configurazioni spaziali, distributive e strutturali, ottimizzate secondo criteri prestazionali specifici. Il progettista definisce i vincoli iniziali, mentre l'algoritmo elabora un vasto insieme di soluzioni compatibili, esplorando lo spazio delle possibilità progettuali mediante modelli di ottimizzazione avanzati, tra cui algoritmi genetici, reti neurali artificiali e sistemi basati su vincoli. Il risultato non è una semplice combinazione automatica di elementi, ma un ventaglio di soluzioni progettuali validate da criteri ingegneristici, spesso capaci di individuare configurazioni innovative e inattese, difficilmente ottenibili attraverso i metodi convenzionali. **La progettazione parametrica rappresenta un primo passo concreto nella transizione verso una progettazione assistita dall'intelligenza artificiale**. Essa favorisce una gestione più flessibile e adattiva dei progetti e pone le basi per un futuro in cui l'AI e l'ingegno umano opereranno in sinergia, contribuendo a ridefinire l'intero panorama della progettazione civile e architettonica. Si tratta di un approccio innovativo che consente di creare modelli

geometrici dinamici e flessibili, definiti da parametri numerici e relazioni logiche. Tali modelli vengono gestiti attraverso strumenti di visual programming, che permettono di stabilire connessioni esplicite tra gli elementi costitutivi del progetto, facilitandone la manipolazione e l'aggiornamento in tempo reale. Uno dei principali vantaggi della progettazione parametrica è l'automatizzazione delle operazioni ripetitive. Variando i dati di input, il modello si aggiorna automaticamente, senza la necessità di ridefinire manualmente l'intero sistema progettuale. Questo consente di generare in modo rapido e sistematico un'ampia gamma di soluzioni alternative, coerenti con i vincoli imposti e facilmente comparabili tra loro. L'adozione di queste tecniche si colloca in un contesto economico e produttivo in forte trasformazione, caratterizzato da un aumento generalizzato dei costi, una riduzione dei tempi di lavoro disponibili e una crescente complessità dei progetti. In questo scenario, **l'ingegneria civile, in particolare quella specializzata nella progettazione e verifica delle grandi infrastrutture, si trova a fronteggiare nuove sfide operative.**

Di fronte alla moltiplicazione delle alternative progettuali possibili, l'ingegnere è oggi chiamato a selezionare la soluzione più innovativa, sostenibile ed economicamente vantaggiosa. Per farlo, necessita di strumenti integrati in grado di supportare il processo decisionale, attraverso la gestione e l'elaborazione efficiente di grandi volumi di dati provenienti dal campo. L'integrazione di tecnologie digitali avanzate consente di minimizzare il rischio di perdita di informazioni o errori e di individuare soluzioni ottimali per l'analisi e la progettazione delle opere, contribuendo a un netto miglioramento della produttività e della qualità complessiva del progetto. In questo contesto, la progettazione parametrica si configura non solo come uno strumento per l'automazione, ma anche come un abilitatore di interoperabilità tra ambienti digitali diversi.

La strutturazione dei modelli attraverso relazioni logiche e parametri controllati consente di connettere efficacemente piattaforme di analisi strutturale, come i modelli FEM (*Finite Element Method*), con ambienti BIM (*Building Information Modeling*), garantendo coerenza tra geometria, dati tecnici e simulazioni ingegneristiche (Figura 1). Ciò permette di impostare flussi di lavoro integrati, capaci di supportare decisioni informate e tempestive lungo tutte

le fasi del progetto. Tale approccio è oggi reso possibile da una crescente disponibilità di strumenti di programmazione visiva orientati alla progettazione parametrica. Tra i più diffusi figurano **Grasshopper** [9] e **Dynamo** [10]. **Grasshopper**, plug-in per il software di modellazione **Rhinoceros 3D** [11], consente la creazione di modelli parametrici complessi attraverso un'interfaccia di programmazione visiva. È apprezzato per la sua flessibilità e per la capacità di interfacciarsi con numerosi ambienti applicativi, tra cui l'analisi strutturale, la modellazione BIM, le simulazioni energetiche e impiantistiche, oltre che con strumenti di rappresentazione e visualizzazione avanzata. **Dynamo**, invece, è un ambiente di programmazione visiva integrato con **Autodesk Revit** [12], che permette l'automazione di compiti ripetitivi e la generazione di geometrie complesse tramite regole parametriche. È ampiamente utilizzato nella progettazione architettonica e strutturale per la creazione di modelli informativi dettagliati, consentendo una gestione efficiente dei dati progettuali e una maggiore interoperabilità tra discipline.

Oltre a offrire interoperabilità tra ambienti specialistici, i software di progettazione parametrica come Grasshopper e Dynamo permettono di estendere il modello digitale attraverso logiche di programmazione visiva, rendendolo uno strumento versatile non solo per la modellazione geometrica, ma anche per l'interazione con moduli di analisi, verifica e documentazione. Questa capacità di dialogare con più applicativi rende possibile una gestione coordinata e dinamica del progetto, anche in presenza di elevate complessità interdisciplinari. Un ulteriore punto di forza risiede nella **manutenibilità del modello progettuale**: la logica parametrica consente di intervenire in modo mirato sui parametri chiave, propagando automaticamente le modifiche a tutti gli elementi dipendenti. Questo approccio riduce la frammentazione del processo e migliora la coerenza interna del progetto, specialmente in contesti in cui le condizioni al contorno o le richieste del committente evolvono nel tempo.

Diversamente, nella progettazione tradizionale, ogni modifica implica una revisione puntuale e spesso manuale del modello, con un aumento del rischio di incongruenze e un rallentamento generale del processo. L'approccio parametrico, invece, consente una gestione più strutturata della variabilità progettuale, supportando l'ingegnere non solo nella generazione di soluzioni, ma anche nella loro verifica e aggiornamento

Il futuro della progettazione è adesso.



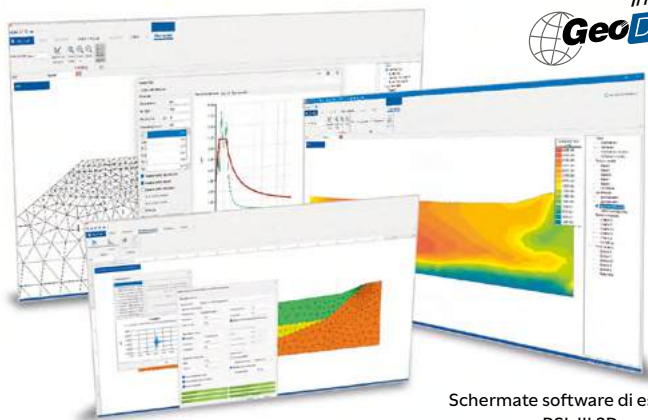
POTENZA E AFFIDABILITÀ DI CALCOLO E RISULTATI, EVOLUZIONE CONTINUA.

I nostri software, apprezzati a livello mondiale, sono caratterizzati da un costo molto competitivo e da una qualità garantita da **oltre 48.000 installazioni in più di 145 paesi nel mondo**. Caratterizzati da un'estrema facilità d'uso: ogni software risolve uno specifico problema, riducendo i dati di input a quelli strettamente necessari.

Tutti i software sono integrati fra loro con la possibilità di esportare dati da/e per ogni applicazione della suite anche in formato AGS.

Tutti i prodotti sono pienamente compatibili con Normativa Italiana (NTC) ed Eurocodici.

Guadagna con Geostru, ora puoi avere dei crediti nel tuo account che ti consentono di risparmiare sui tuoi prossimi acquisti.



Schermate software di esempio:
RSL III 2D



SOFTWARE Ingegneria - Geologia e Geotecnica
Meccanica delle rocce - Prove in situ - Idrologia
e Idraulica Topografia - Energia - Geofisica - Ufficio

SERVIZI GRATUITI PER I NOSTRI CLIENTI

alla pagina: geoapp.geostru.eu

Corsi certificati in collaborazione con **GoMeeting**.

Visita il sito www.gomeeting.eu

NUOVI SOFTWARE E SERVIZI

- **Novità Risposta Sismica Locale 2D – RSL III 2D!** Nuova veste grafica, più potenza, velocità e creazione guidata del modello di calcolo!
- **Nuove versioni software GeoStru 2025** riscritti in un nuovo linguaggio di programmazione: ora compatibili con i più recenti sistemi operativi.
- **Nuovo GFAS 2025** (Geotechnical and F.E.M. Analysis System) più potente e veloce, creazione semplificata della stratigrafia;
- **GeoDropBox 2025**, con visualizzatore di modelli BIM IFC, file DXF, interpretazione di prove in situ e di laboratorio direttamente online (www.geodropbox.com);
- **Geoapp 2025**, Nuove applicazioni web, versioni più potenti e nuova veste grafica per quelle presenti (www.geoapp.geostru.eu);
- **GILA**: il software GeoStru dotato di intelligenza artificiale per la stima dei parametri geotecnici;
- **Nuove versioni per i software delle prove penetrometriche** dinamiche (DYNAMIC PROBING 2025) e statiche (STATIC PROBING 2025);
- **Importazione di sondaggi da file BIM** di estensione AGS nella nuova versione di Modellazione Geologica e Geotecnica 3D - GM3D
- **Stabilità dei pendii – Slope integrato con l'intelligenza artificiale** e con nuova modalità per la creazione di superfici di scorrimento logaritmiche.



Software, risorse, info,
servizi e offerte
sul nostro sito.

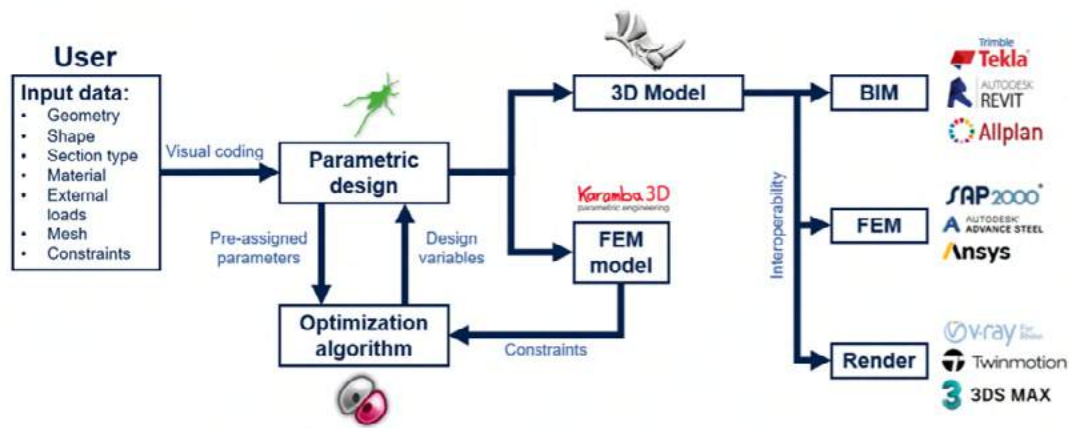


Figura 1- Schema di flusso di lavoro parametrico: il modello progettuale, generato e ottimizzato tramite la variazione dei parametri, può essere esportato o integrato in ambienti specialistici come software FEM per l'analisi strutturale o piattaforme BIM per la gestione informativa dell'opera.

continuo lungo il ciclo di vita del progetto. Oltre alla flessibilità operativa già evidenziata, la progettazione parametrica introduce un cambiamento sostanziale nella logica del processo progettuale: il modello non è più un semplice prodotto finale, ma diventa un vero e proprio strumento strategico, continuamente aggiornabile, riutilizzabile e adattabile a diversi scenari. Lo sforzo iniziale necessario per la sua costruzione va dunque inteso come un investimento a lungo termine, che consente di ridurre i tempi e i margini di errore nelle fasi successive del progetto.

Una volta strutturato in modo efficiente, il modello parametrico consente una gestione proattiva delle modifiche: il **progettista non si limita a reagire alle variazioni, ma è in grado di esplorarne in anticipo gli effetti, migliorando la capacità decisionale e la qualità complessiva del progetto.**

In questo senso, la progettazione parametrica non si configura solo come un mezzo per risparmiare tempo, ma come un paradigma che amplia l'intelligenza operativa del progettista, rendendo il processo più resiliente e adattivo.

Implementative della parametrizzazione di modelli complessi dell'ingegneria civile

L'attuale fase evolutiva della progettazione parametrica, ancora relativamente recente nel contesto dell'ingegneria civile, non consente di disporre di standard consolidati per la sua implementazione pratica. Tuttavia, a partire dal caso applicativo descritto in questo articolo, è possibile delineare alcune linee guida utili a orientare la pratica progettuale in applicazioni future.

Due aspetti risultano fondamentali per

determinare l'efficacia (o l'inefficacia) di un modello parametrico:

- **Il numero di parametri "liberi"** introdotti nel modello;
- **La capacità di tali parametri di rappresentare fedelmente il comportamento strutturale** dell'opera in esame.

In sintesi, un modello parametrico può essere inteso come una schematizzazione di un sistema complesso, composto da numerosi nodi e connessioni funzionali, in cui si introducono dipendenze funzionali rispetto a un insieme ridotto di **parametri essenziali o primari**. La qualità del modello dipende dalla selezione di questi parametri e dalla loro effettiva capacità di controllare le variabili significative del sistema progettuale.

Il flusso di lavoro che caratterizza il processo di progettazione parametrica è rappresentato nella figura seguente.

In base a quanto discusso nelle sezioni precedenti, l'introduzione della modellazione parametrica consente di semplificare in modo significativo l'intero processo progettuale, aumentando la produttività e migliorando la qualità complessiva del progetto. Prima della diffusione di questi strumenti, nei progetti strutturali complessi era spesso necessario realizzare manualmente molteplici versioni del modello per esplorare diverse configurazioni progettuali, con un notevole dispendio di tempo, risorse e margini di errore elevati. La modellazione parametrica ha trasformato questo approccio, rendendo la fase di definizione dello schema strutturale molto più efficiente.

Architetti e ingegneri hanno ora a disposizione

un sistema che, pur nella complessità delle interazioni progettuali, consente rapide modifiche, valutazioni comparative immediate e una più ampia esplorazione della fattibilità tecnica e architettonica. Questo si traduce in una maggiore capacità di rispondere tempestivamente alle richieste evolutive della committenza e in un processo progettuale più flessibile e adattivo. Da un punto di vista matematico, il modello parametrico può essere interpretato come una **riduzione dimensionale** dello spazio delle soluzioni: un sistema complesso viene descritto attraverso un insieme ridotto di parametri significativi. Questo permette di lavorare in uno spazio semplificato ma rappresentativo, in cui è possibile cogliere con maggiore immediatezza gli effetti delle variazioni progettuali, mantenendo il controllo sui comportamenti strutturali essenziali. Questa rappresentazione, per quanto utile a schematizzare il processo, non rende pienamente conto delle effettive complessità né dell'importanza cruciale che questa fase riveste per il successo dell'intero progetto. Al contrario di quanto possa apparire, la definizione del modello parametrico richiede, più di ogni altro passaggio, una profonda competenza tecnica e una solida esperienza da parte del progettista. Si tratta

infatti di concepire – inizialmente in forma astratta e successivamente attraverso formulazioni formali e matematiche – un modello potenzialmente molto complesso, che deve essere governato da un numero limitato di regole funzionali in grado di descriverlo in modo coerente e completo. In questa fase è fondamentale l'intuizione progettuale nell'individuare i **parametri chiave**, pochi ma altamente rappresentativi, capaci di sintetizzare le principali caratteristiche dell'opera. In termini informatici o teorico-informativi, potremmo dire che tali parametri dovrebbero possedere la massima entropia informativa possibile, ovvero la massima capacità di rappresentare le variabili significative del sistema progettuale con il minimo numero di elementi. È dunque necessario enfatizzare la criticità di questa fase, che richiama direttamente un principio ben noto nelle scienze fisiche e matematiche: semplificare un problema complesso è utile e auspicabile, a patto di non ricadere in una semplificazione eccessiva che ne snaturi le caratteristiche essenziali. In pratica, questo significa definire un **set minimo ma efficace di parametri** in grado di rappresentare la struttura senza perdere informazioni significative a causa della

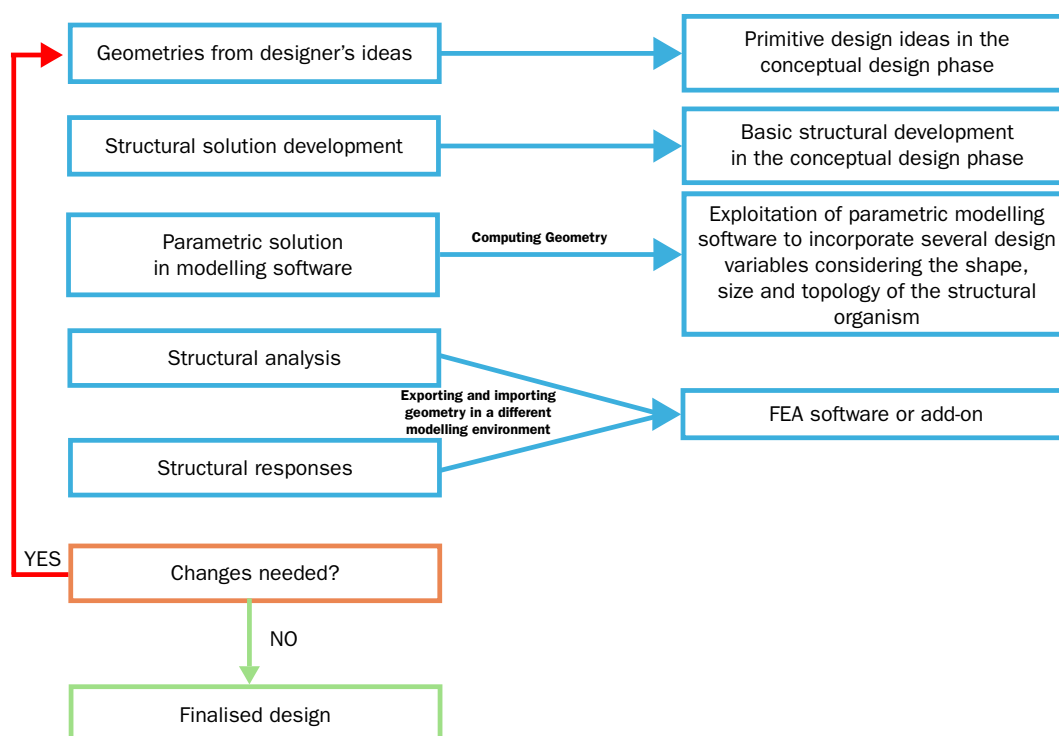


Figura 2 - Flusso di lavoro integrato per la progettazione strutturale: a partire dalle geometrie preliminari fornite dagli architetti, il processo prevede lo sviluppo di soluzioni strutturali, la generazione di un modello parametrico e l'analisi tramite software FEM. Il modello viene aggiornato iterativamente fino alla definizione finale dello schema progettuale, consentendo l'interazione tra progettazione architettonica, strutturale e computazionale.

riduzione dello “spazio di ricerca” esplorabile. I parametri selezionati costituiscono lo spazio entro cui il progettista potrà muoversi per generare varianti progettuali e individuare la configurazione ottimale da sviluppare nelle successive fasi di analisi e progettazione definitiva. La fase implementativa della parametrizzazione di modelli complessi nell'ingegneria civile rappresenta oggi una delle sfide metodologiche più critiche. La relativa novità di questo approccio, unita alla varietà di casi applicativi, rende ancora difficile la definizione di standard consolidati. Tuttavia, l'esperienza maturata in progetti sperimentali come quello dello spaziorpoto di Grottaglie consente di tracciare alcune prime linee guida operative. Alla base di un modello parametrico efficace si pongono due principi fondamentali: la **riduzione dimensionale e la selezione mirata dei parametri significativi**. Un buon modello nasce da un processo di astrazione che riduce un sistema strutturalmente complesso a un insieme controllabile di variabili essenziali. Queste ultime devono essere in grado di catturare le principali caratteristiche del comportamento dell'opera, massimizzando la cosiddetta *entropia informativa* - ovvero la capacità di ciascun parametro di descrivere il maggior numero possibile di fenomeni rilevanti. Il successo del modello parametrico dipende in larga misura dal corretto bilanciamento tra il numero di parametri “liberi” e la loro efficacia descrittiva. Un numero eccessivo di variabili può compromettere la semplificazione e introdurre ridondanze, mentre una selezione troppo limitata può portare a una rappresentazione eccessivamente semplificata, incapace di cogliere la complessità dell'opera. In sintesi, la modellazione parametrica sta profondamente trasformando l'ingegneria civile, rendendo i processi di progettazione più agili, efficienti e intelligenti. La sua rilevanza nei progetti di nuova generazione può essere riassunta nei seguenti punti chiave:

- **Flessibilità progettuale e iterazione continua.** I modelli parametrici consentono di modificare agevolmente parametri fondamentali come luci, altezze o materiali, generando automaticamente nuove geometrie senza dover ricostruire il modello da zero. Ciò favorisce un'esplorazione più ampia delle alternative progettuali e una maggiore capacità di adattamento a vincoli o richieste in evoluzione [12].
- **Ottimizzazione basata sulle prestazioni.** L'integrazione con strumenti di simulazione

e analisi consente di impostare processi di ottimizzazione automatica, finalizzati al miglioramento dell'efficienza strutturale, alla riduzione del consumo di materiali e al contenimento dei costi [13].

- **Collaborazione interdisciplinare in tempo reale.** La condivisione di modelli parametrici aggiornabili consente ai diversi stakeholder di visualizzare le iterazioni progettuali in tempo reale, agevolando il dialogo tra architetti, ingegneri e consulenti specialistici, e facilitando un processo decisionale più rapido e condiviso [13].
- **Automazione e integrazione con l'intelligenza artificiale.** La progettazione parametrica costituisce una base solida per l'integrazione di flussi di lavoro supportati da AI. Algoritmi intelligenti, inclusi modelli linguistici come ChatGPT, possono assistere nella generazione di varianti progettuali, nell'analisi delle soluzioni e nella gestione di grandi volumi di dati tecnici.
- **Integrazione lungo l'intero ciclo di vita dell'opera.** I modelli parametrici possono essere facilmente connessi a sistemi BIM, software di analisi strutturale, strumenti di computo e gestione economica, garantendo coerenza e precisione in tutte le fasi del progetto, dalla concezione preliminare fino alla manutenzione

Va sottolineato che, per quanto supportato da strumenti computazionali avanzati, il processo parametrico resta saldamente ancorato all'intuizione e alla competenza ingegneristica, che ne costituiscono il fondamento.

