
Università Politecnica delle Marche



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in INGEGNERIA CIVILE

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura

Valutazione della capacità dell'Aeroporto Internazionale di Ancona

Evaluation of the capacity of the Ancona International Airport

RELATORE:

Prof. Ing. Andrea Graziani

TESI DI LAUREA DI:

Alessia Vespasiano

CORRELATRICE:

Ing. Dania Miconi

Anno Accademico 2021-2022

Indice

Introduzione.....	5
1. La pianificazione aeroportuale	7
1.1. La pianificazione del sistema aeroportuale nazionale/regionale	7
1.2. Il Master Plan.....	9
1.2.1. Quadro normativo generale	11
1.2.2. Obiettivi e scopi della pianificazione	12
1.2.3. Processo di pianificazione	13
1.2.4. Impatto ambientale	15
Bibliografia.....	18
2. Capacità delle infrastrutture aeroportuali	19
2.1. La capacità airside	22
2.1.1. Capacità della pista di volo.....	22
2.1.2. Capacità delle vie di rullaggio	28
2.1.3. Capacità del piazzale	29
2.2. La capacità landside.....	32
2.2.1. Capacità dell'aerostazione passeggeri.....	32
2.2.2. Capacità del sistema di accessi.....	49
Bibliografia.....	56
3. L' Aeroporto Internazionale di Ancona.....	57
3.1. Inquadramento generale.....	58
3.2. Descrizione del sistema airside	60
3.3. Descrizione del sistema landside	68
3.4. Altre strutture	74
3.5. Il Master Plan dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.....	77
Bibliografia.....	79
4. Capacità dell'Aeroporto Internazionale di Ancona	80

4.1. Capacità della pista di volo	80
4.2. Capacità delle vie di rullaggio	81
4.3. Capacità del piazzale	82
4.3.1. Configurazione standard.....	83
4.3.2. Configurazione per aeromobili di categoria E.....	83
4.4. Capacità dell'aerostazione passeggeri	84
4.4.1. Atrio partenze	86
4.4.2. Banchi check-in tradizionale	89
4.4.3. Controlli di sicurezza.....	91
4.4.4. Controlli passaporti partenze	94
4.4.5. Sala imbarchi Schengen/Extra-Schengen.....	97
4.4.6. Ritiro bagagli	102
4.4.7. Controllo passaporti arrivi	105
4.4.8. Atrio arrivi	108
4.4.9. Riepilogo dei risultati	110
Bibliografia.....	112
Conclusioni.....	113

Introduzione

L'Aeroporto Internazionale di Ancona è un'infrastruttura strategica per lo sviluppo economico e sociale della Regione Marche e del sistema aeroportuale dell'area Adriatica. Negli ultimi venti anni l'infrastruttura è stata notevolmente potenziata con la costruzione di una nuova aerostazione passeggeri, e il potenziamento dell'area cargo. Inoltre, la Società di Gestione ha ottenuto da ENAC la concessione per la Gestione Totale dell'infrastruttura fino all'anno 2043, prolungata al 2050 a seguito della pandemia da Covid-19.

Tra i compiti del Gestore Aeroportuale rientra la predisposizione e l'aggiornamento del Piano di Sviluppo Aeroportuale (Master Plan) che deve guidare lo sviluppo logico, sostenibile ed economicamente conveniente dell'aeroporto.

Nell'ambito della revisione del Piano di Sviluppo Aeroportuale, con l'obiettivo di indagare lo stato attuale dell'infrastruttura è stata valutata la capacità dell'Aeroporto Internazionale di Ancona ed è stato implementato un metodo per la sua valutazione presente e futura, a fronte sia di un aumento dei passeggeri che di possibili cambiamenti di configurazione dell'area di movimento (pista di volo, vie di rullaggio, piazzali), dell'aerostazione e degli accessi.

Lo studio è stato condotto nell'ambito di un tirocinio curriculare svolto nelle strutture dell'ufficio tecnico dell'Aeroporto Internazionale di Ancona. Per la valutazione della capacità si è deciso di procedere dividendo l'aeroporto in sottosistemi e valutare la capacità di ciascuno di essi. Il lavoro più approfondito è stato fatto sull'aerostazione, in cui, per la valutazione della capacità, è importante valutare il livello di servizio con il quale ciascun servizio viene fornito. A tale scopo, anche l'aerostazione è stata, a sua volta, suddivisa in sottosistemi.