La selezione dei parametri rilevanti e la definizione delle loro interdipendenze richiedono un'approfondita conoscenza delle logiche strutturali, architettoniche e funzionali dell'opera, oltre alla capacità di anticiparne i comportamenti in contesti complessi e multidisciplinari. Contrariamente a quanto una visione lineare potrebbe suggerire, il processo implementativo della modellazione parametrica non segue rigidamente una sequenza fissa di fasi, ma si articola attraverso cicli iterativi e progressivi. Tuttavia, è possibile individuare **macro-fasi operative ricorrenti**, che aiutano a strutturare il flusso di lavoro:

- **Fase 1 – Concezione iniziale (Sketch level).** Si definiscono le funzioni principali dell'opera e si abbozzano le geometrie

fondamentali. In questa fase, il modello è ancora mentale o rappresentato graficamente, e riflette un ragionamento esplorativo sul sistema da progettare.

- **Fase 2 – Prima formulazione parametrica.** Si costruisce un primo modello computazionale semplificato, fondato su pochi parametri “primari” (es. luce strutturale, altezza, interasse, inclinazione), scelti per la loro capacità di controllare gli aspetti principali della configurazione geometrico-strutturale.
- **Fase 3 – Iterazione e affinamento.** A partire dai feedback ricevuti (prestazionali, normativi, architettonici, ecc.), si introducono **parametri secondari** per gestire esigenze più specifiche, come condizioni di carico, vincoli ambientali o requisiti di comfort. In questa fase il modello cresce in complessità ma resta governato da una logica coerente.
- **Fase 4 – Definizione delle relazioni funzionali.** Si stabiliscono connessioni logico-matematiche tra parametri, eventualmente anche attraverso **variabili latenti** o derivate. Questo passaggio è cruciale per garantire la coerenza interna del modello e per massimizzare la capacità predittiva rispetto a modifiche future.
- **Fase 5 – Integrazione applicativa e simulativa.** Il modello parametrico viene collegato a software specialistici (FEM, BIM, ambientali, energetici), consentendo analisi prestazionali, simulazioni in tempo reale e aggiornamenti dinamici. È in questa fase che il modello parametrico dimostra la propria efficacia nel coordinare le discipline e supportare decisioni informate.

È importante ribadire che queste fasi non si susseguono in modo rigido, ma si alimentano reciprocamente attraverso un processo iterativo. L'intervento umano rimane centrale, sia nell'indirizzare le scelte progettuali, sia nel validare i risultati prodotti dal sistema. Quando ben strutturato, questo processo consente di affrontare la complessità insita nella progettazione infrastrutturale con un livello di controllo superiore, un sensibile incremento dell'efficienza operativa e una reattività ai cambiamenti progettuali difficilmente ottenibile con i metodi tradizionali. L'esperienza maturata nel progetto dello spaziorpoto di Grottaglie conferma l'efficacia

di questo approccio, dimostrando come la modellazione parametrica possa costituire uno strumento strategico per la gestione di progetti complessi, multidisciplinari e fortemente orientati all'innovazione.

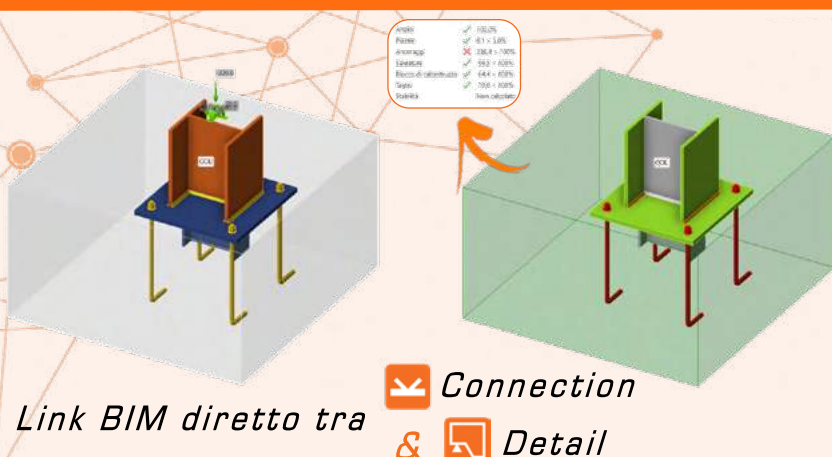
Applicazione della progettazione parametrica per l'hangar principale dello spaziorpoto di Grottaglie

Un esempio rilevante dell'applicazione della progettazione parametrica in ambito civile è rappresentato dalla progettazione strutturale e architettonica dell'hangar principale dello spaziorpoto di Grottaglie. Si tratta di un'infrastruttura pionieristica, destinata a supportare lo sviluppo dei voli suborbitali in Italia, e ad oggi rappresenta il primo – e unico – spaziorpoto nazionale [14]. In termini generali, uno spaziorpoto [15] può essere considerato l'equivalente di un aeroporto, ma concepito per ospitare operazioni di lancio, rientro e gestione a terra di veicoli spaziali, come razzi, navette o spaziorpiani. A differenza delle infrastrutture aeroportuali tradizionali, richiede elementi tecnici fortemente specializzati e spesso customizzati in funzione delle caratteristiche del “veicolo spaziale” o del “lanciatore” utilizzato.

Le strutture tipiche di uno spaziorpoto includono piattaforme di lancio, hangar per l'assemblaggio e la preparazione dei veicoli, centri di controllo missione per il monitoraggio delle operazioni di lancio e rientro, e aree di atterraggio dedicate al recupero di capsule o veicoli riutilizzabili. In alcuni casi, possono essere presenti anche **laboratori e spazi destinati alla ricerca scientifica, all'innovazione tecnologica o alla sperimentazione avanzata**. Sulla base delle loro caratteristiche e delle finalità operative, gli spaziorpotti possono essere classificati in diverse tipologie: i cosmodromi, come il celebre complesso di Baikonur in Kazakistan, sono grandi infrastrutture per il lancio di razzi orbitali; gli spaziorpotti commerciali, come Spaceport America negli Stati Uniti, sono dedicati prevalentemente al traffico privato e al turismo spaziale; infine, gli spaziorpotti suborbitali sono progettati per missioni a breve distanza nello spazio, come nel caso di Grottaglie. Quest'ultimo rappresenta un modello ibrido, a vocazione sperimentale, con potenziale applicazione sia nel settore della ricerca che in quello emergente della mobilità aerospaziale commerciale. Data la complessità ingegneristica e le elevate specifiche tecniche richieste per l'hangar, il team di progettazione ha adottato un approccio

Il nuovo strumento rivoluzionario per la progettazione 3D

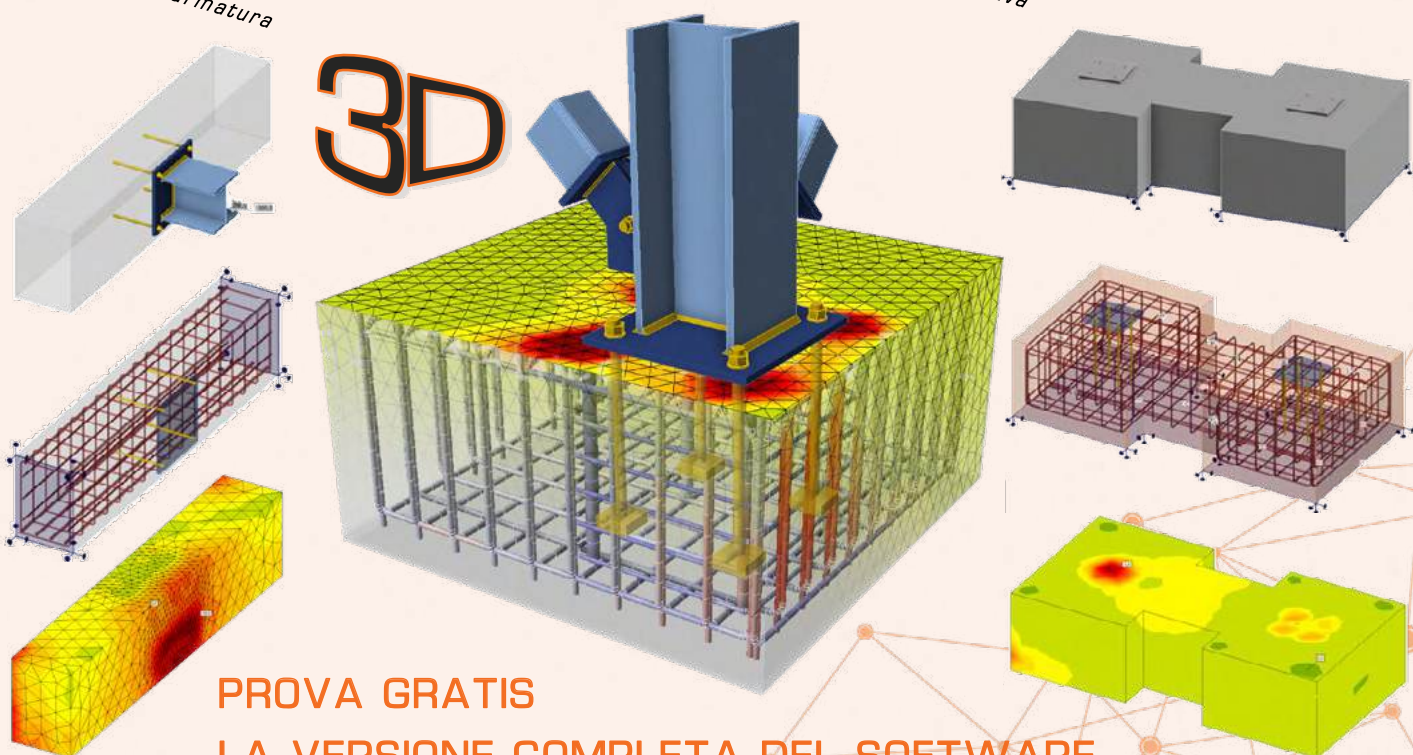
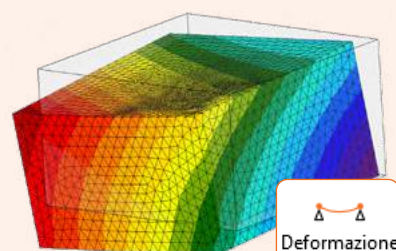
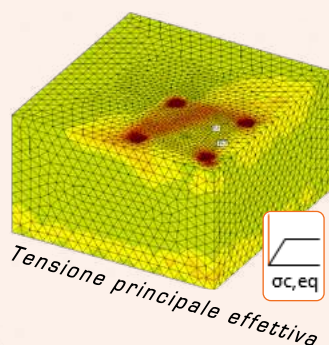
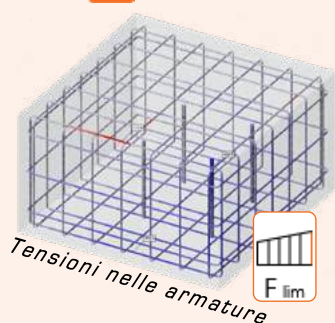
Metodo di calcolo validato: *Compatible stress field method (CSFM)*



Verifiche complete del blocco di fondazione con IDEA Detail

È possibile completare la **verifica della fondazione** grazie all'**esportazione del blocco di calcestruzzo** in **IDEA StatiCa Detail**, applicazione dedicata al progetto e alla verifica delle zone di discontinuità del calcestruzzo.

Gli ancoraggi che potrebbero non risultare verificati in **IDEA Connection** a causa della non considerazione dell'armatura del blocco di calcestruzzo non saranno più un problema.



parametrico avanzato, in grado di gestire in modo efficace le variabili dimensionali, funzionali e contestuali dell'opera.

L'uso della modellazione parametrica ha permesso di ottimizzare le prestazioni strutturali, ridurre l'impatto ambientale e garantire un'elevata adattabilità del progetto, rispondendo in maniera dinamica e controllata alle esigenze tecniche ed evolutive emerse durante lo sviluppo. Il processo si è articolato attraverso la costruzione di modelli interattivi, nei quali le diverse competenze specialistiche - strutturali, impiantistiche, geotecniche e architettoniche - sono state integrate in modo sinergico. Questo ha consentito un affinamento progressivo del progetto e un miglioramento continuo delle sue prestazioni, attraverso cicli iterativi di aggiornamento e verifica. La diffusione di sistemi parametrici rappresenta, inoltre, uno dei primi passi verso l'integrazione strutturata di metodologie assistite dall'intelligenza artificiale (AI) nella progettazione civile. Tali sistemi, infatti, consentono non solo di schematizzare efficacemente la complessità delle strutture, ma anche di esplorare configurazioni progettuali ottimizzate, fungendo da piattaforma di transizione verso un processo progettuale sempre più intelligente, adattivo e automatizzato [17]. L'efficacia dell'approccio parametrico, delineato sin qui in termini metodologici, trova un'applicazione concreta e di grande impatto nel progetto dello spaziorporto di Grottaglie. Commissionato da Aeroporti di Puglia, il progetto ha visto la co-progettazione dell'hangar principale affidata a un raggruppamento composto da **ADR Ingegneria (Aeroporti di Roma), PROGER, RINA Consulting, lo Studio di architettura Benedetto Camerana, Altec e il Politecnico di Torino**, quest'ultimo responsabile della modellazione parametrica avanzata.

L'unione delle competenze di ingegneria civile, strutturale, architettonica e aerospaziale ha garantito un processo di progettazione multidisciplinare e sinergico, supportato dall'adozione di tecnologie digitali d'avanguardia. Il progetto preliminare è stato svelato al pubblico e alla comunità tecnico-scientifica in occasione del *Mediterranean Aerospace Matching (MAM) 2024* (<https://mam-grottaglie.it/home/>), rappresentando un significativo salto da un approccio teorico alla realizzazione concreta di un'infrastruttura innovativa. In particolare l'intero gruppo ha collaborato, sotto la guida dello Studio Camerana, allo sviluppo del concept iniziale, e successivamente

Rina Consulting ha concordato assieme al Politecnico come dovesse essere sviluppato il modello parametrico, quali parti sarebbero dovute variare e quali rimanere fisse, quali potevano essere non considerate nel modello parametrico mentre Proger, sempre in una ottica di condivisione delle attività, si è concentrata sulla parte energetica ed impiantistica, il tutto sotto la direzione complessiva di AdR SpA, e attraverso le continue condivisioni progettuali con la committenza Aeroporti di Puglia.

L'hangar principale del futuro spaziorporto di Grottaglie è stato progettato per supportare operazioni connesse ai voli suborbitali e ad altre attività aerospaziali avanzate, prevedendo uno spazio multifunzionale di circa 8.000 metri quadrati in grado di ospitare "sistemi veicoli" di grandi dimensioni e operazioni a terra ad alta complessità. **La costruzione dello spaziorporto rappresenta un passo strategico per l'Italia nell'ambito della space economy,** e conferma il ruolo centrale della Puglia nel panorama aerospaziale nazionale. La regione,



Figura 3 - *Committenti e partner del progetto dello spaziorporto di Grottaglie. La progettazione è stata commissionata da Aeroporti di Puglia, ENAC e Regione Puglia, con il contributo di un team multidisciplinare composto da ADR Ingegneria, PROGER, RINA Consulting, Studio Benedetto Camerana, Altec e Politecnico di Torino.*

infatti, ospita uno dei distretti aerospaziali più attivi del Paese, con una concentrazione significativa di aziende impegnate nella produzione di componentistica, nello sviluppo di software e in attività di ricerca applicata alle tecnologie spaziali. Il Politecnico di Torino, insieme ad altri atenei e centri di ricerca, ha contribuito al rafforzamento di una filiera integrata orientata allo sviluppo di soluzioni di frontiera, tra cui voli suborbitali, piattaforme a pilotaggio remoto e sistemi aerospaziali avanzati. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), attraverso l'ENAC, ha espresso il suo impegno nel sostenere lo sviluppo dello spaziorporto di Grottaglie, ed il Governo

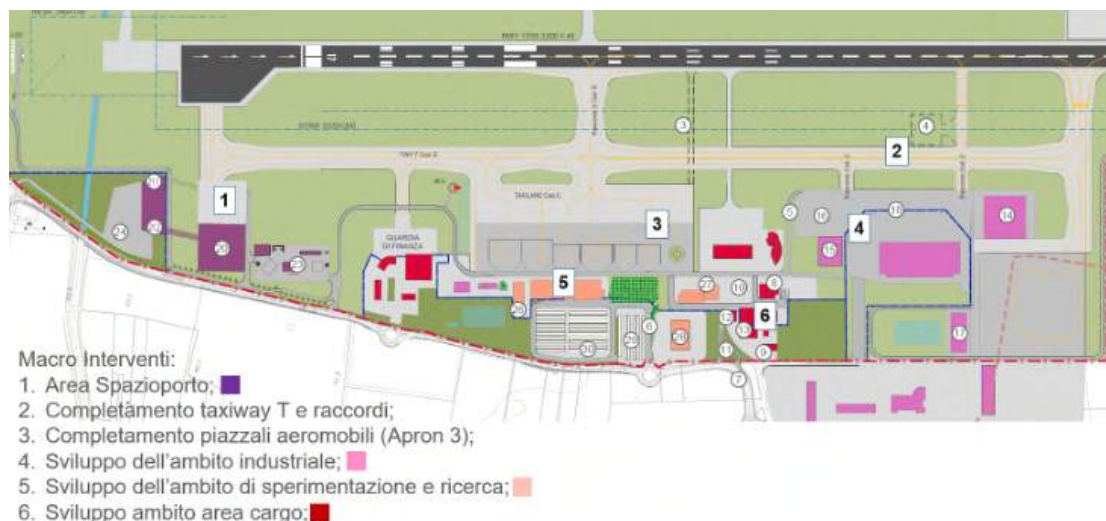


Figura 4 - Mappa generale dello spaziorporto di Grottaglie con indicazione dei principali interventi previsti.

unitamente alla Regione Puglia, riconoscendo l'importanza strategica dell'infrastruttura per il sistema Paese, ha stanziato un finanziamento, attraverso i fondi FSC 2021/2027, di 70 milioni di Euro per la realizzazione del progetto.

Per la progettazione preliminare dello spaziorporto di Grottaglie, **Aeroporti di Puglia** ha pubblicato un bando di gara nell'agosto 2022, finalizzato all'affidamento della progettazione di un'infrastruttura strategica per il sistema aerospaziale italiano. Alla procedura hanno partecipato cinque gruppi proponenti di livello internazionale, a conferma dell'interesse generato dal progetto nel settore delle grandi opere ad alta specializzazione tecnologica.

Il programma funzionale prevede la realizzazione di una serie di opere strettamente integrate tra loro. Tra queste si annoverano: un **piazzale di sosta collegato attraverso un raccordo alla pista di volo**, destinato alle operazioni a terra dei veicoli suborbitali; un **hangar polifunzionale**, concepito per ospitare le attività di ricovero, assemblaggio e manutenzione dei sistemi veicolo; una **struttura museale** dedicata alla divulgazione scientifica e alla cultura aerospaziale; un'**area eventi** per attività espositive e conferenze; e infine uno **spazio multifunzionale**, pensato per ospitare incubatori di impresa, enti di ricerca e centri di formazione specializzati nel settore.

Nel dicembre 2022 la progettazione dello spaziorporto di Grottaglie è stata ufficialmente assegnata, tramite gara pubblica, al **Raggruppamento Temporaneo di Progettazione** composto da **ADR Ingegneria S.p.A.**, **PROGER S.p.A.**, **RINA Consulting S.p.A.**, **Altec S.p.A.** e **Studio Benedetto Camerana**. Sin dalla fase di gara, ha preso

parte al progetto anche il **Politecnico di Torino**, in qualità di supporto tecnico-scientifico, attraverso il gruppo **ArtISte**, coordinato dal Prof. **Giuseppe Carlo Marano**, con il contributo dei colleghi **Amedeo Manuele Bertetto** e **Jonathan Melchiorre**. Oltre al contributo tecnico-scientifico apportato dal Politecnico di Torino, il progetto ha posto particolare attenzione all'integrazione architettonica e paesaggistica, grazie al lavoro dello **Studio Benedetto Camerana**, che ha curato il concept architettonico. L'obiettivo è stato quello di coniugare l'innovazione dell'infrastruttura con il contesto naturale e culturale del territorio pugliese, valorizzandone le specificità attraverso un linguaggio architettonico sensibile e coerente. Il design architettonico dell'opera si integra in modo armonioso con il paesaggio naturale della provincia di Taranto, caratterizzato dalle morbide distese rurali e dalla presenza iconica degli ulivi secolari pugliesi. Le forme e i colori dell'architettura sono stati pensati per dialogare con questo contesto, richiamandone la materia, le tonalità e il ritmo del territorio, come si può osservare in Figura 5. Questa sensibilità progettuale verso il contesto paesaggistico si accompagna a una forte componente tecnologica e innovativa, che ha caratterizzato l'intero sviluppo del progetto. L'infrastruttura è infatti concepita non solo come elemento funzionale e operativo, ma anche come espressione di una nuova visione integrata tra architettura, ingegneria e innovazione digitale, in linea con le più recenti tendenze della progettazione avanzata. Tale approccio progettuale si riflette chiaramente nella Figura 6, che mostra la planimetria dell'hangar e dell'edificio polifunzionale, in cui la distribuzione funzionale degli spazi è rappresentata attraverso una

codifica cromatica che evidenzia le diverse destinazioni d'uso. Un'ulteriore lettura del progetto è offerta dalla Figura 7, che illustra le sezioni architettoniche e strutturali delle due principali strutture, mettendo in evidenza l'organizzazione interna, le relazioni tra i diversi livelli e l'articolazione volumetrica complessiva. La partecipazione del **Politecnico di Torino** al progetto dello spaziorporto di Grottaglie rappresenta un esempio significativo di collaborazione virtuosa tra istituzioni accademiche e realtà industriali, finalizzata alla promozione dell'innovazione tecnologica nel settore delle infrastrutture complesse.

Attraverso l'impiego del **design parametrico**, il Politecnico ha contribuito allo sviluppo di un'infrastruttura moderna, efficiente e pienamente rispondente alle esigenze

operative e ambientali del sito. Il contributo è stato coordinato dal **gruppo di progettazione parametrica del laboratorio ArtStE (Artificial Intelligence in Structural Engineering)**, centro di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Strutturale specializzato in progettazione strutturale avanzata e applicazioni dell'intelligenza artificiale nell'ambito dell'ingegneria civile. L'approccio parametrico adottato ha permesso di definire soluzioni ottimizzate in relazione a vincoli funzionali, condizioni ambientali e requisiti prestazionali specifici, integrando le diverse competenze progettuali in un modello flessibile, adattivo e ad alta efficienza. L'esperienza del Politecnico di Torino nel campo della progettazione parametrica e dell'innovazione strutturale non nasce con il progetto dello spaziorporto di Grottaglie, ma si inserisce in un percorso



Figura 5 - *Render fotorealistico dell'hangar principale e dell'edificio polifunzionale all'interno dello spaziorporto di Grottaglie. L'immagine mostra l'inserimento architettonico delle strutture nel contesto paesaggistico circostante, evidenziando l'integrazione tra infrastruttura, territorio e linguaggio architettonico.*



Figura 6 - *Planimetria dell'hangar e dell'edificio polifunzionale dello spaziorporto di Grottaglie. La distribuzione funzionale degli spazi è rappresentata mediante l'uso di colori differenziati, corrispondenti alle diverse destinazioni d'uso indicate nella legenda inclusa.*

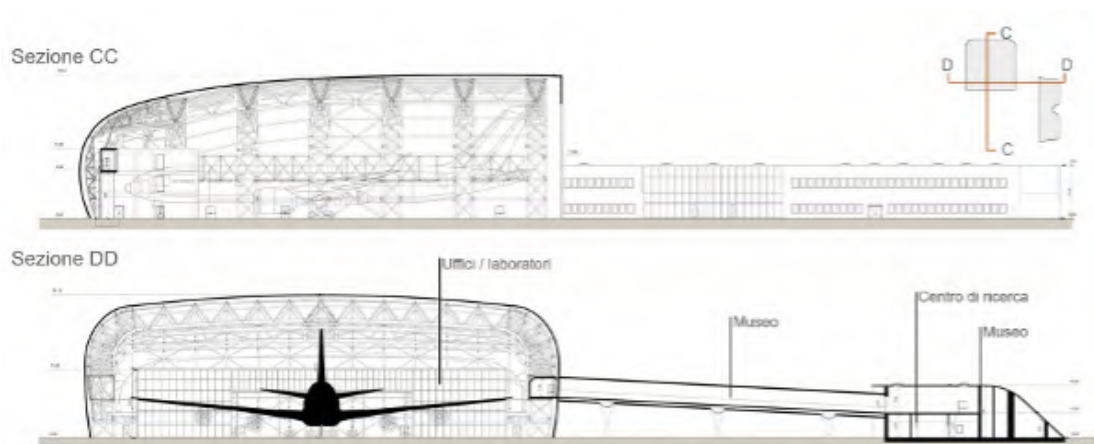


Figura 7 - Sezioni architettoniche e strutturali dell'hangar principale e dell'edificio polifunzionale dello spaziorporto di Grottaglie. L'immagine illustra l'organizzazione interna degli spazi, le relazioni funzionali tra i diversi livelli e l'articolazione volumetrica delle strutture.

di ricerca consolidato e riconosciuto a livello nazionale e internazionale. L'Ateneo è infatti attivamente impegnato nello sviluppo di soluzioni digitali avanzate per l'ingegneria civile, promuovendo da anni collaborazioni con importanti realtà industriali del settore. Tra queste si segnala, a titolo esemplificativo, la collaborazione con **Masera Engineering Group S.r.l.**, società specializzata nella progettazione di infrastrutture stradali e ponti, con cui il Politecnico ha portato avanti ricerche innovative che hanno ottenuto riconoscimenti prestigiosi, come il **Premio OICE 2024** nella categoria "Innovazione nell'ingegneria". Queste esperienze confermano l'efficacia del modello di cooperazione tra università e impresa nell'affrontare le sfide dell'ingegneria contemporanea e nel guidare la transizione digitale e sostenibile delle infrastrutture.

Modellazione e progettazione parametrica dell'hangar

All'interno del progetto dello spaziorporto di Grottaglie, **l'hangar principale rappresenta uno degli elementi più complessi dal punto di vista strutturale**. Le sue dimensioni eccezionali, la varietà di funzioni integrate e i vincoli aeronautici e ambientali imposti dal sito hanno richiesto un approccio progettuale avanzato, capace di coniugare efficienza tecnica e flessibilità operativa. L'adozione della **modellazione parametrica** ha consentito di affrontare questa complessità in modo sistematico, facilitando l'esplorazione di soluzioni alternative, l'ottimizzazione delle geometrie e la standardizzazione di componenti fondamentali. Il paragrafo seguente descrive nel dettaglio l'impostazione strutturale dell'hangar e le principali scelte progettuali effettuate nell'ambito del modello

parametrico sviluppato. L'hangar è costituito da sei portali reticolari spaziali, disposti con interasse costante pari a **13,52 m**, ciascuno con una **luce libera di 78,72 m** e un'altezza massima di **26,25 m**. La parte posteriore della struttura, caratterizzata da una geometria ad **archi policentrici** stabilizzati lateralmente attraverso un sistema di correnti e diagonali progettato per trasferire le azioni trasversali al portale di coda, come rappresentato in Figura 8. I portali principali sono stati concepiti secondo un criterio di **massima standardizzazione delle componenti**, con l'obiettivo di ottimizzare l'intero processo costruttivo. In particolare, elementi come la **trave reticolare spaziale sommitale** e le **torri reticolari verticali** (fino all'estradosso del camminamento tecnico interno) sono stati mantenuti identici per tutti i sei portali, pur a fronte delle variazioni altimetriche lungo lo sviluppo longitudinale dell'hangar.

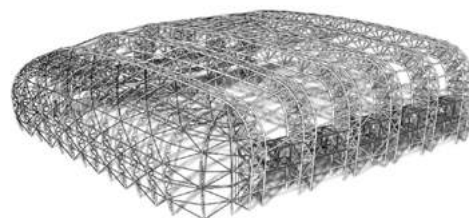


Figura 8 - Vista complessiva della struttura in acciaio dell'hangar principale dello spaziorporto di Grottaglie. L'immagine mostra l'organizzazione dei sei portali reticolari spaziali, l'andamento dei profili strutturali principali e la conformazione della porzione posteriore ad archi policentrici, evidenziando la complessità e la logica modulare del sistema portante.

L'unica componente strutturale a variare tra un portale e l'altro è il raccordo tra le torri verticali e le arcate superiori, la cui geometria è stata modulata per ottenere una sagoma esterna dinamica e riconoscibile. Proprio grazie alla differenziazione di questi raccordi - pur mantenendo standardizzate tutte le altre componenti strutturali - è stato possibile definire un profilo longitudinale dell'hangar che, pur **percepito come continuo e variabile**, è in realtà ottenuto con **elementi ripetitivi** e prefabbricabili. La **Figura 9** visualizza questo principio, evidenziando con colori differenti le varie componenti: le **parti strutturali identiche** sono rappresentate con lo stesso colore, mentre i **raccordi differenziati**, mostrati in rosa, sono uguali solo a due a due. La geometria risultante richiama visivamente un **profilo alare**, che si sviluppa dalla massima altezza del portale d'ingresso—necessaria per garantire l'accesso ai velivoli con timoni verticali di grandi dimensioni—fino a una **progressiva riduzione delle quote** verso la parte posteriore dell'hangar, dove l'altezza strutturale richiesta è inferiore. Questo assetto consente una gestione più efficiente dei volumi interni, migliorando la funzionalità e riducendo al minimo i materiali utilizzati. La possibilità di controllare e variare con precisione **solo i raccordi geometrici**, mantenendo inalterate tutte le altre componenti strutturali, è stata resa possibile grazie all'adozione della modellazione parametrica, che ha permesso di aggiornare automaticamente la geometria dei raccordi ogni volta che si rendeva necessaria una variazione - sia per motivi **tecnici, architettonici o funzionali**. In questo modo, è stato possibile **testare numerose**

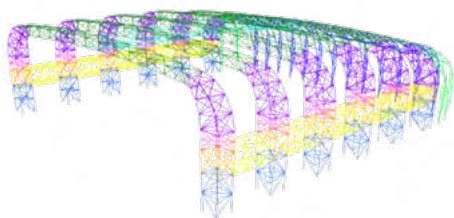


Figura 9- - Schema della struttura portante dell'hangar con evidenziazione cromatica dei componenti standardizzati. Le parti contrassegnate con lo stesso colore rappresentano elementi strutturali identici tra i sei portali, ottimizzati per la prefabbricazione e il montaggio modulare. I raccordi reticolari (in rosa), unici elementi differenziati da portale a portale, consentono di modellare la variazione altimetrica del profilo dell'hangar mantenendo costante la geometria degli altri componenti.

configurazioni in tempi estremamente ridotti, senza dover ricostruire l'intero modello. Questa soluzione risponde appieno alla logica della **razionalizzazione geometrica parametrica**, rivelandosi strategica nell'ottica di una **prefabbricazione spinta** e di un **pre-assemblaggio modulare**. I benefici ottenuti sono significativi: riduzione dei tempi di produzione, ottimizzazione delle fasi di montaggio in cantiere e contenimento dei costi complessivi. La complessità strutturale dell'hangar e le sue imponenti dimensioni hanno reso evidente fin dalle fasi iniziali la necessità di adottare un **approccio parametrico alla progettazione**, in grado di offrire una gestione flessibile e reattiva delle molteplici variabili in gioco. Uno dei principali vantaggi di questo metodo risiede nella possibilità di **modificare in modo controllato ed efficiente** anche aspetti geometrici e dimensionali significativi - come l'altezza delle travature, la pendenza della copertura o la larghezza dei portali - senza dover riprogettare l'intero sistema. L'intero modello strutturale, infatti, è stato sviluppato attraverso un sistema parametrico avanzato costruito in **Grasshopper**, il cui script - mostrato in **Figura 10** - evidenzia la **rete complessa di relazioni logiche, vincoli geometrici e dipendenze funzionali** che ne regolano il comportamento. Lo schema grafico rende immediatamente visibile come l'apparente semplicità del risultato architettonico sia in realtà governata da **migliaia di connessioni interdipendenti**, che definiscono in tempo reale la geometria dell'opera sulla base dei parametri iniziali. Questa struttura logica rende il modello estremamente potente non solo nella **fase di concept**, ma anche durante lo sviluppo progettuale avanzato, garantendo **un'adattabilità dinamica** a fronte di modifiche progettuali, esigenze emergenti o evoluzioni funzionali richieste dalla committenza.

Il modello parametrico così sviluppato è stato successivamente integrato con un **algoritmo di ottimizzazione evolutiva** [18], al fine di esplorare un ampio spazio di soluzioni progettuali e guidare il sistema verso configurazioni strutturalmente ed economicamente più efficienti. Il processo di **reinforcement learning** tipico degli algoritmi evolutivi ha consentito la **variazione automatica sia dei parametri geometrici globali dell'opera, sia delle dimensioni sezionali degli elementi strutturali**, generando in modo iterativo migliaia di configurazioni alternative. Tale approccio, ispirato ai meccanismi di evoluzione genetica, si basa su principi di **selezione naturale**,

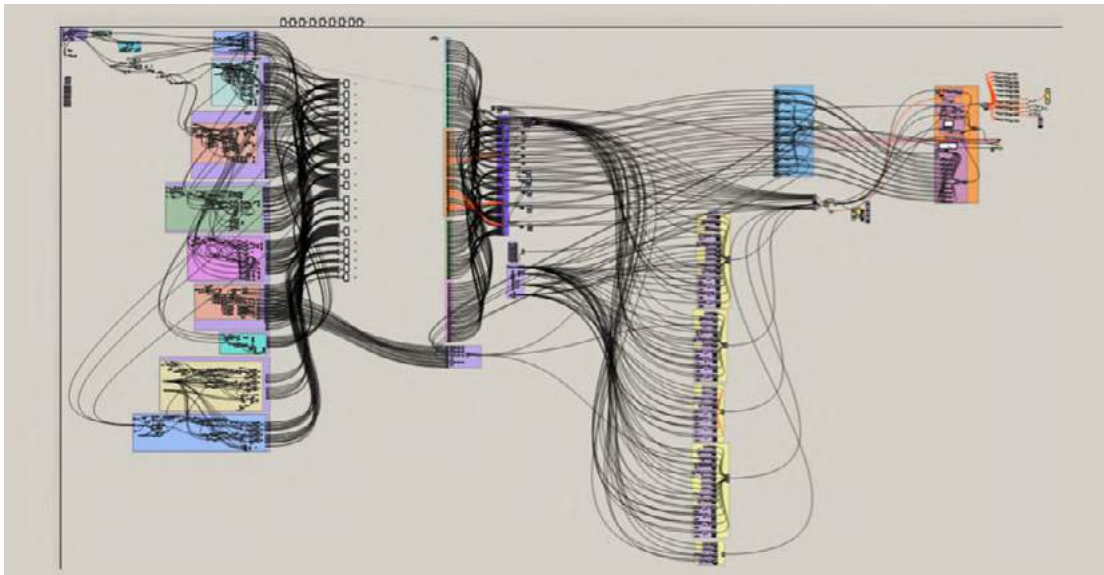


Figura 10 - Script parametrico sviluppato in Grasshopper per la modellazione dell'hangar principale dello spaziorporto di Grottaglie. La complessità dello schema evidenzia l'articolata rete di relazioni geometriche, vincoli e dipendenze tra i parametri, che consentono la generazione automatica del modello in risposta a modifiche progettuali. Questo sistema ha reso possibile un controllo dinamico e preciso della geometria dell'opera, anche in presenza di evoluzioni formali o funzionali durante lo sviluppo progettuale.

mutazione e crossover per far convergere progressivamente le soluzioni verso assetti sempre più performanti. Ogni variante generata dall'algoritmo è stata valutata attraverso **un'analisi agli elementi finiti semplificata**, condotta tramite **Karamba3D** [19], un motore FEM integrato in Grasshopper, ideale per valutazioni preliminari direttamente all'interno del flusso parametrico. In questa fase concettuale del progetto, l'adozione di un modello FEM semplificato, focalizzato sull'analisi di un singolo portale, ha consentito di eseguire **verifiche strutturali rapide**, garantendo che le configurazioni proposte fossero in grado di soddisfare i requisiti di resistenza ai carichi agenti. Questo processo ha permesso non solo di ottimizzare le prestazioni meccaniche della struttura, ma anche di **contenere l'impiego di materiale**, contribuendo a una **riduzione dell'impatto ambientale** e a una **razionalizzazione dei costi**, in linea con gli obiettivi di sostenibilità ed efficienza del progetto. In **Figura 11** è riportato un grafico che mostra l'**evoluzione del quantitativo di acciaio utilizzato per ogni singolo portale** in funzione del numero di iterazioni dell'algoritmo evolutivo. Il trend chiaramente decrescente evidenzia l'efficacia del processo di ottimizzazione: l'algoritmo, attraverso meccanismi evolutivi ispirati alla selezione naturale - quali **mutazione casuale dei parametri, crossover tra soluzioni esistenti e selezione delle configurazioni più performanti** - ha progressivamente individuato soluzioni più efficienti dal punto

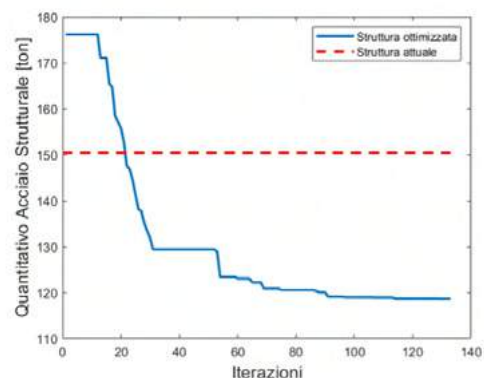


Figura 11 - Andamento del quantitativo di acciaio utilizzato per ogni singolo portale in funzione del numero di iterazioni dell'algoritmo evolutivo.

di vista strutturale. Il risultato ottenuto è una **riduzione di oltre il 20% del materiale strutturale (acciaio)** rispetto alla soluzione iniziale, pur mantenendo livelli adeguati di sicurezza e prestazioni meccaniche. Si tratta, naturalmente, di una **stima preliminare**, basata su un modello semplificato e focalizzata sulla singola unità portante, che dovrà essere verificata e affinata nelle successive fasi di progettazione esecutiva e attraverso analisi strutturali dettagliate. Questo approccio dimostra tuttavia come l'integrazione tra modellazione parametrica, algoritmi evolutivi e strumenti FEM preliminari consenta di affrontare la progettazione di opere complesse in modo **più informato, rapido e sostenibile**, supportando concretamente le

24/27
MARZO
MARCH
2026

mce

ENERGY IS EVOLVING

44[^] Mostra Convegno Expocomfort

Fiera Milano – Rho

77



mostra convegno®
expocomfort



Built by

In the business of
building businesses

IN COLLABORAZIONE CON



AICARR
Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente



ANIMA
CONFINDUSTRIA
MECCANICA VARIA



ASSISTAL
IMPIANTI TECNOLOGICI - EFFICIENZA ENERGETICA
ECO - FACILITY MANAGEMENT



www.mcexpocomfort.it

scelte progettuali con dati quantitativi sin dalle fasi iniziali. Inoltre, questo approccio ha consentito di individuare **configurazioni strutturali ottimali**, selezionate tra quelle che risultavano coerenti con i vincoli funzionali ed estetici dell'opera. L'integrazione tra modellazione parametrica e algoritmi evolutivi ha reso possibile la **ricerca automatizzata di soluzioni che massimizzassero l'efficienza** in termini di impatto ambientale, contenimento dei costi e semplicità esecutiva. In particolare, il sistema ha suggerito configurazioni modulari più razionali, facilitando la prefabbricazione e l'assemblaggio in cantiere. Congiuntamente a Rina Consulting e sempre sotto il coordinamento di AdR si sono supervisionati il processo di ottimizzazione, ed inoltre concordando quali fossero i parametri rispetto ai quali effettuare l'ottimizzazione evitando il rischio di incorrere in soluzioni basate su valutazioni eccessivamente semplicistiche

Per le analisi preliminari è stato utilizzato come riferimento il **portale n.1**, scelto in quanto rappresentativo della configurazione strutturale più sollecitata per via dell'altezza libera necessaria al passaggio del timone dell'aeromobile di progetto. Questo portale è stato impiegato come **modello base per l'ottimizzazione** delle sezioni strutturali, verificando rapidamente attraverso analisi semplificate l'effetto delle variazioni parametriche sulla risposta statica dell'intero sistema. Il Politecnico, sempre in collaborazione con Rina Consulting e sotto la supervisione di AdR SrL ha supervisionato l'ottimizzazione, concordando quali fossero i parametri rispetto ai quali effettuare l'ottimizzazione evitando il rischio di incorrere in soluzioni basate su valutazioni eccessivamente semplicistiche. Il modello parametrico sviluppato è stato successivamente integrato in un flusso di lavoro articolato e multidisciplinare, coerente con lo schema concettuale illustrato in **Figura 1**. Dopo la fase preliminare di generazione e ottimizzazione delle configurazioni geometriche, il modello è stato esportato per un'**analisi strutturale di dettaglio**, condotta tramite il software **SAP2000** [20], ampiamente riconosciuto per la sua affidabilità nelle simulazioni avanzate in ambito ingegneristico. completato il modello FEM integrando e modificando il modello geometrico estratto dal modello parametrico, in dettaglio Rina Consulting ha effettuato le verifiche finali. In questa fase sono state considerate tutte le **combinazioni di carico previste dalla normativa vigente** [21], con particolare

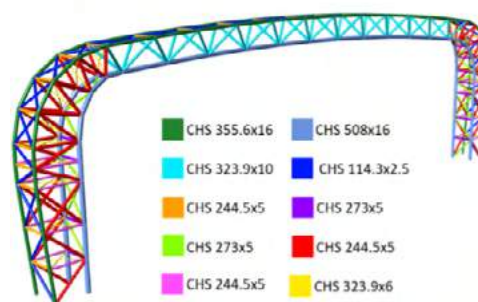


Figura 12 - Portale n.1 dell'hangar utilizzato come riferimento per il processo di ottimizzazione evolutiva. La figura mostra i profili strutturali ottimizzati degli elementi principali, ottenuti attraverso simulazioni parametriche successive, con l'obiettivo di ridurre il consumo di materiale e migliorare le prestazioni statiche.

attenzione alle **azioni eoliche**, che rappresentano uno degli aspetti più critici per una struttura come l'hangar, caratterizzata da grandi luci, ampie superfici esposte e forma aerodinamicamente sensibile. L'analisi si è estesa ben oltre la verifica lineare, includendo anche **simulazioni non lineari**, finalizzate a esplorare il **comportamento reale della struttura sotto sollecitazioni complesse**.

Inoltre, sono state condotte **analisi modali** per studiare il **comportamento dinamico globale** e non lineari per definire le **condizioni di instabilità locale e globale**. Queste analisi hanno fornito indicazioni fondamentali per il dimensionamento sicuro e ottimizzato della struttura, riducendo il margine di incertezza nelle scelte progettuali. Parallelamente, il modello è stato **interfacciato con l'ambiente BIM** sviluppato in **Revit**, all'interno del quale è stato possibile integrare la componente strutturale con i modelli architettonici, impiantistici e funzionali. Questo processo ha garantito un **coordinamento interdisciplinare continuo**, favorendo la coerenza tra le diverse discipline e permettendo l'aggiornamento in tempo reale delle informazioni progettuali. Il risultato è un flusso di lavoro digitale altamente efficiente, che unisce **analisi avanzata, interoperabilità e controllo progettuale**, rappresentando una concreta applicazione delle più recenti innovazioni nel settore AEC.

Conclusioni e visioni future

L'intelligenza artificiale sta progressivamente trasformando l'ingegneria civile e l'architettura, offrendo strumenti in grado di potenziare il

processo progettuale, migliorare l'efficienza operativa e ampliare le possibilità di esplorazione progettuale. Tuttavia, nonostante i rapidi avanzamenti tecnologici, l'AI non è destinata a sostituire le qualità fondamentali della progettazione, quali la creatività, il pensiero critico, la sensibilità culturale e la capacità di sintesi. Questi aspetti rimangono prerogative insostituibili dell'intelligenza umana. Il progettista, in questo contesto, non è un semplice risolutore di problemi tecnici, ma un interprete del territorio, capace di cogliere la complessità del contesto ambientale, sociale ed economico in cui si inserisce l'opera. Un'opera, quella dello spaziorporto, che si insedia nella provincia di Taranto che vede nel capoluogo la presenza del più grande centro siderurgico europeo. Sebbene l'intelligenza artificiale sia in grado di analizzare grandi volumi di dati, identificare schemi complessi e proporre soluzioni autonome o semi-autonome, essa non può sostituire il giudizio umano nella definizione di spazi significativi, sostenibili e coerenti con i valori della collettività. L'introduzione di modelli parametrici e processi automatizzati, quindi, non elimina il ruolo del progettista, ma ne ridefinisce il perimetro d'azione, liberandolo da compiti ripetitivi e permettendogli di concentrare le proprie competenze sulle decisioni strategiche e sulla qualità complessiva dell'intervento.

L'AI si configura così come uno **strumento evolutivo**, che amplifica le capacità dell'ingegnere e dell'architetto, agevolando un approccio progettuale più integrato, iterativo e consapevole. In definitiva, il futuro della progettazione risiede nella **sinergia tra intelligenza artificiale e intelligenza umana**, in un equilibrio virtuoso in cui le potenzialità computazionali della macchina si affiancano alla visione, all'intuizione e alla responsabilità del progettista. Solo attraverso questa alleanza sarà possibile affrontare le sfide complesse della trasformazione del territorio, con soluzioni realmente innovative e sostenibili. Il caso studio della progettazione parametrica dell'hangar principale dello spaziorporto di Grottaglie ha rappresentato un esempio concreto ed efficace dell'applicazione di metodologie avanzate nel settore dell'ingegneria civile. La modellazione parametrica si è rivelata uno strumento decisivo per ottenere una progettazione di elevata qualità in tempi ridotti, favorendo la cooperazione sinergica fra la stazione appaltante (AdP, gestita dal RUP Ing. D'Auria) ed i diversi team specialistici - strutturali,

architettonici, impiantistici e ambientali - attorno a un modello digitale comune e adattivo.

L'approccio parametrico ha consentito non solo di accelerare le fasi di sviluppo progettuale, ma anche di simulare e valutare in tempi rapidi scenari complessi e prestazioni strutturali. Ciò ha permesso di rispondere con prontezza alle numerose richieste evolutive della committenza, che, data la natura pionieristica dell'opera e l'assenza di riferimenti consolidati, ha dovuto ridefinire più volte esigenze e obiettivi. Il modello parametrico ha garantito, in questo senso, una progettazione estremamente reattiva e flessibile. Inoltre, questa metodologia ha contribuito a migliorare la sostenibilità complessiva del progetto, integrando fin dalle prime fasi parametri ambientali, prestazionali ed economici, e offrendo strumenti utili per il controllo e l'ottimizzazione dei costi. L'analisi integrata di questi aspetti ha portato a soluzioni progettuali più efficienti e consapevoli, riducendo gli sprechi e favorendo un uso razionale delle risorse. Tutto ciò testimonia come l'ingegneria civile e l'architettura siano oggi a un potenziale punto di svolta. L'integrazione di intelligenza artificiale, modellazione parametrica e approccio interdisciplinare apre scenari inediti per l'innovazione del processo progettuale. Tuttavia, la vera forza non risiede unicamente nei nuovi strumenti digitali, ma nella sinergia tra questi strumenti e l'ingegno umano. È in questo equilibrio - tra potenza computazionale e visione progettuale - che si possono generare opere non solo funzionali e performanti, ma anche culturalmente significative e profondamente legate al contesto in cui si inseriscono.

Referimenti

1. Mikaelsson, R. (2022). *Computational Design in the AEC industry: Applications and Limitations*.
2. Rafsanjani, Hamed Nabizadeh, and Amir Hossein Nabizadeh. "Towards human-centered artificial intelligence (AI) in architecture, engineering, and construction (AEC) industry." *Computers in Human Behavior Reports* 11 (2023): 100319.
3. Melchiorre, J. et al. (2024). *Human-in-the-Loop Structural Optimization: A Paradigm Shift in Structural and Architectural Design. Proceedings of the IASS 2024 Symposium*.
4. Darko, Amos, et al. "Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities." *Automation*

in construction 112 (2020): 103081.

5. Sacks, R., Bloch, T., Katz, M., & Yosef, R. (2019, June). Automating design review with artificial intelligence and BIM: State of the art and research framework. In *ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2019* (pp. 353-360). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

6. Yazici, G., & Cagdas, G. (2024). Importance of Parametric Modeling in New Generation Civil Engineering Projects. In "Recent Advances in Engineering Structures" (pp. 135-145). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-47428-6_10

7. Melchiorre, J., Manuello, A., Marmo, F., Adriaenssens, S., & Marano, G. C. (2023). Differential formulation and numerical solution for elastic arches with variable curvature and tapered cross-sections. *European Journal of Mechanics-A/Solids*, 97, 104757.

8. Holzer, D., Hough, R., & Burry, M. (2007). Parametric design and structural optimisation for early design exploration. *International Journal of Architectural Computing*, 5(4), 625-643.

9. Rutten, D. (2007). Grasshopper: Algorithmic modeling for Rhino. Robert McNeel & Associates. Retrieved from <https://www.grasshopper3d.com>

10. Autodesk, Inc. (2011). Dynamo: Visual programming for Revit. Retrieved from <https://dynamobim.org>

11. Robert McNeel & Associates. (1998). *Rhinoceros 3D: NURBS modeling for Windows and macOS*. Retrieved from <https://www.rhino3d.com>

12. Autodesk, Inc. (2000). *Revit: Building Information Modeling software*. Retrieved from <https://www.autodesk.com/products/revit>

13. F. Fu, *Advanced modeling techniques in structural design*, Wiley-Blackwell, Chichester, 2015. ISBN 978-1-118-82543-3.

14. Atto di indirizzo MIT Ministero Infrastrutture e Trasporti m. 250 del 9 maggio 2018

15. Regolamento ENAC per la costruzione e l'esercizio degli spaziotporti Ed. 3 in data 22.11.2023

16. BryceTech. (2024). Global launch site overview: Orbital and suborbital spaceports (January 2024). Retrieved from https://brycetechnology.com/reports/report-documents/Bryce-Launch_Sites_2024.pdf

17. LEACH, Jon; NICOLIN, Rossella; BURTON, Matthew. Structural workflows and the art of parametric design. *The Structural Engineer: journal of the Institution of Structural Engineers*, 2016, 94.3: 24-31.

18. Simon, D. (2013). *Evolutionary optimization algorithms*. John Wiley & Sons.

19. Preisinger, C., & Heimrath, M. (2014). Karamba—a toolkit for parametric structural design. *Structural Engineering International*, 24(2), 217-221.

20. Computers and Structures, Inc. (CSI). (1995). *SAP2000: Integrated structural analysis and design software*. Retrieved from <https://www.csiamerica.com/products/sap2000>

21. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. (2018). *Norme Tecniche per le Costruzioni* (D.M. 17 gennaio 2018). *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale n. 42 del 20 febbraio 2018 – Suppl. Ordinario n. 8*. Retrieved from <https://www.cslp.it>

* coautori dell'articolo:

Jonathan Melchiorre, Amedeo Manuello, Laura Sardone - **ARTISTE** (Artificial Intelligence in Structural Engineering) - **Parametric Design Group, DISEG - Politecnico di Torino**

Paolo Cambula, Claudio Barbetta, Federico Raia - **ADR Ingegneria**

Andrea Tomarchio, Paolo Basso, Gianluca Ciullo, Enrico Scoditti, Giuseppe Di Matteo, Cristina Attanasio, Myriam Mancini, Andrea Bongiovanni, Simone Caffè - **RINA Consulting**

Valerio Lombardi - **Proger SpA**

Benedetto Camerana, Francesca Turnaturi, Mattia Greco, Marco Schiavone - **Camerana&Partners**

Donato D'Auria, Antonio Maria Vasile, Marco Catamerò - **Aeroporti di Puglia SpA**



ISOLKAPPA
L'ISOLANTE ECO EFFICIENTE

TERMICO + ACUSTICO MASSIMO COMFORT ABITATIVO

Con le nuove soluzioni della Linea Silence per l'isolamento termoacustico in polistirene espanso sinterizzato (EPS), garantiamo le migliori performance termiche e acustiche di settore, per un comfort abitativo totale.

Scopri di più su
isolkappa.it

Come valutare le prestazioni fonoisolanti di pareti e solai?

Scopri lo nel **Manuale Tecnico** scritto da **Isolkappa** e **ANIT** (Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e Acustico) sull'isolamento acustico dall'interno, con riferimenti normativi, stratigrafie e indicazioni di posa.

**INQUADRA E
SCARICA IL MANUALE**



Ingegnere aeroportuale, governare complessità ed emergenze

RAFFAELLA CHITI

Planning manager della direzione infrastrutture, Aeroporto G. Marconi di Bologna S.p.A

L'Ingegnere Aeroportuale è un professionista che lavora nel settore del trasporto aereo, nel quale la collaborazione di figure professionali altamente specializzate garantisce l'efficienza, la sicurezza e la sostenibilità delle operazioni aeroportuali.

Formazione

I ruoli professionali che l'ingegnere aeroportuale è chiamato a svolgere richiedono di fatto competenze di settore che vengono sviluppate e maturate mediante un'adeguata formazione specifica. **Oltre alla formazione accademica** rilasciata nei primi anni dai corsi di laurea in Ingegneria Civile, Edile, Gestionale o dei Trasporti, che forniscono competenze base dell'ingegneria finalizzate allo sviluppo del pensiero logico e all'approccio alla meccanica razionale dei sistemi complessi, è necessario che l'ingegnere che si appresta a lavorare nel settore aeroportuale **possieda competenze specialistiche al fine di comprendere la realtà in cui andrà ad operare**, acquisibili mediante corsi avanzati e/o Master di alta formazione.

A riguardo, alcune Università italiane si sono strutturate mediante l'inserimento nei **piani di studio di corsi di laurea dedicati e Master di II Livello**, anche in collaborazione con esperti del settore. Tra questi si ricordano il corso "Design, monitoring and management of Airports" in lingua inglese presso il percorso di laurea magistrale Civil Engineering dell'Università degli Studi di Bologna, strutturato mediante lezioni teoriche ed esercitazioni pratiche organizzate da ingegneri che lavorano presso Aeroporto

di Bologna S.p.A. ed il Master di II Livello "Pianificazione, progetto, costruzione e gestione di infrastrutture aeroportuali" erogato dall'Università degli Studi di Padova e realizzato nell'ambito di una collaborazione pluriennale con ENAC, Ente Nazionale di Aviazione Civile. È proprio la sinergia tra percorsi accademici e i professionisti già operanti nel settore che fornisce il valore aggiunto al percorso formativo.

Negli scorsi mesi Università degli Studi di Bologna e Aeroporto di Bologna S.p.A hanno stipulato un contratto per il finanziamento di una borsa di dottorato triennale che consenta ad ingegneri interessati al settore aeroportuale di sviluppare un progetto di ricerca sulla pianificazione e progettazione di opere infrastrutturali grazie all'esperienza che potrà essere sviluppata direttamente sul campo, con la finalità di acquisire mirate competenze per svolgere funzioni di elevata qualificazione all'interno di enti, imprese, società d'ingegneria, operanti nel settore.

Competenze

Tra le competenze tecniche di settore che, a seconda del ruolo che l'ingegnere svolge all'interno degli aeroporti, è fondamentale conoscere vi sono:

- **normativa in materia di safety e sicurezza:** conoscenza della regolamentazione internazionale (ICAO - International Civil Aviation Organization e EASA - European Union Aviation Safety Agency) e nazionale (ENAC - Ente Nazionale Aviazione Civile), oltre alla regolamentazione specifica di settore;

- **strumenti di programmazione e pianificazione:** conoscenza dei piani programmatici e dei processi alla base degli investimenti infrastrutturali, per una corretta gestione dell'iter di sviluppo, tra questi la strategia Nazionale di sviluppo della rete aeroportuale italiana (PNA) e piani di sviluppo aeroportuali (Masterplan Aeroportuale);
- **progettazione e manutenzione delle infrastrutture aeroportuali:** competenze in ingegneria civile per la conoscenza dei requisiti tecnici alla base dello sviluppo di opere infrastrutturali all'interno dello scalo, basate sulla normativa di settore e sulla regolamentazione nazionale in materia di appalti pubblici per la gestione degli affidamenti di servizi di ingegneria, lavori e forniture;
- **temi di sostenibilità ambientale ed innovazione tecnologica:** per lo sviluppo di progetti che integrino soluzioni per ridurre l'impatto ambientale ed adottino tecnologie digitali all'avanguardia in un contesto in rapido sviluppo. L'obiettivo che l'ingegnere è chiamato a raggiungere è di rendere sempre più attuali ed al passo con i tempi le tecnologie a servizio della passenger experience, tra cui l'implementazione della digitalizzazione nei sottosistemi infrastrutturali, il supporto dell'intelligenza artificiale, l'applicazione di sistemi di monitoraggio predittivo e gestione dei dati in tempo reale.

Queste competenze multidisciplinari consentono l'esercizio dei differenti ruoli che l'ingegnere aeroportuale è chiamato a svolgere, tra le attività principali si ricorda:

- **ingegneri impiegati nella progettazione e manutenzione delle infrastrutture aeroportuali:** per una pianificazione e supervisione della progettazione, realizzazione e manutenzione di piste, piazzali, terminal, hangar, parcheggi ed altre infrastrutture aeroportuali, garantendone la funzionalità e la sicurezza mediante programmi di manutenzione ciclici;
- **ingegneri con ruoli di coordinamento operativo:** una supervisione dei passeggeri, del traffico aereo, delle operazioni di terra e delle merci processate all'interno dello scalo;

- **ingegneri impiegati nelle analisi dei rischi e promozione della cultura della safety:** prevenzione, valutazione e gestione dei rischi al fine di garantire la sicurezza di persone e aeromobili, implementando misure finalizzate alla minimizzazione di incidenti e disservizi.

Oltre a queste competenze prettamente tecniche, essendo la comunità aeroportuale una realtà composta da differenti professionisti con i quali l'ingegnere aeroportuale collabora, è importante che possieda competenze trasversali e soft skills determinanti per un dialogo costruttivo con vettori, enti di stato, handler, subconcessionari, autorità di regolamentazione ed altri professionisti. Tra le capacità più importanti da acquisire vi sono: problem solving, ricercando soluzioni per affrontare con approccio diretto ed in tempi brevi situazioni di emergenza o imprevisti; propensione al lavoro di squadra, nella gestione di attività con colleghi ed in gruppi di lavoro aziendali e flessibilità al cambiamento, in quanto la realtà aeroportuale è un sistema complesso ed in evoluzione costante per sua natura. Anche le doti comunicative, nei ruoli che l'ingegnere si trova ad esercitare dentro e fuori dalla comunità aeroportuale sono importanti per l'interazione con gli stakeholders con cui si trova ad interfacciarsi.

Prospettive professionali

Per quanto concerne le prospettive professionali, l'ingegnere aeroportuale può sviluppare differenti percorsi lavorativi, sia nel settore pubblico che privato, quali:

- **servizi di consulenza e ricerca:** mediante la libera professione o l'impiego in società di consulenza/in studi/società di ingegneria in cui l'ingegnere sviluppa analisi e studi inerenti aspetti della realtà aeroportuale per i quali risulta indispensabile la specializzazione di settore;
- **servizi di ingegneria:** mediante l'esercizio della libera professione o l'impiego in studi/società di ingegneria oppure dipendente all'interno di società di gestione di aeroporti impiegati in attività di progettazione e direzione lavori per opere infrastrutturali in ambito aeroportuale, per le quali risulta fondamentale la conoscenza del contesto e della normativa tecnica di settore o impiegati nella gestione delle medesime attività affidate all'esterno delle società di gestione;

- **gestori delle operazioni:** tecnici impiegati presso le società di gestione nelle attività di pianificazione operativa del traffico aereo a terra o presso ENAV per il controllo del traffico aereo lato aria;
- **gestione e leadership aziendale:** ruoli strategici presso autorità aeroportuali (ENAC) o società di gestione degli scali italiani;
- **appalti:** mediante incarichi di Responsabili di progetto (RUP) per la gestione dei procedimenti amministrativi e degli appalti all'interno delle società di gestione aeroportuali, impegnati nella realizzazione dei piani di investimento societari;
- **Enti e organizzazioni:** impiego all'interno di enti di settore quali ICAO, EASA, ENAC, ENAV che necessitano all'interno delle proprie organizzazioni di ingegneri specializzati per la definizione di standard e linee guida tecniche, oltre ad attività di supervisione e controllo degli scali italiani;
- **compagnie aeree:** mediante l'impiego all'interno di compagnie aeree con ruoli tecnici, operativi, quali ad esempio gli ingegneri addetti alla manutenzione degli aeromobili o ruoli manageriali/gestionali come gli ingegneri dedicati alla pianificazione dei voli schedati negli scali serviti dal vettore.

Conclusioni

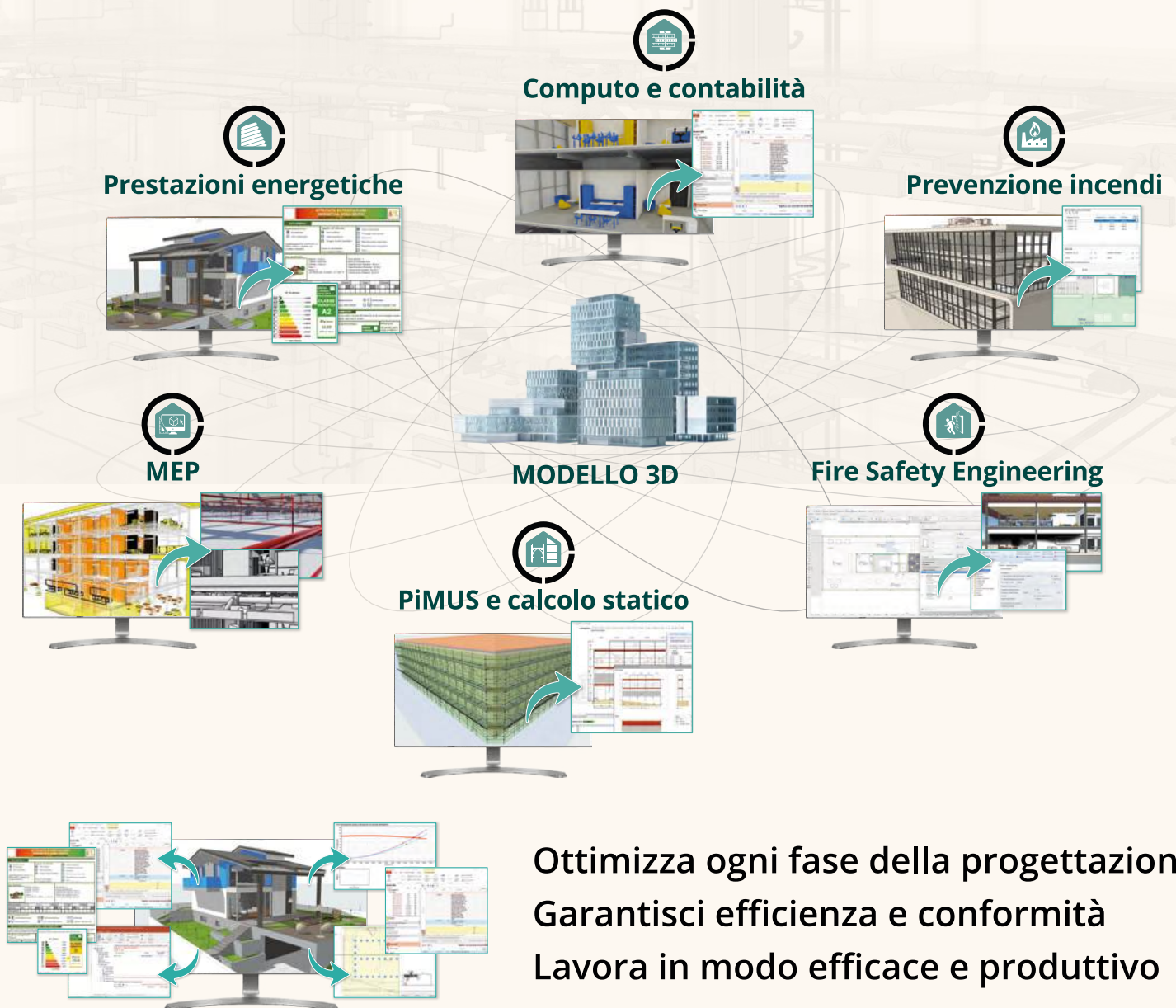
L'ingegnere aeroportuale è una risorsa preziosa per l'operatività efficiente e sostenibile degli scali aeroportuali. Il percorso formativo e le competenze tecniche specialistiche, unite alle soft skills richieste permettono di affrontare le complessità e le sfide del mondo del trasporto aereo. La crescita di ingegneri aeroportuali ed il sostegno allo sviluppo di questa professionalità mediante percorsi formativi ed attività di aggiornamento continuo, è un investimento sulle singole risorse, ma soprattutto nella sicurezza, nell'efficienza e nella sostenibilità degli aeroporti, per la realizzazione dei piani di sviluppo aeroportuali.



Tutto il BIM che ti serve è qui

Scopri la perfetta integrazione BIM tra modello 3D e i software per l'edilizia Namirial.

Grazie alla totale integrazione dei software Namirial da oggi potrai lavorare con strumenti avanzati per una progettazione in tempo reale per prestazioni energetiche, computo e contabilità, PiMUS e calcolo statico, prevenzione incendi, FSE, MEP (impianti antincendio, termotecnici e canali d'aria).



Ottimizza ogni fase della progettazione
Garantisci efficienza e conformità
Lavora in modo efficace e produttivo

Scopri
di più



La cultura della pianificazione per gli stati di crisi e la sicurezza

COSIMA NASTASIA

Safety manager, Aeroporti di Bari, Brindisi e Taranto-Grottaglie

SEZIONE SCIENTIFICA

Il sistema aeroportuale è regolato da norme e procedure stringenti, il cui obiettivo primario è garantire la massima sicurezza delle operazioni, a tutela di passeggeri, operatori e stakeholder. Nonostante i progressi tecnologici dell'aviazione, **la probabilità di un evento catastrofico non può essere del tutto azzerata**, così come quella di eventi minori, stati di emergenze ed allarmi che si verificano occasionalmente, in rapporto alle migliaia di voli che ogni giorno solcano i cieli.

Il modello della *teoria dell'iceberg* (Figura 1), impiegato in diversi contesti e reso popolare applicato alla sicurezza da Heinrich nel 1931, mostra come siano proprio gli eventi minori a precludere ad eventi maggiori. L'analisi sistematica di questi segnali premonitori assume quindi un ruolo centrale nella prevenzione degli incidenti. **La safety è dunque uno degli ambiti di maggior interesse aeroportuale e aeronautico.** Il Doc. ICAO 9859 definisce *safety* la condizione in cui il rischio di danneggiare persone o cose

viene ridotto e mantenuto a un livello uguale o inferiore a quello ritenuto accettabile, attraverso un processo di identificazione dei pericoli e di gestione del rischio. Per questo, in ambito aeroportuale tutte le organizzazioni sono tenute a dotarsi del cosiddetto *Safety Management System* (SMS), ossia del **processo di gestione dei rischi commisurati a un livello accettabile che si persegue solo dopo aver posto in campo una serie di barriere** (es. progresso tecnologico, procedure operative, training, ecc.) con lo scopo di evitare un incidente. Qualora un incidente si verifichi comunque, esso sarà il prodotto di una concatenazione di fattori che hanno superato le difese predisposte. James Reason, nel 1990, ha elaborato un modello molto efficace, che è diventato il punto di riferimento in materia di *risk management* e che trova larga applicazione tanto in ambito sanitario quanto in quello aeronautico. Il modello di Reason, conosciuto comunemente come *swiss cheese model* (modello del formaggio svizzero), impiega l'immagine del latticino svizzero nella quale ogni fetta rappresenta una misura difensiva dell'organizzazione.

Nelle organizzazioni complesse, quali sono quelle aeronautiche, le misure difensive possono essere molteplici: alcune si basano sull'**affidabilità dei sistemi ingegnerizzati**, altre su quella umana, altre ancora dipendono da controlli e procedure. Ogni barriera dovrebbe idealmente essere priva di criticità, ma in realtà presenta una serie di falle (i "buchi") che rappresentano le lacune delle misure difensive dell'organizzazione. Tali lacune di per sé non rappresentano una condizione sufficiente per il verificarsi di un incidente;

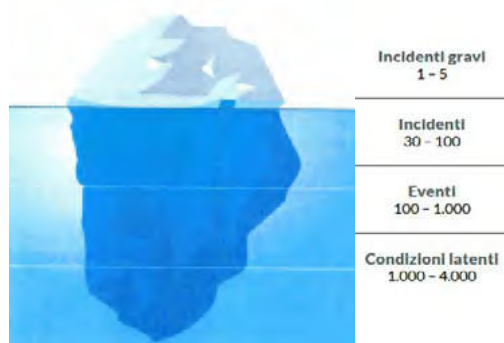


Figura 1

l'incidente si verifica solo in quei casi in cui queste lacune, così come avviene nella rappresentazione di Reason, con la loro disposizione e quindi in coincidenza temporale, si allineano e concorrono al realizzarsi della "traiettoria delle opportunità". Pur essendo l'aeromobile il mezzo di trasporto statisticamente più sicuro, il sistema aeroportuale rimane esposto a scenari emergenziali che, per entità e complessità, possono evolvere in incidenti aeronautici.

Piani di emergenza aeroportuali

La normativa internazionale in materia distingue tre diversi livelli di crisi:

- **livello 1 – allarme (local standby).**
Si determina allorché si ha ragione di dubitare per la sicurezza di un aeromobile e dei suoi occupanti;
- **livello 2 – emergenza (full emergency).**
Si determina quando si ha la certezza dello stato di pericolo in cui versa un aeromobile o i suoi occupanti;
- **livello 3 – incidente (aircraft accident).**
È il caso in cui si sia verificato un evento dannoso per un aeromobile e/o per i suoi occupanti.

Per la gestione degli stati di crisi – da un ordinario stato di allarme fino all'incidente – tutte le organizzazioni aeronautiche (gestori, servizio di soccorso antincendio, compagnie aeree, ecc.) devono dotarsi di un proprio Piano di Emergenza. Il Piano di Emergenza del gestore è definito "Aeroportuale" in quanto comprende e armonizza i singoli piani delle varie organizzazioni coinvolte. In relazione ai suddetti livelli, il **Piano di emergenza aeroportuale (PEA)** definisce la risposta coordinata dell'aeroporto allo stato di crisi, stabilisce le azioni da intraprendere, dalla notifica sino alle attività necessarie per la ripresa delle operazioni nello scalo; si applica all'interno del perimetro aeroportuale e nelle aree immediatamente circostanti, raggiungibili dai soccorsi in tempo utile per la salvaguardia delle vite umane. La pianificazione e gestione delle emergenze aeroportuali è disciplinata da un quadro normativo europeo e nazionale (EASA, ENAC, ICAO Annex 14), che impone un approccio multidisciplinare, integrando aspetti tecnici, sanitari e logistici. Predisposto dal gestore aeroportuale ed adottato con Ordinanza dalla competente Direzione ENAC,

in coerenza con il quadro normativo nazionale e nel rispetto delle competenze attribuite ai soggetti che operano in ambito aeroportuale (con Sentenze del Consiglio di Stato n. 5946/2013 e n. 661/2015), il PEA costituisce **l'atto fondamentale della pianificazione e del coordinamento delle misure da impiegare negli stati di crisi che dovessero interessare l'aeroporto e le sue vicinanze.**

L'obiettivo è minimizzare gli effetti negativi di un'emergenza o di un incidente, con particolare riguardo al salvataggio di vite umane e, se possibile, mantenere l'operatività aeroportuale, assicurando il pronto intervento e un adeguato coordinamento dei diversi soggetti coinvolti nelle operazioni di soccorso. Propedeutica alla stesura del PEA è la redazione di un *Risk Assessment ad hoc*, volto a verificare la rispondenza del Piano ai requisiti stabiliti nel nuovo Regolamento Basico (Regolamento (UE) 2018/1139, emendamento del Regolamento (CE) 216/2008) e a definire le modalità di risposta organizzativa in termini di attività, risorse e mezzi, in funzione della dimensione, della morfologia e del contesto territoriale dell'aeroporto.

Elemento chiave per il dimensionamento dei servizi di soccorso antincendio è l'"aereo critico di progetto", ossia l'aeromobile che, tra tutti quelli operanti in uno scalo, richiede maggiori dimensioni dell'infrastruttura - come lunghezza della pista - per poter operare in sicurezza. Esso determina non solo la categoria antincendio dell'aeroporto, ma anche la previsione del numero di possibili vittime in caso di incidente. Secondo il Doc ICAO 9137 - Airport Service Manual, circa il 75% dei passeggeri coinvolti in un incidente richiede cure mediche, ripartite in diverse classi di triage (Figura 2); il restante 25% è suddiviso tra illesi e deceduti.

Queste previsioni consentono di definire le dotazioni sanitarie minime (la cosiddetta "scorta intangibile") in relazione alla categoria dell'aeroporto, nonché l'estensione e l'organizzazione dei locali di interesse del Piano - aree aeroportuali messe a disposizione per la gestione dell'evento secondo le previsioni del vigente Regolamento ENAC "Redazione e gestione del Piano di assistenza alle vittime di incidente aereo e loro familiari" (Ed. 1 del 05/05/2023). Per il coordinamento delle attività in caso di incidente, presso ogni aeroporto è istituito l'organismo collegiale del Centro Operativo per l'Emergenza (COE),

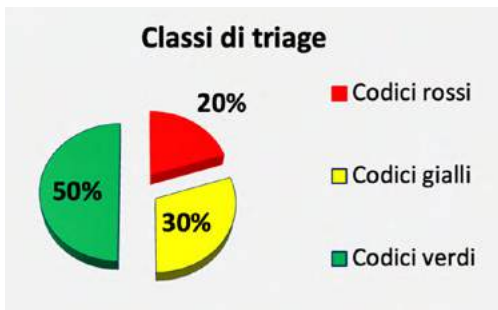


Figura 2

presieduto da ENAC, e al quale partecipano rappresentanti qualificati degli enti e dei soggetti coinvolti.

Parte integrante del PEA è la Grid Map, una planimetria dell'aeroporto realizzata attraverso una suddivisione in quadranti dell'ambito territoriale di applicazione del Piano, per consentire un'immediata individuazione dell'aeromobile in emergenza/incidentato. La *Grid Map* riporta la toponomastica, le vie d'accesso, l'ubicazione dei locali strategici, le risorse idriche e ogni altra informazione che può essere utile al soccorso. In conformità al Regolamento (UE) n. 139/2014, AMC2ADR.OPS.B.005(b)(b) – Aerodrome Emergency Planning, la Grid Map copre sino ad 8 km dal centro dell'aeroporto (Aerodrome Reference Point), ferma restando la valutazione, in capo al gestore (AMC1 ADR. OPS.B.005(b)(e)), sulle direttrici di decollo e atterraggio all'interno di 1.000 metri dalle soglie delle piste dell'aeroporto per determinare le reali possibilità di intervento da parte dei Vigili del Fuoco aeroportuali.

Infine, è essenziale per la corretta applicazione del Piano che vi sia condivisione con gli Enti territoriali preposti, al fine di integrare il PEA all'interno di un più ampio Piano di Protezione Civile sul territorio.

Training

La gestione moderna delle emergenze aeroportuali integra sistemi GIS per la localizzazione rapida dell'aeromobile, piattaforme digitali per la gestione delle comunicazioni e applicativi di Crisis Management. Allo **scopo di addestrare tutto il personale**, sistemi, risorse e mezzi vengono testati periodicamente attraverso un programma di esercitazioni definito dalla normativa, la principale delle quali, l'esercitazione cosiddetta *full scale*, prevede la partecipazione di tutti gli

stakeholder e la misurazione delle performance nell'ottica del miglioramento continuo.

Conclusioni e prospettive

La pianificazione della gestione degli stati di crisi in ambito aeroportuale richiede oggi una governance multidisciplinare, fondata su:

- **un approccio sistemico e risk-based;**
- **la cooperazione tra gli Enti** coinvolti;
- **la formazione continua del personale** e la pratica costante attraverso esercitazioni che simulano scenari realistici;
- **l'aggiornamento tecnologico.**

Solo integrando questi fattori è possibile garantire resilienza ed efficienza del sistema aeroportuale di fronte a eventi emergenziali.

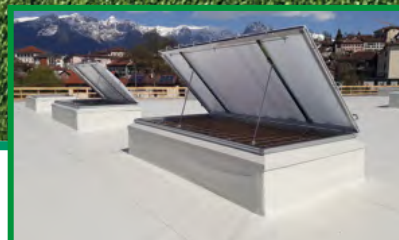
CUPOLE MONOBLOCCO SERIE VELA



ILLUMINAZIONE ZENITALE



EVACUAZIONE FUMO E CALORE



SMALTIMENTO FUMO E CALORE



BARRIERE AL FUMO E AL FUOCO

CAODURO

ILLUMINAZIONE ZENITALE, VENTILAZIONE NATURALE,
CONTROLLO DEL FUMO E DEL CALORE

Realizziamo cupole, lucernari, strutture centinate, basamenti, dispositivi per la ventilazione naturale, box di controllo, sistemi per il controllo del fumo e del calore, barriere per il controllo del fumo e del fuoco e sistemi di ventilazione naturale e forzata.



CUPOLE



LUCERNARI



CENTINATI



BASAMENTI



SENF C



BOX DI
CONTROLLO



EFFC



BARRIERE
AL FUMO



BARRIERE
AL FUOCO



VENTILAZIONE
GIORNALIERA



0444 94 59 59



info@caoduro.it

Via Chiuppese ,15 36010 - Monticello Conte Otto Vicenza, Italia



Airports Council, l'Italia nella rotta dei grandi scali




Chicago



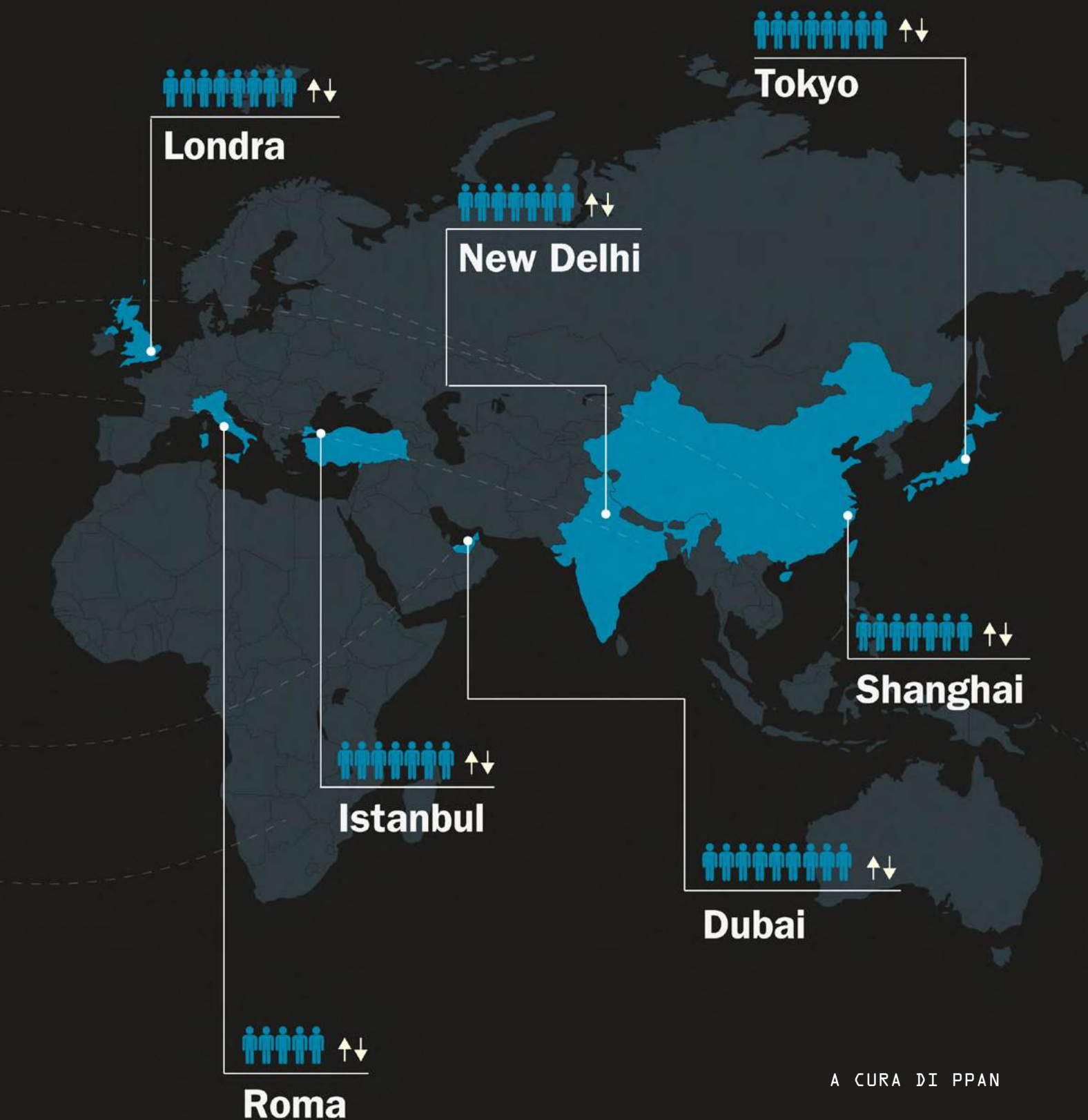
Denver



Atlanta

 10,8 milioni di passeggeri

Nonostante le incertezze che la **crescita globale del traffico passeggeri** ha dovuto affrontare a causa dell'evoluzione del panorama economico e geopolitico, la classifica 2024 di Airports Council International (ACI) fissa il **totale mondiale vicino ai 9,5 miliardi** di viaggiatori. In questo contesto, il sistema aeroportuale di Roma registra un traffico complessivo di circa **37 milioni di passeggeri**.



Fiumicino, storia della ristrutturazione “a cuore aperto” del Terminal 3

FRANCESCO FAMILARI

Director of infrastructures terminal development, Aeroporti di Roma S.p.A.

Il Terminal 3 dell'Aeroporto “Leonardo da Vinci” di Roma-Fiumicino è uno dei due terminal dello scalo, dedicato a processare la maggior parte delle compagnie con voli da e per destinazioni non Schengen del primo scalo italiano. L'edificio, che rappresenta quindi il primo Terminal per collegamenti Intercontinentali dall'Italia, è stato **inaugurato nel 1960 per le Olimpiadi di Roma ed è caratterizzato da una struttura in c.a. di 17.750 mq** distribuiti su 3 livelli operativi e da 2 braccia, un tempo destinate alla funzione di molo di imbarco. Frutto dell'ingegno progettuale del team italiano Morandi-Luccichenti, il terminal ha visto numerose integrazioni e rimaneggiamenti nel corso delle evoluzioni dello scalo; per tanto Aeroporti di Roma ha portato avanti una importante e coraggiosa opera di ristrutturazione, con l'obiettivo di ricondurlo alla pulizia ed al rigore del disegno originario. Tale intervento si è inserito negli anni della ripresa del traffico aereo dopo l'arresto generato dall'evento pandemico del 2020, ottimizzando per quanto possibile le lavorazioni in una condizione operativa meno gravosa rispetto allo standard dello scalo, mediante due macro-fasi di lavoro.

L'intervento ha visto la ristrutturazione architettonica, impiantistica e funzionale, il miglioramento sismico e l'adeguamento antincendio a tutte le tre quote dell'edificio.

Dati salienti dell'intervento

- Calcestruzzo circa 7.000 mc;
- Acciaio e carpenterie metalliche circa 1.300 tonnellate;

- Fibre di carbonio per rinforzo strutturale circa 3.000 metri quadri;
- Rinforzo dei solai con anti sfondellamento circa 16.500 metri quadri;
- Unità di trattamento aria n. 15;
- Quadri elettrici n. 100;
- Cavi elettrici circa 600 km;
- Rilevatori antincendio n. 3100;
- Estrattori di fumo n. 88;
- Protezione di superfici con intonaco intumescente 22.300 metri quadri;
- Porte REI n. 160;
- Corpi illuminanti 4.000.

La storia

Il T3 di Fiumicino è stato il primo terminal dello scalo inaugurato con l'apertura dello scalo al traffico civile nel 1961. Opera del team italiano Morandi-Luccichenti, rappresenta un importante **esempio di architettura e ingegneria che si inserisce in una tradizione architettonica che caratterizza i grandi terminal internazionali dell'epoca**, come il TWA Terminal di Saarinen al JFK di New York e il Dulles di Washington. Infatti anche a FCO l'idea trainante a quel tempo fu quella di una grande copertura a dirigere e risolvere lo spazio architettonico. Il progetto non rappresenta solo una testimonianza dell'innovazione tecnica, ma anche un simbolo del dinamismo del boom economico italiano, che coniuga estetica e funzionalità in un'armonica soluzione architettonica (Figura 1 e 2). Il sistema Terminal di Fiumicino, con la crescita del traffico dalla sua apertura ad oggi, è cresciuto. Sono nati molteplici corpi di fabbrica adiacenti, che hanno consentito l'espansione dei sottosistemi per il processamento passeggeri,



Figura 1 - Vista zenitale di Fiumicino alla sua apertura al traffico negli anni '60



Figura 2 - Foto aerea del sistema delle piste e del Terminal 3

originariamente tutti concentrati nel T3. L'immagine a seguire mostra la facciata nord del terminal, che ai tempi celava lo spazio dedicato agli imbarchi. Oggi quella stessa area è invece destinata al **controllo passaporti**, mentre per la **funzione di imbarco** sono stati realizzati in più di 60 anni ben 8 distinti edifici, a testimonianza dell'importante crescita registrata dal settore (Figura 3). La **hall check-in** originaria, ritratta nelle immagini dell'epoca a seguire, è al contrario rimasta tale in termini di funzione (Figura 4 e 5).



Figura 3 - Vista fronte nord (airside) Terminal 3, 1960



Figura 4 - Vista hall check-in, 1961



Figura 5 - Fotografia della caratterizzante copertura e facciata in vetro a tutt'altezza, 1967

Ma negli anni l'immagine pulita, razionale e luminosa pensata in origine dal team di progettisti si era andata perdendo, a causa della progressiva aggiunta di elementi, arredi e servizi (Figura 6). Nella fotografia a seguire sono evidenti alcuni collegamenti orizzontali e verticali che nei decenni erano stati addossati al fronte vetrato; l'interno, allo stesso modo, era stato popolato di uffici e postazioni biglietteria, che impedivano visibilità e ingresso di luce naturale. Per questa ragione, Aeroporti di Roma ha deciso di avviare **nel 2016 un importante processo di recupero dell'immagine razionale, pulita e luminosa del terminal storico**. Il primo step è stato il restauro dell'iconico fronte vetrato, che è stato completato nel 2016, riportando luce naturale nella hall accettazione e recuperando l'importanza delle linee regolari di pilastri, travi e copertura.

Il **processo di ristrutturazione** è poi proseguito nel 2021 nella parte interna dell'edificio, su tutti i tre livelli operativi, cercando di utilizzare la finestra temporale di progressiva ripresa del traffico a seguito della battuta di arresto del

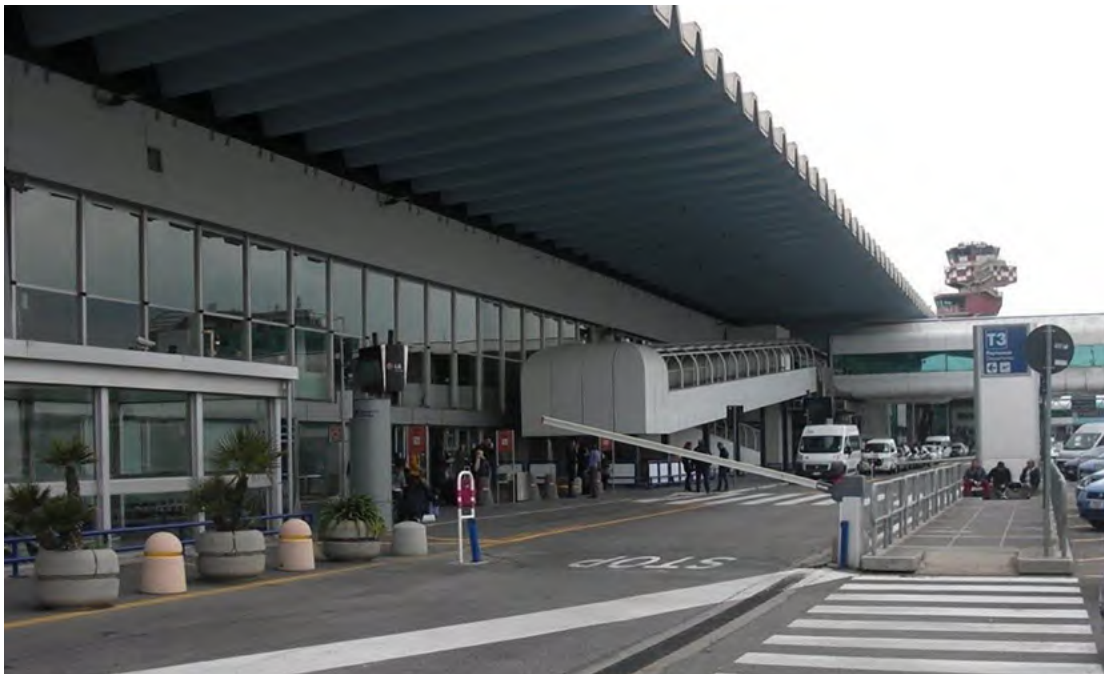


Figura 6 - Immagine del fronte landside del T3 prima della ristrutturazione del 2016

trasporto aereo dovuta all'evento pandemico. Sia la ristrutturazione della facciata, che la più recente ristrutturazione profonda dell'intero edificio, sono state portate avanti in continuità di esercizio, con un cantiere in piena operatività dentro la cesata e una sala accettazione o sala di riconsegna bagagli attraversate e vissute da migliaia di passeggeri al giorno (Figura 7).

Ristrutturare un terminal storico in continuità di esercizio: una sfida dentro e fuori il cantiere

Nel quadro di contesto descritto in precedenza, nel 2021 Aeroporti di Roma ha deciso di avviare una seconda fase di ristrutturazione profonda del fabbricato originario. La ristrutturazione è stata condotta in completa continuità di esercizio di tutte le



Figura 7 - Foto del fronte landside del T3 dopo la ristrutturazione

funzioni aviation: **check-in, controlli sicurezza, controlli passaporto, riconsegna bagagli e controlli doganali presenti nel terminal sono stati sempre operativi**, seppur parzializzati. L'intervento, progettato e realizzato da ADR Infrastrutture e ADR Ingegneria, è stato mirato a ottimizzare la capacità operativa e funzionale, includendo l'adeguamento del manufatto ai più recenti standard antincendio in ambito aerostazioni ed il miglioramento sismico delle strutture verticali e orizzontali.

Considerando le lavorazioni necessarie all'adeguamento antincendio ed al miglioramento sismico, è stato necessario mettere a nudo tutte le strutture e lavorare sul singolo elemento strutturale per intero, dalle fondazioni fino alla copertura. Questo ha imposto la chiusura contemporanea della medesima porzione di edificio, in due fasi, su tutte le quote operative "terra-cielo".

Mentre dentro il cantiere la sfida tecnica è chiara, è rilevante rappresentare che tale chiusura parziale alle operazioni "terra-cielo" ha portato notevoli complessità fuori dal cantiere, con **impatti sulle operazioni di tutti i sottosistemi aeronautici** (dal controllo sicurezza alla riconsegna bagagli), che sono stati efficacemente mitigati e gestiti per tutta la durata dei lavori (Figura 8).

La ristrutturazione, che ha interessato un'area complessiva di 41.000 mq, distribuita su tre livelli – arrivi, partenze e mezzanino –, come anticipato ha richiesto la completa rimozione di arredi, finiture e impianti, fino alla messa a nudo delle strutture in calcestruzzo del Terminal. Per garantire la continuità operativa dell'aeroporto, **i lavori sono stati suddivisi in due fasi principali** (Figura 9).

La prima fase, avviata nel novembre 2021 e completata nella Summer 2023, ha riguardato la metà orientale del Terminal, con chiusura e ottimizzazione di: 3 isole check-in; 6 nastri di riconsegna bagagli; l'intera area dedicata ai controlli di sicurezza per i voli sensibili, dotata di 11 macchine RX; e la riqualificazione di una porzione di area controllo passaporti in partenza.

La seconda fase, avviata a fine Summer 2023 e completata entro Summer 2025, per garantire la piena operatività nella stagione estiva, ha interessato la metà occidentale del Terminal, riqualificando: 3 isole check-in, 4 nastri bagagli, il controllo passaporti in arrivo e il controllo sicurezza in transito. Al termine dell'intervento, a livello partenze sono state rinnovate 6 isole check-in e completamente ridisegnati 150 banchi, ora dotati di soluzioni tecnologiche all'avanguardia e di un design moderno, per arrivare, all'interno di tutto il Terminal, a quota 248. Tra questi nuovi banchi sono stati introdotti "banchi ibridi", convertibili da tradizionali a self bag-drop, massimizzando la flessibilità. Tutte le isole check-in sono state dotate di due nastri per il trasporto dei bagagli (uno solo prima dei lavori), riducendo i tempi di processo e eventuali fermi.

Il livello arrivi ha visto invece un significativo incremento degli spazi al passeggero in sala di riconsegna bagagli, grazie alla dismissione di alcune aree tecniche non più utilizzate, con l'incremento del numero complessivo di nastri bagagli da 9 a 14 ed il raddoppio della lunghezza complessiva del fronte di riconsegna del T3 da circa 400 metri a 800 metri. A tutte le quote sono state completamente rinnovate le finiture, i controsoffitti, le pavimentazioni



Figura 8 - Una immagine della cesata di cantiere che ha diviso per un anno e mezzo la hall check in in due

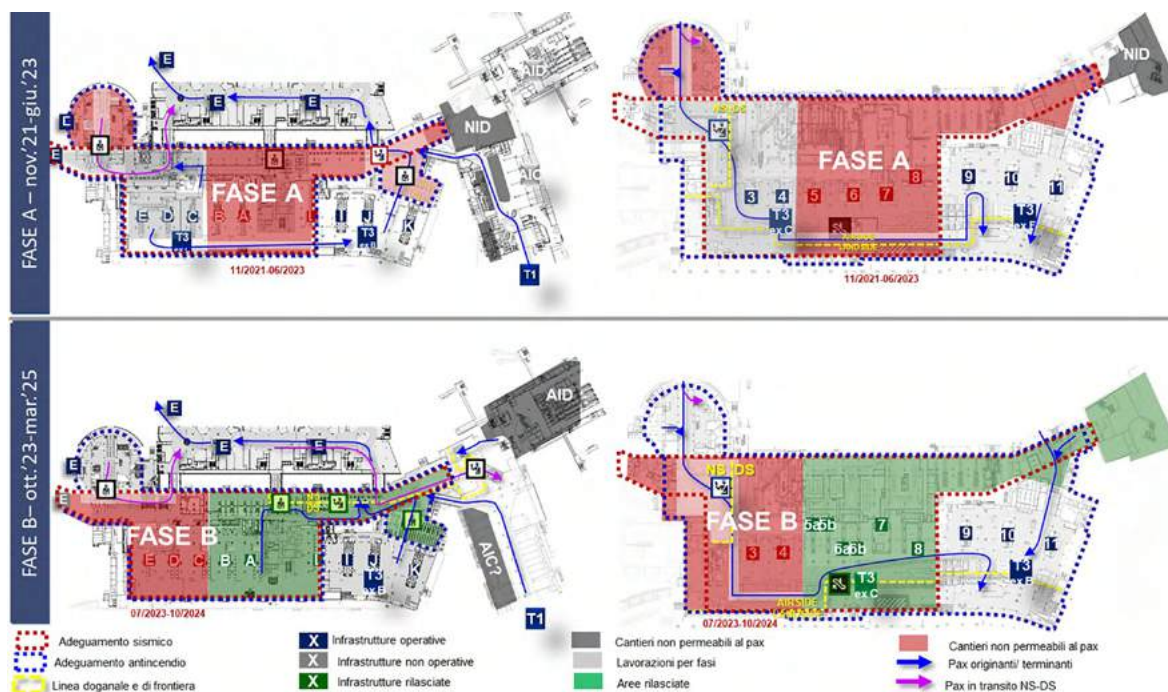


Figura 9 - Schema di massima delle due fasi di lavoro

e gli impianti di illuminazione, creando un ambiente moderno e funzionale maggiormente in linea con la luminosità ed il rigore del disegno originario. A seguito di un esteso strip-out, la fitta maglia di 400 pilastri e 90 travi in c.a. è stata interessata da **opere di consolidamento** per incrementarne la resistenza e la rigidità (Figura 10).

E' stata rinforzata l'armatura con getti per ampliare le sezioni, a tutte le quote. Sono state applicate fibre di carbonio o placature

metalliche sulle strutture orizzontali (Figura 11). Infine è stato modificato il sistema dei giunti strutturali tra i fabbricati esistenti al fine di garantire gli adeguati spostamenti delle strutture in condizioni sismiche; mentre per limitare la deformabilità dei solai è stato previsto l'inserimento di strutture di controventamento opportunamente armonizzate con le future funzioni delle aree coinvolte (Figura 12).



Figura 10 - Una delle immagini che ritraggono lo strip out esteso su tutto il terminal



Figura 11 - Immagine dei lavori per il ringrosso dei pilastri in c.a.



Figura 12 - Fotografia scattata durante il taglio dei solai per implementazione di giunti

I risultati raggiunti

Grazie a questi interventi, la **capacità del Terminal 3 è stata incrementata del 30%**, contribuendo alla risposta del sistema infrastrutturale alla domanda di traffico attesa nel medio-lungo periodo. La sfida è stata dentro alla cesata di cantiere, ampiamente descritta nei paragrafi precedenti.

Ma è stata anche fuori dalla cesata, nel cercare di gestire un traffico passeggeri in inesorabile ripresa dopo il Covid, con una importante penalizzazione di tutte le dotazioni operative dello scalo. Il successo di questa duplice sfida è stato possibile grazie ad un costante ed instancabile lavoro di squadra tra team tecnico e team operativo di Aeroporti di Roma, volto alla ricerca del miglioramento continuo per tutta la durata dei lavori.

A testimonianza di questo, malgrado le pesanti penalizzazioni, lo scalo e la sua infrastruttura sono state premiate per la **qualità del servizio al passeggero in tutti i tre anni di cantierizzazione** (Figura 13,14,15,16).



Figura 13 - La hall check-in prima del 2016 (ante operam)



Figura 14 - La hall check-in oggi (post operam)



Figura 15 - La sala di riconsegna bagagli prima dei lavori (ante operam)



Figura 16 - La sala di riconsegna bagagli oggi (post operam)

Tronic, programmabile da smartphone!

Tronic è la prima cassetta eco-compatibile e programmabile da smartphone, pensata per i servizi a uso collettivo, tutti quei luoghi percorsi da un pubblico vasto e con esigenze diverse. Funziona a impulso elettrico, quindi senza necessità di contatto diretto. Ma soprattutto, può essere programmata in base alle esigenze specifiche dell'utente tramite un'App dedicata. La configurazione è semplice e veloce. Per prima cosa si imposta la distanza a cui entra in azione il rilevatore a infrarossi che aziona lo scarico, scegliendo da 0,50 a 1,50 metri. Subito dopo si programma la quantità di litri da scaricare a ogni scarico, con tre opzioni disponibili: si può decidere tra lo scarico completo da 9 litri, lo scarico da 6 litri che consente un forte risparmio idrico giornaliero e lo scarico da 4 litri per wc particolari in formato ridotto. La distanza e i litri di scarico vengono impostati in base alle caratteristiche del bagno e alle esigenze degli utenti e possono essere variati in un attimo in qualsiasi momento. La progettazione tiene conto di: accessibilità, da garantire e agevolare in ogni contesto; risparmio idrico, per ridurre costi e sprechi senza compromettere l'igiene; resistenza all'uso intensivo, caratteristica fondamentale negli spazi collettivi; conformità normativa, in particolare alle direttive europee sulla sostenibilità.

La nuova generazione Tronic, a corpo ridotto, con capacità di 6-4 litri, risponde sia a esigenze ecologiche sia economiche, ed è conforme alla normativa DNSH.

È disponibile anche con i sistemi Rapido e Modulo, che offrono una cassetta pre-montata per velocizzare l'installazione del wc sospeso in qualsiasi contesto.



PLACCA TRONIC

CASSETTE
PUCCI
stile e tecnologia italiani

La sostenibilità ambientale nella demolizione e smantellamento

DONATO D'AURIA

Direttore tecnico e account manager, Aeroporti di Puglia

COSIMA NASTASIA

Safety manager, Aeroporti di Bari, Brindisi e Taranto-Grottaglie

Il concetto di sostenibilità ambientale del traffico aereo di norma si concentra per lo più sulla **fase operativa degli aeromobili**

ossia trasporto passeggeri/merci in quanto si tratta della fase con il maggiore impatto ambientale: emissioni di CO₂ nell'atmosfera, consumo di carburante, inquinamento acustico rappresentano i principali temi indagati. Tuttavia, anche la fase finale (End-of-Life, EoL) del ciclo di vita di un aeromobile (circa 25/30 anni, l'equivalente di 60/70 mila voli effettuati) assume un peso significativo sia sul piano ambientale che su quello industriale.

Attualmente, la flotta mondiale conta circa **30.000 aeromobili commerciali in servizio**. Nei prossimi vent'anni quasi un terzo della flotta sarà dismesso, per un valore stimato di circa 100 miliardi di dollari. La **demolizione** e lo **smantellamento** degli aeromobili rappresenta oggi un settore in piena espansione che pone sfide ingegneristiche finalizzate non solo all'ottimizzazione dei processi di assemblaggio, ma anche allo sviluppo di tecniche innovative per il riciclo dei materiali, in particolare della fibra di carbonio, destinata a diventare prevalente nella nuova generazione di velivoli.

L'approccio integrato richiesto da EASA – che nel 2023 ha pubblicato lo studio dal titolo “Assessment of the environmental sustainability status in the Aviation Maintenance and Production Organisation Domain” – **analisi sulla sostenibilità delle organizzazioni di manutenzione e produzione**

– rafforza la visione di un settore in cui il concetto di “end of life management” diventa parte integrante della progettazione e della pianificazione industriale.

Terminologia e quadro normativo di riferimento

Gli aeromobili sono mezzi estremamente complessi dal punto di vista tecnologico, composti da migliaia di parti, ognuna rigorosamente identificata da un codice logistico alfanumerico e progettata per garantire le prestazioni complessive.

La presenza a bordo di un solo componente non conforme all'aeronavigabilità, anche se apparentemente secondario o di minima importanza, può generare situazioni di rischio in grado di evolvere in eventi critici o persino catastrofici. Proprio nei magazzini dei ricambi, se non adeguatamente controllati, possono nascere le condizioni che compromettono la sicurezza del trasporto aereo.

Problematiche emerse nel settore della distribuzione dei componenti aeronautici hanno pertanto evidenziato **l'esigenza di regolamentare le attività di demolizione e smantellamento degli aeromobili** per le probabili ripercussioni sulla sicurezza del volo legate al reimpiego di parti di ricambio ad opera di soggetti non qualificati. In Italia, la demolizione e smantellamento di un aeromobile sono attività disciplinate dal Codice della Navigazione (CdN) oltre che dal Reg. (UE)

n. 1321/2014 e dall'ENAC. L'art. 759 del CdN definisce demolizione l'operazione con la quale un aeromobile viene deliberatamente reso inservibile o privato di tutti gli elementi che lo compongono, anche per recupero di parti per un eventuale uso aeronautico.

Si definisce smantellamento l'operazione, autorizzata dall'ENAC, di disassemblaggio di un aeromobile per il quale si è già ottenuta l'autorizzazione alla demolizione ai sensi dell'art. 759 del Codice della Navigazione, ovvero già dichiarato perito ai sensi dell'art. 760 del Codice, allo scopo di recuperare parti o elementi per un eventuale uso aeronautico. Le parti provenienti da aeromobili che sono stati **oggetto di incidenti o di inconvenienti gravi** non sono approvate per l'impiego, salvo che non sia stato ripristinato lo stato di aeronavigabilità in accordo alle specifiche procedure stabilite da ENAC. Una parte di scarto è una parte inefficiente non riutilizzabile per un impiego aeronautico oppure una parte che il proprietario decide di non riutilizzare per impiego aeronautico per motivi di vario genere (p.e. riparazione economicamente non conveniente). Una parte recuperabile è una parte inefficiente ma che può avere un potenziale impiego aeronautico. Le imprese che possono richiedere ad ENAC l'approvazione ad effettuare la demolizione/smantellamento di un aeromobile sono: **il costruttore dell'aeromobile e imprese di manutenzione certificate da ENAC**, abilitate sul tipo di aeromobile.

A partire dal prossimo 13 ottobre 2025 entrerà in vigore il Regolamento ENAC "Regolamento Nazionale sull'Aeronavigabilità Continua" Ed. 1 Rev. 1 del 24 marzo 2025, pubblicato sul sito web istituzionale ENAC, al cui allegato Vb Parte ENAC.M.15 sono definiti i requisiti per la demolizione e lo smantellamento degli aeromobili. Tuttavia, la normativa in materia è tuttora frammentaria e non vi è una vera e propria "direttiva EoL" per gli aeromobili come invece esiste per le automobili.

Riuso dei materiali e siti di smantellamento

Nella maggior parte dei casi, gli aerei, a conclusione del loro ciclo di vita, vengono trasferiti nei cosiddetti "cimiteri degli aerei" (Figura 1), parcheggi all'aperto a lunga sosta, localizzati prevalentemente in aree con clima caldo secco (Arizona, California, New Mexico, Australia) dove gli aerei possono rimanere parcheggiati anche anni senza degradarsi rapidamente a causa delle intemperie

meteoriche che ne possono provocare la corrosione. **Le operazioni di demolizione e smantellamento di un aeromobile prevedono diverse fasi:** predisposizione del programma di demolizione/smantellamento a cura dell'impresa che può richiedere ad ENAC l'approvazione, preparazione dell'aeromobile, smontaggio, identificazione delle parti, ispezione e gestione delle parti recuperabili, scarto delle parti non recuperabili e spedizione delle parti recuperabili a imprese di manutenzione approvate. Le operazioni di smontaggio e riciclo richiedono in media circa due mesi di lavoro. La **composizione dei materiali di un aeromobile** è indicativamente la seguente:

- 70 % alluminio;
- 15 % acciaio;
- 5 % rame;
- 5 % titanio;
- 5 % materiale plastico.

Il materiale pregiato è rappresentato soprattutto dall'**alluminio**. Anche solo l'1% di riciclo di un A300 equivale a circa 1 tonn che rientra nel ciclo economico e quindi recuperato dalle discariche. Le **percentuali di recupero** variano in base al tipo di aeromobile:

- **Boeing 747:** 50-60%;
- **Airbus A300** (peso circa 87 tonn): 85-90%;
- **Airbus A320** (peso circa 43 tonn): 90-95%;
- **Airbus A380** (peso circa 277 tonn): 85-90%.

Le parti più frequentemente recuperate sono: motori, APU, carrelli di atterraggio, avionica (strumentazione, sistemi di comunicazione e navigazione), componenti della cabina (sedili, galley, carrelli), pannelli strutturali e parti composite. Se il pezzo è ancora conforme, può essere reinstallato come "used serviceable material" (USM) su altri aeromobili. Se un pezzo non è più conforme e non può rientrare nel settore aerospaziale, si punta al **riuso alternativo in settori diversi**. Parti di aeromobili trovano sempre più impieghi nella formazione e l'addestramento per scuole aeronautiche e centri manutenzione (Figura 2), nei musei, nell'arredamento di design, nelle produzioni cinematografiche e televisive ed infine nelle industrie. Oltre ai principali siti di smantellamento in Europa a Cotswold Airport (UK), Ireland West Airport (Irlanda), Twente Airport (Olanda), Tarbes-Lourdes-Pyrénées Airport (Francia), come hub nazionale,



Figura 1 - Cimiteri degli aerei

in virtù della sua vocazione aerospaziale, è stato individuato l'aeroporto di Taranto-Grottaglie. Gestito dalla Società Aeroporti di Puglia S.p.A., l'aeroporto di Taranto Grottaglie è uno dei quattro aeroporti pugliesi (oltre agli aeroporti di Bari, Brindisi, Foggia) che fa parte della prima "rete aeroportuale" (Figura 5) sul territorio nazionale, designata ai sensi del Decreto Interministeriale n. 6/2018. In particolare, l'aeroporto di Taranto-Grottaglie ha sviluppato una vocazione per l'industria aeronautica, con riferimento alle sperimentazioni degli **Unmanned Aerial System (UAS)** e allo **Spaziporto per i voli suborbitali di tipo orizzontale HOTOL (Horizontal Take-Off Landing)**, oltre ad attività cargo e logistica.

Prospettive

Il fine vita di un aeromobile non è più visto solo come un problema, ma come una vera opportunità. L'approccio "*everything but the oink*" (non si butta via niente) diventa così il paradigma per un settore che deve coniugare sicurezza, innovazione e rispetto dell'ambiente. Sfide future sono la **progettazione eco-design** pensando allo smontaggio e riuso e puntando a discarica zero con riciclo e upcycling avanzato, la certificazione e il tracciamento di ogni componente per garantirne sicurezza, lo sviluppo di nuove tecnologie per materiali più complessi.



Figura 2 - Scuole aeronautiche

A CURA DI PPA

QUANDO I RISTORANTI DIVENTANO DESTINAZIONI

Ideation Design Group (IDG), in collaborazione con HMS Host, sta rivoluzionando la ristorazione aeroportuale negli hub di New York, Las Vegas e Salt Lake City. Il progetto trasforma ristoranti e lounge in vere destinazioni: **spazi accoglienti, flussi intuitivi, illuminazione calda e materiali naturali** favoriscono relax e socialità. Tra le novità anche locali firmati da celebrity chef come Guy Fieri, che offrono esperienze gastronomiche immersive pensate per ridurre lo stress del viaggio e trasformare l'attesa in momento di comfort e scoperta, creando un'identità forte per i brand e alzando gli standard dell'esperienza passeggero in aeroporto.







104

F O C U



© Archivio Fuksas

105

S I N G

A CURA DI PPAN

FUKSAS E L'ARTE DI COSTRUIRE LUOGHI DI PASSAGGIO

PAOLA PIEROTTI, PPAN

DAGLI STATES ALLA CINA, GLI AEROPORTI RACCONTATI DALL'ARCHITETTO ROMANO

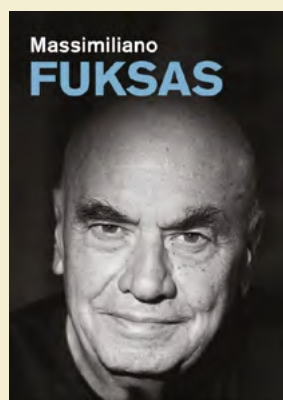
FOCUSING

Nel libro “È stato un caso”, pubblicato nel 2025 da Mondadori, **Massimiliano Fuksas** cita più volte gli aeroporti.

Non solo come infrastrutture, ma come **simboli di viaggio, di attesa, di libertà e di destino**. E spesso, quando un aeroporto compare nel suo racconto, siamo di fronte a un momento di svolta della vita o della carriera.

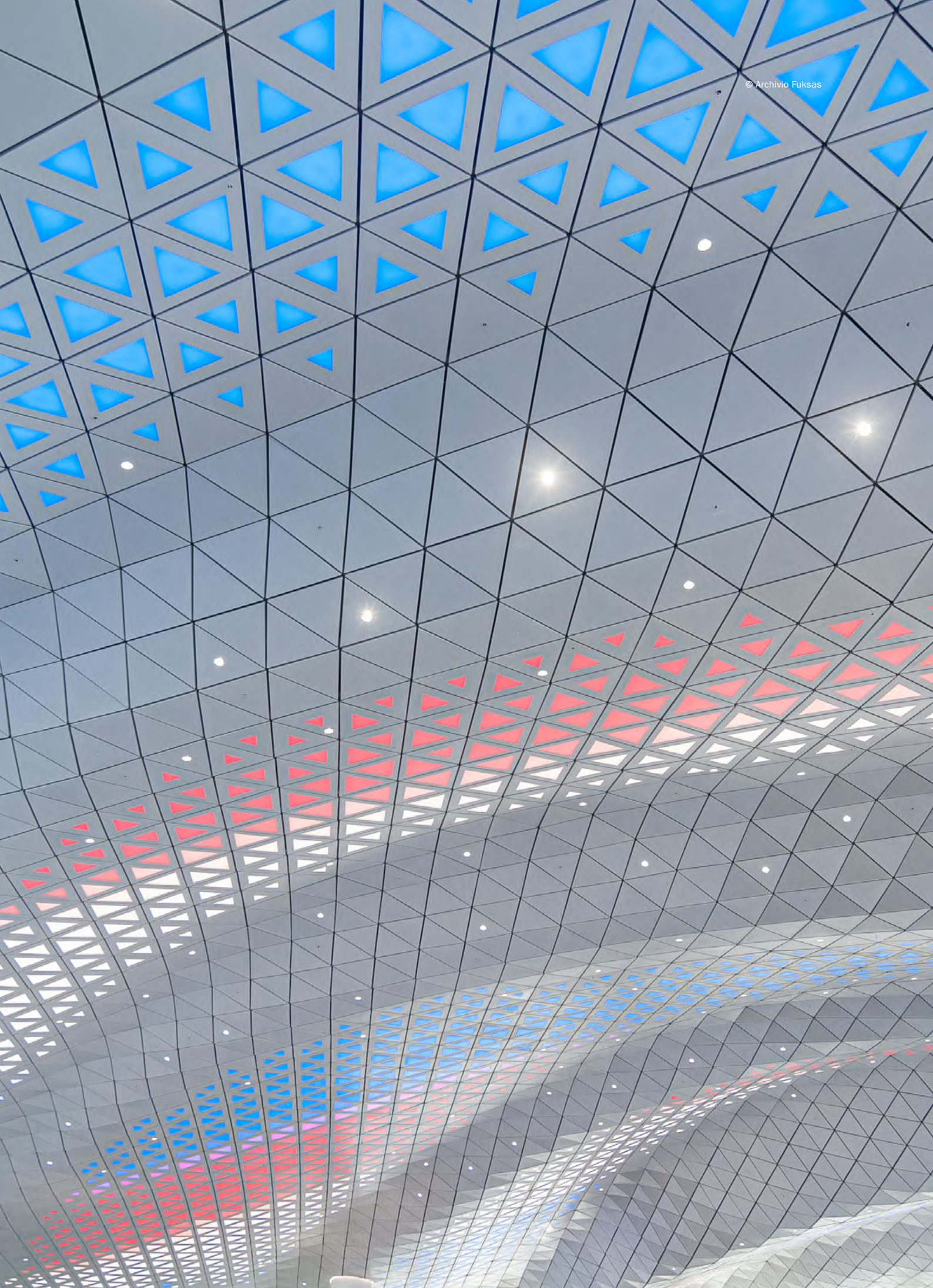
Il primo incontro avviene in Israele, quando Fuksas atterra di notte al Ben Gurion per incontrare Yasser Arafat, convocato a confrontarsi sul progetto per il Centro per la Pace con Shimon Peres. I palestinesi “non hanno più aeroporto, dato che il loro è stato bombardato”: il dettaglio, quasi laterale, diventa un'immagine potente del conflitto e della distruzione. L'aeroporto non è solo un luogo di arrivi, ma anche di assenze, di ferite aperte nella geografia del mondo.

Poi c'è l'aereo della TWA, durante la guerra del Golfo. Fuksas vola da Londra a New York su un Boeing vuoto: “solo io e il personale di bordo”. Racconta un viaggio mistico, sospeso nel tempo, con la guerra in Iraq appena scoppiata, trasmessa in diretta televisiva, e il mondo che sembra fuggire nel cielo. L'aereo e l'aeroporto diventano allora luoghi di sospensione, di isolamento e di consapevolezza.



Ma è in Cina, a Shenzhen, che il tema dell'aeroporto torna a farsi architettura. Invitato nel 2008 al concorso internazionale per il nuovo terminal, Fuksas descrive il progetto come un intreccio di caso e destino. Non conosce neppure la città, “una cittadina di pescatori – ricorda – diventata una metropoli di milioni di abitanti”, ma accetta la sfida. Il concorso segue “le stesse dinamiche della Nuvola e della Sydney Opera House”: esclusione, ripescaggio, discussione. Alla fine, il progetto di Fuksas – quello dell'aeroporto a forma di manta, icona del XXI secolo – vince. Nelle parole dell'architetto romano, l'aeroporto di Shenzhen non è solo un edificio, ma una sintesi del viaggio e della metamorfosi, la rappresentazione materiale di un destino che si costruisce per caso, proprio come suggerisce il titolo del suo libro. **Il cielo, gli aeroporti, le nuvole**: tutto torna ciclicamente nella narrazione di Fuksas. In un passaggio scrive: “In aereo tra le nuvole”, titolo di un intero capitolo del libro, quasi un autoritratto in movimento, a partire dai viaggi lunghi e ripetuti tra Francia e Stati Uniti. Il viaggio è una condizione costante della sua vita e della sua architettura, un modo per restare sospeso tra realtà e visione.

Dalla Cina al Mar Nero, dove lo studio Fuksas firma e costruisce l'aeroporto di Gelendzhik, in Russia. E per questa architettura, Fuksas incontra “Vladimir Putin, che deve avere l'ultima parola su questo progetto”. Putin dà l'ok a monte e sarà presente anche all'inaugurazione, ma in un clima non disteso. “C'è qualcosa nell'aria, si respira una strana atmosfera”, commentava Fuksas. Ed era il giorno prima dello scoppio della guerra con l'Ucraina.





Inaugurazione
2022

Superficie di copertura
14.500 mq

Elementi a barra
12mila

Sfere d'acciaio
2.500



© Archivio Fuksas

FOCUSING

109

GELENDZHIK

UN HUB VERSO LE ROTTE BALNEARI DEL MAR NERO

Inaugurato a **marzo del 2022** (in coincidenza con l'esplosione del conflitto tra Russia e Ucraina), il nuovo **aeroporto di Gelendzhik**, in Russia, progettato da **Doriana e Massimiliano Fuksas**, è nato da un concorso vinto nel 2018 e completato in appena **un anno e mezzo di lavori**. Si tratta di “una **sperimentazione significativa** per un nuovo modello di architettura aeroportuale, come raccontano gli architetti dello studio romano, grazie a un edificio in costante relazione con il paesaggio circostante che valorizza l'esperienza di viaggio dell'utente”. L'infrastruttura collega Gelendzhik – una delle più rinomate località balneari del Mar Nero – con numerose destinazioni nazionali, tra cui **Mosca, San Pietroburgo, Kazan ed Ekaterinburg**. L'ispirazione del progetto nasce dal volo degli uccelli, dal mare e dal vento. “Le sue forme organiche – raccontano dallo studio Fuksas – riproducono l'istante in cui un uccello cambia improvvisamente direzione durante il volo: la cattura di un **movimento dinamico e imprevedibile** tradotto in **architettura poetica**”. L'edificio si regge solamente su nove pilastri interni e quattro pilastri reticolari esterni che, oltre a svolgere una funzione strutturale, diventano **elementi scultorei**. Si aggiunga che il nuovo terminal è una delle più grandi strutture a isolamento sismico del territorio di Krasnodar: i pilastri esterni sono dotati di 90 diversi dispositivi di supporto, in grado di resistere a terremoti fino a magnitudo otto. La copertura è costituita da una **struttura tridimensionale** composta da oltre 2.500 sfere d'acciaio e circa 12.000 elementi a barra, rivestita con pannelli compositi triangolari bianchi. Con una superficie di copertura di 14.500 metri quadrati, l'edificio si staglia nel paesaggio come una forma dinamica e, al contempo, iconica. Tutte le funzioni aeroportuali si trovano all'interno di **padiglioni rivestiti in alluminio anodizzato color champagne**.

La facciata vetrata è composta da pannelli doppi altamente trasparenti e performanti dal punto di vista energetico. Insieme al sistema impiantistico, i pannelli garantiscono **elevati livelli di comfort termico** interno. All'interno, il controsoffitto, realizzato mediante progettazione parametrica, è uno degli elementi più caratterizzanti: il disegno, generato tramite algoritmi, è arricchito da un sistema di illuminazione dinamica integrato. I triangoli di alluminio del soffitto riproducono all'interno dell'edificio i principali scenari del cielo di giorno e di notte, cambiando colore nell'arco delle 24 ore. “I viaggiatori – raccontano gli architetti – sono così avvolti da un **'cielo dinamico'**, con le sue variazioni e le sue forme che sembrano **modellate dal vento e increspate dalle onde del mare**”. Come già per l'aeroporto internazionale di Shenzhen Bao'An, anche per Gelendzhik lo studio Fuksas ha curato l'**interior design**, l'arredo speciale, il sistema di wayfinding, il progetto paesaggistico e quello delle aree di parcheggio.







SHENZHEN



Concorso vinto
2008

Inaugurazione T3
2013

Superficie
500mila mq

Passeggeri annuali
45 milioni



24

登机口
Gate

25



UNA GRANDE MANTA COME PORTA PER LA CINA

Era il 2008 quando lo studio Fuksas si aggiudicava il **maxiconcorso contro gli studi inglesi** Foreign Office Architects e Foster + Partners, i tedeschi GMP International, il giapponese Kishō Kurokawa e gli americani di Reiser + Umemoto. Un anno dopo inizia il cantiere e, a novembre 2013, l'**inaugurazione del Terminal 3 dell'Aeroporto Internazionale di Shenzhen Bao'an**. Qui l'immagine è quella di una manta, un pesce che respira, cambia forma e si trasforma in un uccello per celebrare l'emozione e la fantasia del volo. Con un tunnel di **1,5 chilometri di lunghezza**, la struttura del T3 sembra **modellata dal vento e richiama la sagoma di una scultura organica**. Il profilo della copertura è caratterizzato da variazioni di altezza che rimandano al paesaggio naturale. L'elemento simbolico, in questa infrastruttura, è il **motivo a "nido d'ape"** della doppia pelle, interna ed esterna, che avvolge l'intera struttura. Grazie alla sua doppia stratificazione, questo involucro lascia filtrare la luce naturale, creando effetti luminosi negli spazi interni. Il rivestimento è composto da pannelli a forma di alveolo, realizzati in metallo e vetro, di diverse dimensioni (alcuni dei quali parzialmente apribili). Il motivo a nido d'ape è, tra l'altro, ripreso e replicato anche nel design degli interni. I passeggeri accedono al terminal dall'ingresso situato sotto l'ampia **"coda"** del T3. La grande navata del terminal è caratterizzata da **colonne coniche bianche** che si innalzano fino a toccare la copertura, evocando l'interno di una cattedrale. Al piano terra, la piazza del terminal consente l'accesso alle aree bagagli, partenze e arrivi, nonché a bar, ristoranti, uffici e aree business. La sala partenze ospita i banchi check-in, gli info-point delle compagnie aeree e i desk di assistenza. Gli spazi a doppia e tripla altezza della sala partenze creano una **connessione visiva tra i diversi livelli interni**, animando, grazie alla luce, un inedito paesaggio naturale. Dopo il check-in, i flussi dei passeggeri nazionali e internazionali si distribuiscono verticalmente verso le aree di imbarco. Tre i livelli della zona core, ciascuno dedicato a una funzione indipendente: partenze, arrivi e servizi. La forma tubolare di questo hub insegue l'idea del **movimento**. Il punto di intersezione, la **"croce"**, collega verticalmente i tre livelli, creando vuoti a tutta altezza che permettono alla **luce naturale** di filtrare dal livello più alto fino alla sala d'attesa, situata al piano terra. Gli interni progettati da Fuksas – nelle aree internet point, check-in, controllo sicurezza, gate e controllo passaporti – hanno un **profilo sobrio** e sono rifiniti in **acciaio inox**, un materiale che riflette e moltiplica il motivo a nido d'ape della pelle interna. Il progetto si arricchisce di oggetti-scultura – grandi alberi bianchi stilizzati – progettati per integrare il sistema di climatizzazione lungo tutto il terminal, riprendendo la concezione di **forme plastiche ispirate alla natura**. Lo stesso principio è applicato alle "isole" dedicate al ritiro bagagli e agli info-point.

COPERTURA-VIGNETO E TERMINAL IPOGEO: QUANDO L'AEROPORTO DI FIRENZE HA PROVATO A ESSERE INFRASTRUTTURA, SPAZIO PUBBLICO E PAESAGGIO

LUIGI RUCCO, PPAN

116

RAFAEL VIÑOLY ARCHITECTS NEL 2024
HA PRESENTATO IL CONCEPT PER IL NUOVO
TERMINAL DELL'AMERIGO VESPUCCI.
IL PROGETTO È RIMASTO SU CARTA. OGGI ARCHEA
ASSOCIATI STA SVILUPPANDO LA NUOVA RELEASE.



Quando nel 2024 Rafael Viñoly Architects ha presentato il concept per il nuovo terminal dell'aeroporto Amerigo Vespucci di Firenze, la proposta si è subito inserita nel dibattito internazionale su come ripensare gli aeroporti europei. Il progetto è rimasto su carta e non sarà sviluppato (e secondo indiscrezioni è già stato affidato per una successiva release allo studio Archea Associati che al momento mantiene riservate tutte le informazioni), ma è **un tassello della letteratura contemporanea di settore perchè si poneva come infrastruttura di servizio in un pezzo di paesaggio produttivo, capace di integrare mobilità, identità territoriale e sostenibilità ambientale.**

L'elemento più sorprendente del concept è la grande copertura-vigneto, che reinterpreta uno degli elementi agricoli e culturali più riconoscibili della Toscana. Un progetto che riflette l'approccio distintivo dello studio newyorkese Rafael Viñoly Architects: una originalità strutturale sinonimo di soluzioni nitide ed efficienti, dove la bellezza non è un'aggiunta, ma la conseguenza di scelte nette e sostenibili. L'architettura sembra "sollevare" una porzione di vigneto dal terreno, optando

per un terminal ipogeo (proprio come il concept della vicina cantina Antinori firmata dallo studio Archea). La copertura è costituita da **38 strutture lineari in calcestruzzo prefabbricato**, ciascuna larga **2,8 metri** e lunga tra **455 e 570 metri**, progettate per contenere terreno, irrigazione e sistemi di drenaggio necessari alla coltivazione delle viti. Questi elementi inclinati poggiano su una rete di colonne ramificate che garantiscono flessibilità nella distribuzione delle funzioni aeroportuali. Tra una struttura e l'altra il progetto prevedeva un sistema di **lucernari ampi 1,2 metri ciascuno**, per inondare di luce naturale i 50.000 metri quadri del terminal, mentre la sezione trapezoidale delle travi – più stretta sotto e più larga sopra – amplia per chi attraversa lo spazio la visuale del cielo. Complessivamente, **38 filari di vigneto produttivo** rivestono la copertura, contribuendo insieme alla massa del terreno all'isolamento termico dell'edificio tendendo ad una performance da certificazione **Leed Platinum**. Il risultato è un'infrastruttura in cui tecnica, paesaggio e simbologie si sovrappongono: **un terminal che diventa contemporaneamente landmark agricolo, spazio pubblico e dispositivo urbano.**



© Rafael Viñoly Architects



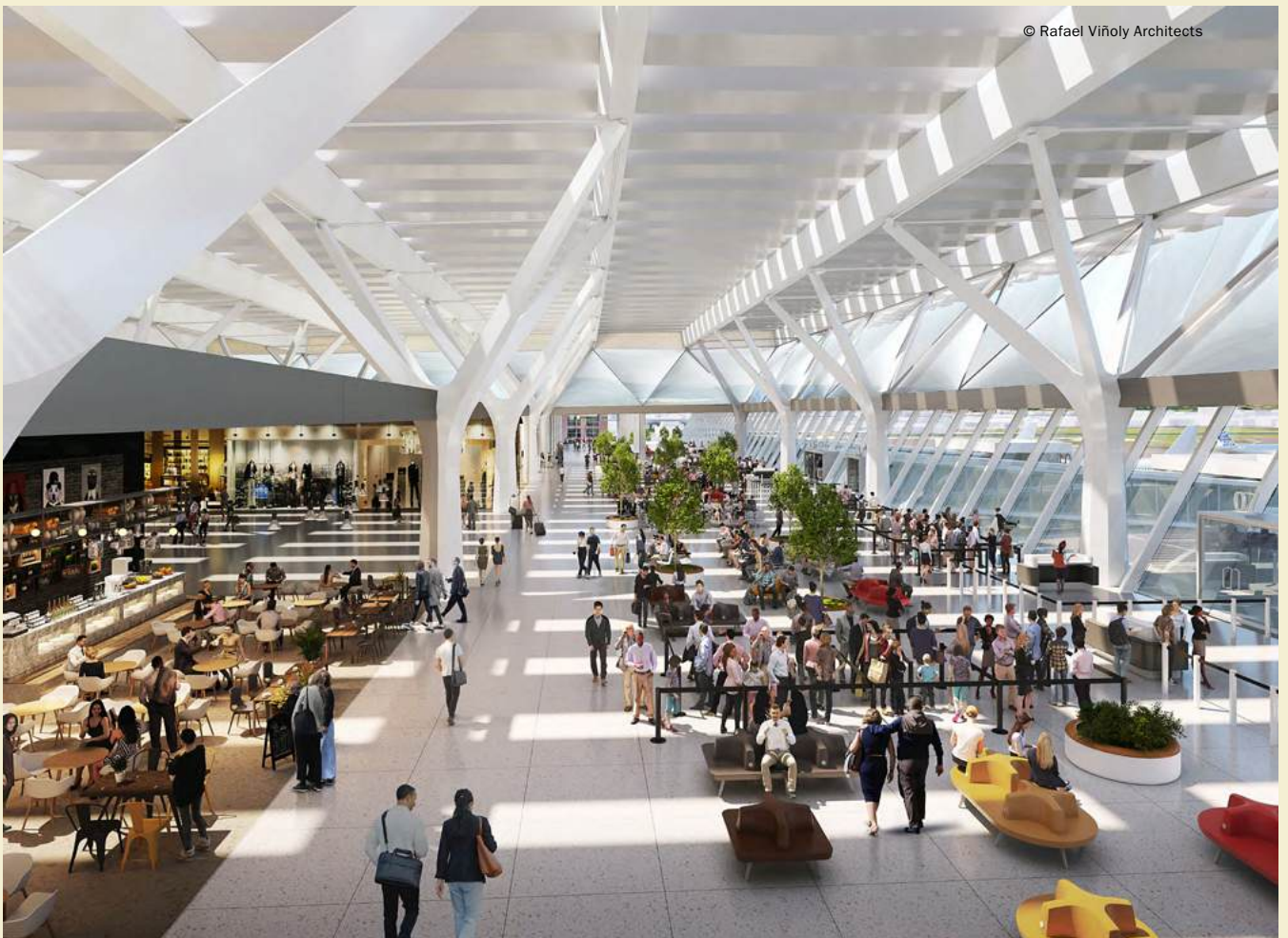
Anche la percorrenza passeggeri rifletteva questo approccio: Viñoly ha introdotto qui una grande **piazza centrale** che allinea arrivi e partenze uno di fronte all'altro, semplificando l'orientamento e creando un nodo sociale attorno ai collegamenti con tram, parcheggi e servizi. La proposta è strettamente connessa con la scelta progettuale di ruotare di 90 gradi la pista per migliorarne la capacità operativa e superare i limiti imposti dalle colline.

Una visione potente su come gli aeroporti possano evolvere: luoghi multifunzionali, capaci di integrare mobilità, produzione agricola, qualità spaziale e identità locale.

Nonostante l'eco internazionale, il progetto non ha superato la complessità delle procedure autorizzative. L'impianto concettuale è rimasto allo stadio di idea, e oggi continua a far parlare di sé soprattutto attraverso le sue immagini.

Negli ultimi mesi, come anticipato, il percorso è proseguito in una direzione diversa. **Marco Casamonti**, founder di **Archea Associati**, è stato coinvolto da Toscana Aeroporti con l'obiettivo di rispondere alle richieste del Ministero dell'Ambiente per ridefinire un assetto coerente con il quadro normativo.

Recentemente il Ministero dell'Ambiente ha pubblicato il decreto di Via relativo al progetto, approvando la pista di 2.200 metri orientata verso l'autostrada, ma alcune amministrazioni locali restano contrarie. Ad oggi la visione architettonica resta in evoluzione ma il quadro infrastrutturale si sta finalmente consolidando. Il progetto Viñoly rimane un unicum nella storia contemporanea delle infrastrutture aeroportuali; il nuovo percorso tecnico, più aderente alle richieste normative, apre invece una fase operativa che potrebbe definire il futuro e reale assetto dello scalo toscano.



COSÌ LA CRISI CLIMATICA HA CAMBIATO IL MODO DI VOLARE

DI CRISTINA GIUA, PPAN

PER LA COMUNITÀ SCIENTIFICA IL RISCALDAMENTO GLOBALE È DIVENTATO UNA VARIABILE STRUTTURALE DELLA PROGETTAZIONE DEGLI SPAZI AUMENTANDO ANCHE I COSTI.

FOCUSING

Il cambiamento climatico non è più un fattore esogeno: è diventato una **variabile strutturale** della progettazione e gestione aeronautica. La comunità scientifica internazionale – il Laboratorio di meteorologia dinamica dell'Istituto Pierre Simon Laplace all'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Ingv) – documenta un fenomeno ormai inequivocabile: le tempeste sono più intense, le turbolenze d'aria più frequenti e l'operatività di aerei e aeroporti più vulnerabile. Un contesto che chiama in causa, direttamente, il lavoro degli ingegneri.

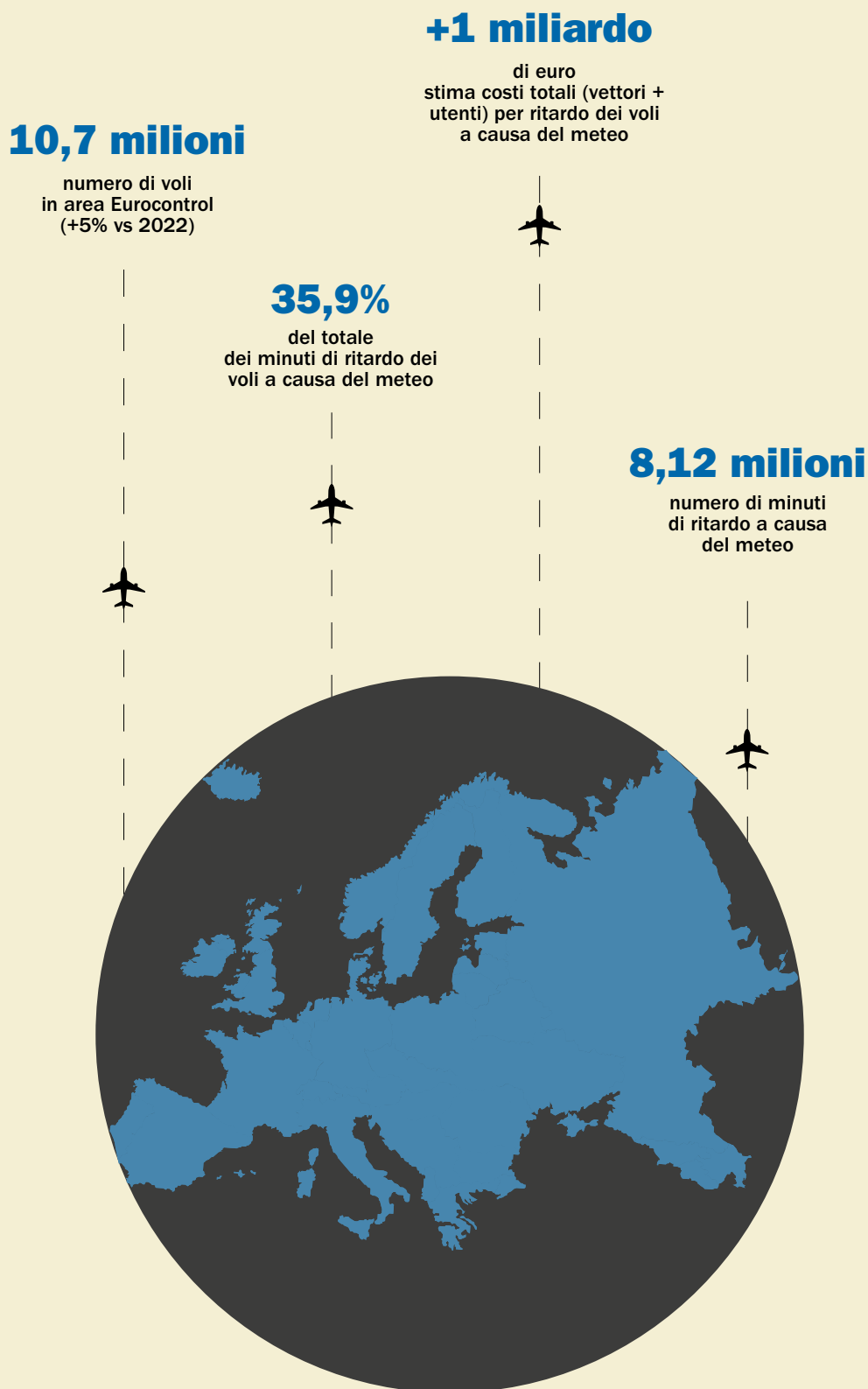
120 Negli ultimi due anni gli studi pubblicati su Weather and climate dynamics e geophysical research letters hanno confermato **un'accelerazione delle turbolenze, in particolare di quelle in aria chiara (Cat), difficili da individuare e spesso imprevedibili**. La probabilità di incontrarle in prossimità delle correnti a getto è quasi triplicata negli ultimi quarant'anni. L'aumento dell'energia disponibile nell'atmosfera – alimentato dal riscaldamento globale – ha reso più frequenti anche le turbolenze convettive, legate ai moti verticali dell'aria e alle nubi cumuliformi. Per il settore dell'aviazione le conseguenze sono concrete. Le compagnie aeree sono costrette a modificare le rotte, consumare più carburante e sostenere maggiori costi di manutenzione dovuti alle sollecitazioni strutturali causate dalla turbolenza. Dal canto loro, gli aeroporti devono gestire interruzioni operative sempre più frequenti: la tempesta Eunice

del 2022 e la tempesta Poly del 2023, sono spesso citate come caso studio, hanno provocato centinaia di cancellazioni di voli con danni da miliardi. Questo scenario impone una **revisione delle strategie progettuali**. Per gli ingegneri aeroportuali la prima necessità è ripensare l'infrastruttura in chiave resiliente: piste dimensionate per gestire venti laterali più forti, sistemi di drenaggio in grado di assorbire piogge improvvise e intense, hangar ed edifici tecnici progettati per sopportare raffiche più violente. Le fasi di decollo e atterraggio, le più critiche, richiederanno procedure aggiornate, sensori più avanzati e sistemi di rilevazione in tempo reale integrati con i modelli previsionali.

Sul fronte dell'ingegneria aeronautica, l'aumento delle turbolenze sta modificando in profondità i criteri di progettazione e gestione dei velivoli. A essere rimessi in discussione sono i parametri life fatigue - cioè il logoramento progressivo dei materiali sottoposti a sollecitazioni ripetute - **insieme alla necessità di cicli manutentivi più frequenti e di programmi di ispezione basati su analisi predittive**. A questo si aggiunge il ricorso a sistemi avanzati di nowcasting e algoritmi di machine-learning, già in via di sperimentazione da parte di alcune compagnie aeree, che combinino osservazioni, re-analisi e segnali da crowd-sourcing (segnalazioni pilot/aircraft sensors) per prevedere turbolenze in aria calda e zone di rischio. Anche la pianificazione economica e risk-management è determinante e include

gli scenari climatici nei business plan di aeroporti e vettori, traducendosi in costi aggiuntivi per carburante, manutenzione, voli supplementari di recupero e perdita di ricavi da passeggeri: **tutti elementi che devono essere modellizzati**. Anche la regolamentazione avrà un ruolo centrale. Le autorità dell'aviazione dovranno aggiornare linee guida e standard tecnici con una prospettiva

climatica, rendendo obbligatori protocolli di risk management calibrati sui nuovi scenari atmosferici. Per gli ingegneri, questo significa partecipare attivamente alla definizione di modelli previsionali ad alta risoluzione, capaci di restituire in modo più accurato l'evoluzione delle perturbazioni nelle aree sensibili intorno agli aeroporti.



Biografie

Sandro Catta

Nato a Cagliari nel '73, è ingegnere civile edile, master in progettazione degli impianti sportivi. Libero professionista, dal 1998 dirige uno studio professionale orientato prevalentemente alle opere pubbliche e alle fonti energetiche rinnovabili. Ha fatto parte di diverse Commissioni Edilizie Comunali e ricoperto l'incarico di Energy Manager per i Comuni di Cagliari, Carloforte e Elmas. Certificato Certing in Ecoprogettazione, BIM Specialist MEP, Energy Manager ed esperto in acustica ambientale. Ha ricoperto per due mandati il ruolo di Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Cagliari, già Presidente della relativa Fondazione. Consigliere del CNI ha le deleghe al BIM e ai lavori pubblici.

Davide Bassano

Laurea in ingegneria mineraria con specializzazione in Drilling Offshore, master post-laurea in logistica industriale e sistemi di gestione. Ha lavorato in aziende del settore industriale per poi passare alla consulenza e certificazione in società internazionali, prima in Norvegia poi in Germania. In Save dal 2003 è stato direttore QHSE, dal 2021 è direttore sostenibilità del Gruppo Save.

Giulia Berardi

Ingegnere civile presso l'Ente Nazionale Aviazione Civile, attualmente ricopre il ruolo di process manager Iiter approvativi della direzione Pianificazione Infrastrutture. Dopo essersi laureata nel 2008 ha conseguito il dottorato di ricerca in infrastrutture e trasporti e da allora ha maturato varie esperienze nel settore aeroportuale, specializzandosi nelle attività di pianificazione sostenibile e programmazione delle infrastrutture aeroportuali.

Davide Canuti

È responsabile dell'ufficio environmental assessment and certifications di SEA Aeroporti di Milano. Con oltre 25 anni di esperienza, segue le strategie di sostenibilità per Linate e Malpensa, gestendone i complessi progetti, nel confronto con istituzioni, stakeholder e comunità locali. Nel corso della sua attività in SEA, gli Aeroporti di Milano hanno raggiunto i più alti livelli di certificazione del programma Airport Carbon Accreditation e hanno formalizzato l'impegno verso l'obiettivo Net Zero 2030.

Raffaella Chiti

Ha conseguito presso l'Università degli Studi di Bologna una laurea magistrale in ingegneria civile, con specializzazione in pianificazione dei trasporti ed un Master sullo sviluppo di soluzioni sostenibili in ambito trasportistico regionale "Sustainable and integrated Mobility in Urban Regions". È la Planning Manager della Direzione Infrastrutture di Aeroporto G. Marconi di Bologna S.p.A, con oltre 10 anni di esperienza nello sviluppo infrastrutturale aeroportuale.

Mauro Coni

È professore associato di "Strade, Ferrovie e Aeroporti" presso la facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Cagliari. È dottore di ricerca in "Progettazione Meccanica" e possiede il post-dottorato in "Infrastrutture di Trasporto". Da oltre 35 anni svolge attività di ricerca e didattica sulla progettazione, sull'impatto e sulla costruzione stradale, ferroviaria e aeroportuale, dove ha coordinato decine di progetti, piani e studi a favore di Ministeri, ANAS, Regioni, società Aeroportuali e Amministrazioni locali. È stato consulente di Gabinetto dell'Assessore Regionale ai Lavori Pubblici della Regione Sardegna e Assessore alla "Mobilità e Infrastrutturazione" del Comune di Cagliari.

Donato D'Auria

Ingegnere civile con laurea conseguita presso l'Università degli Studi di Bari. La sua carriera si è sviluppata principalmente nel campo della progettazione, gestione e supervisione di opere aeroportuali. Attualmente ricopre il ruolo di vice direttore generale e direttore tecnico presso la società Aeroporti di Puglia, dove è anche accountable manager. Tra i suoi incarichi principali figurano la pianificazione strategica a lungo termine, come il coordinamento dei master plan di sviluppo per gli aeroporti pugliesi, e la gestione di complessi processi autorizzativi, incluse le valutazioni di impatto ambientale.

Claudio Eminente

Ingegnere aeronautico laureatosi nel 1986 è attualmente direttore centrale programmazione economica e sviluppo infrastrutture dell'ENAC. Svolge la prima esperienza professionale presso l'Istituto Nazionale per Studi ed Esperienze Architettura Navale. Entra a far parte dell'ENAC nel 1989 e da allora, prima come professionista poi come dirigente, è competente su certificazione, sorveglianza e regolamentazione degli operatori aerei, degli aeromobili e delle infrastrutture aeroportuali. Ricopre anche il ruolo di presidente del comitato italiano sul Bird Strike.

Fabio Errico

Ingegnere civile dei trasporti certificato PMP®, qualificato "building SMART International" per la gestione di progetti in BIM (Building Information Modeling). Esperto in infrastrutture aeroportuali, attualmente in ENAC nella Direzione Sviluppo e Approvazione Progetti con incarico di "Process manager BIM e digitalizzazione processi". Dal 2016 al 2022 in Aeroporti di Roma, responsabile dell'unità demandata agli adempimenti del contratto di programma. Dal 2012 al 2016 in IRD Engineering, responsabile dell'unità progetti aeroportuali.

Dal 2010 al 2012 in SELEX Sistemi Integrati (Finmeccanica). Dal 2006 al 2010 progettista per le principali società di ingegneria aeroportuale, nel 2009 partecipa all'elaborazione dello "studio propedeutico al Piano Nazionale Aeroporti".

Francesco Familiari

Ha conseguito la laurea magistrale in ingegneria civile - indirizzo idraulica - presso l'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria. È dipendente della Soc. di Gestione aeroportuale Aeroporti di Roma S.p.A. dal 2016, per la quale ha ricoperto nell'ambito della Business Unit Infrastructures, nel corso degli anni, il ruolo di responsabile unico del procedimento per diverse infrastrutture Terminal. Attualmente è director of Infrastructures Terminal Development.

Giuseppe Carlo Marano

Professore di Tecnica delle Costruzioni al Politecnico di Torino dove ricopre il ruolo di vicedirettore del Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica. E' stato Full Professor presso la Fuzhou University (China) e visting in numerose università straniere (Cambridge, Loughborou, Hunan). Dopo la laurea è stato tecnologo di processo presso la Calcestruzzi SpA, dove ha seguito numerosi aspetti di ricerca e produttivi del calcestruzzo preconfezionato, quali il controllo di qualità, la produzione di calcestruzzi speciali, la progettazione e realizzazione di pavimenti industriali.

Alessandro Marradi

Professore associato di "Strade, Ferrovie e Aeroporti" presso l'Università di Firenze, ingegnere civile, ha maturato una significativa esperienza accademica e professionale nel campo delle infrastrutture di trasporto, con

particolare attenzione alle pavimentazioni aeroportuali. È stato consulente per numerosi scali nazionali e internazionali occupandosi di gestione e manutenzione delle piste di volo e di implementazione dei Pavement Management Systems. Ha collaborato con ENAC alla definizione delle Linee guida nazionali per la manutenzione aeroportuale. La sua attività di ricerca si concentra su soluzioni innovative e sostenibili per la sicurezza e l'efficienza delle infrastrutture e su metodi di rilievo ad alto rendimento.

Giorgio Medici

In oltre 30 anni di attività nel settore dell'aviazione, ha ricoperto numerosi ruoli decisionali, da operations and safety manager a customer relations e customer asset manager. Dal 2022, come direttore di Environment and Funded Initiatives, gestisce il coinvolgimento di SEA nelle iniziative innovative per la sostenibilità dell'aviazione. Dal 2013 al 2017, per conto di SEA, ha presieduto i Comitati Facilitation and Customer Services di ACI Europe e ACI World Airport. Dal 2022, come membro dello Steering Group, presiede il relativo Work Group Aerodromes per conto di ACI Europe nell'ambito dell'Alliance for Net Zero Aviation.

Cosima Nastasia

Ha conseguito la laurea magistrale in ingegneria civile, indirizzo trasporti, presso il Politecnico di Bari. È dipendente della Soc. di Gestione aeroportuale Aeroporti di Puglia S.p.A., per la quale ha ricoperto, nel corso degli anni, le principali figure (Post Holder Terminal, Post Holder Manutenzione, Training Manager) nei processi di Certificazione degli aeroporti oltre che in ambito di direzione lavori. Attualmente riveste l'incarico di safety manager per gli aeroporti di Bari, Brindisi e Taranto-Grottaglie. È coautrice del testo "Maxi-emergenza. Prevenzione e gestione dell'incidente aeronautico." Ediz. SEED – Ottobre 2019.

Francesco Nucera

Laureato in ingegneria civile con indirizzo trasporti, ha conseguito un master post-laurea in Engineering&Contracting. Ha gestito progetti in ambito infrastrutturale ed edile, in Italia ed all'estero per clienti privati ed enti governativi. È stato direttore di business unit in Asia ed Europa per imprese di costruzione ed investitori privati nei settori della logistica e data centre. Dal 2024 è direttore Sviluppo e Manutenzione Infrastrutture del Gruppo SAVE, gestore degli aeroporti di Venezia, Verona, Treviso, Brescia e Charleroi.

Fabio Occulti

Ingegnere ambientale, lavora da oltre 15 anni nell'analisi e tutela ambientale. In SEA Milan Airports si occupa della redazione di piani strategici come il "Piano di adattamento al cambiamento climatico" per gli aeroporti di Linate e Malpensa, oltre a svolgere audit ambientali, attività connesse alle autorizzazioni di carattere ambientale e supervisione dei piani di monitoraggio. Esperto in grandi opere, ha collaborato con enti pubblici e università, partecipando a progetti innovativi di biotecnologie ambientali e pubblicazioni scientifiche.

Costantino Pandolfi

Dirigente presso l'Ente Nazionale Aviazione Civile con oltre 25 anni di esperienza nel settore delle infrastrutture civili e aeroportuali, attualmente ricopre l'incarico sia di vicedirettore centrale Programmazione Economica e Sviluppo Infrastrutture che di direttore Pianificazione Infrastrutture, svolgendo attività di direzione, coordinamento e supporto tecnico-strategico per lo sviluppo e la regolamentazione del sistema aeroportuale nazionale. Ricopre anche il ruolo ICAO di Vice Chairmain dell'Aerodrome Design and Operation Panel.

Pasquale Proietti

Ingegnere edile dal 2003, master di secondo livello in pianificazione urbanistica per la Pa ed esperto qualificato in partecipazione pubblica. Dipendente dell'ENAC dal 2010. Ha un'esperienza decennale in pianificazione aeroportuale e programmazione degli investimenti presso la Direzione Pianificazione Infrastrutture ricomprendo il ruolo di Process Manager Iter autorizzativi. Dal 2023 al 2025 Accountable manager della ENAC Servizi, società in house dell'Ente per la gestione di aeroporti di aviazione generale. Dal 2025 direttore Sviluppo e Approvazione Progetti.

Alberto Servienti

È un ingegnere meccanico con 35 anni di esperienza nei settori Ferroviario (progettazione di Materiale rotabile), Automotive (progettazione di Presse industriali) ed Aviation (progettazione di Impianti ed Infrastrutture aeroportuali), di cui 25 nel settore aeroportuale. Dal gennaio 2020 è libero professionista con diversi incarichi di progettazione, project management e DEC presso gli Aeroporti di Verona, Brescia, Reggio Calabria e Marsiglia, e, dal dicembre 2020, è professore a contratto di Organizzazione del Trasporto Aereo presso il Politecnico di Milano.

Virginio Stramazzo

Ingegnere civile idraulico con 43 anni di esperienza professionale nei settori idraulica, strutture, edilizia-urbanistica, di cui 36 in ambito aeroportuale (31 come Direttore Area Tecnica SAVE- PH manutenzione/progettazione – Direttore Lavori – RUP) e recentemente come consulente per il Gruppo SAVE. Da gennaio 2021 libero professionista con incarichi di collaudo T/A, di consulenza aeroportuale e di componente di Collegio Consultivo Tecnico.



LIGHT THAT MOVES BEAUTY

Illuminare capolavori come la Pietà di Michelangelo è sempre un momento speciale per chi, come noi, sviluppa tecnologie innovative per rendere il mondo un luogo migliore in cui vivere. Anche grazie a bellezza e cultura.

In occasione del Giubileo 2025, la Pietà di Michelangelo si è svelata sotto una nuova luce, grazie ai proiettori SIPARIO. Progettato per valorizzare anche le sfumature più impercettibili, SIPARIO restituisce tutta la meraviglia e i significati profondi delle opere d'arte.



iGuzzini

La monografia di questo numero de “L’Ingegnere Italiano” offre una fotografia eloquente di come il sistema aeroportuale italiano stia vivendo una fase di profondo ripensamento tecnico, gestionale e infrastrutturale. In un contesto in cui il traffico aereo cresce con continuità e la domanda di mobilità si fa sempre più esigente, gli aeroporti diventano laboratori avanzati di innovazione, luoghi nei quali l’ingegneria italiana è chiamata a dimostrare di saper governare complessità crescenti e trasformazioni rapide. È un impegno che richiede visione sistemica, capacità di integrare discipline differenti, conoscenza dei processi decisionali e padronanza delle nuove tecnologie. Come emerge dalle pagine della rivista, i nostri ingegneri stanno interpretando questo ruolo con rigore, competenza e senso di responsabilità. Il rinnovamento digitale è certamente uno dei fronti più significativi. Le soluzioni illustrate dagli articoli dedicati all’Intelligenza Artificiale e alla digitalizzazione mostrano, ad esempio, come la progettazione, la gestione del traffico e la manutenzione di infrastrutture e mezzi stiano evolvendo verso modelli predittivi, basati su dati e su sistemi intelligenti. Emerge dunque un’immagine chiara: l’ingegneria aeroportuale è un terreno in cui tecnica, innovazione, sostenibilità e sicurezza si intrecciano in modo indissolubile. Ed è un ambito nel quale gli ingegneri italiani stanno dimostrando, ancora una volta, di possedere la capacità di affrontare sfide complesse e di guidare l’evoluzione di un settore strategico per il Paese.



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



L’Ingegnere Italiano
3 2025

n. 390 dal 1966 - n. 17 della nuova versione quadrimestrale
a cura del Consiglio Nazionale degli Ingegneri
Registrazione del Tribunale di Roma
n. 46/2011 del 17 febbraio 2011

Editore
Consiglio Nazionale degli Ingegneri
via XX Settembre 5, 00187 Roma

Poste Italiane SpA
Spedizione in abbonamento postale - 70%
Aut. GIPA/C/RM/16/2013