Nel capitolo primo del presente elaborato di tesi viene riportata una breve introduzione al problema della pianificazione aeroportuale, partendo dal quadro della pianificazione nazionale/regionale per poi arrivare alla pianificazione del singolo aeroporto (Master Plan Aeroportuale).

Nel capitolo secondo vengono esposti i metodi per calcolare la capacità di ciascun sottosistema presente all'interno di un'infrastruttura aeroportuale (pista di volo, vie di rullaggio e piazzale per il lato airside; aerostazione passeggeri e sistemi di accesso da

terra per il lato landside), con un focus particolare sulle procedure di calcolo utilizzate successivamente in questo caso studio.

Nel capitolo terzo si riporta una descrizione dettagliata dei sottosistemi dell'Aeroporto Internazionale di Ancona partendo da un inquadramento generale per passare ad una descrizione fisica dell'area di movimento (pista di volo, vie di rullaggio, piazzali), dell'aerostazione e degli accessi e arrivate, infine, ad una breve descrizione della bozza del Piano di Sviluppo esistente, in corso di revisione.

Infine, nel capitolo quarto è riportato il calcolo della capacità di ciascun sottosistema e dei livelli di servizio dei sottosistemi dell'aerostazione. Sono inoltre delineati alcuni possibili interventi di miglioramento.

1. La pianificazione aeroportuale

Gli aeroporti, oggi, rivestono un ruolo strategico universalmente riconosciuto, essi, infatti, sono chiamati a svolgere una duplice e importante funzione: quella economica, grazie alla capacità di attrarre investimenti, e quella di garantire il diritto del cittadino alla mobilità attraverso i collegamenti aerei.

Gli effetti del ruolo economico non si esauriscono soltanto in benefici per passeggeri e merci, ma ricadono anche sul territorio circostante con effetti propulsivi sull'economia, sul turismo e sull'occupazione.

Infatti, l'aeroporto è in grado, attraverso l'offerta di voli, di facilitare lo sviluppo delle attività turistiche nel territorio presso il quale insiste. Inoltre, essi possono essere intesi come centri intermodali, dotati di una forte attrattività per utenti anche non correlati al trasporto aereo, come ad esempio industrie e attività attratte sia dalla possibilità di usufruire del trasporto aereo che dal buon collegamento offerto dalla rete viaria ad esso associata [1].

Di conseguenza, un ulteriore vantaggio competitivo che deriva dall'aeroporto, sul territorio presso il quale insiste, è sicuramente il forte sviluppo occupazionale che l'infrastruttura concorre a realizzare.

In un contesto economico liberalizzato, fra i vettori che operano in concorrenza e gli aeroporti che sono diventati veri monopoli locali per i motivi appena elencati, un'efficiente regolazione risulta fondamentale per perseguire l'obiettivo di massimizzare il benessere dei passeggeri e del territorio. È quindi necessario che vi sia un sistema di pianificazione delle infrastrutture aeroportuali, quanto più equo ed efficiente possibile [2].

1.1. La pianificazione del sistema aeroportuale nazionale/regionale

I problemi derivanti dall'incorporazione di un aeroporto in un'area metropolitana sono diversi. Nei primi anni del trasporto aereo, gli aeroporti erano situati in zone distanti dalle aree urbanizzate, dove i terreni erano meno costosi e le limitazioni al traffico aereo erano minime. Inoltre, il traffico aereo ancora basso permetteva di limitare problemi derivanti dal rumore e incidenti che allarmassero la comunità vicina.

Con il passare degli anni, la presenza dell'infrastruttura aeroportuale ha contribuito a modificare e sviluppare la geografia e l'assetto delle aree circostanti, e con il crescere delle attività e dell'occupazione anche la densità abitativa della zona è aumentata. Parallelamente allo sviluppo dell'area, anche il trasporto aereo ha subito modifiche. Lo sviluppo del traffico, delle dimensioni degli aeromobili e della potenza dei motori ha portato ad un rapporto sempre più conflittuale fra l'aeroporto e la comunità circostante.

Inoltre, negli ultimi anni sta diventando sempre più importante l'aspetto ambientale, per cui non si può non tenere in considerazione l'impatto ambientale che un'infrastruttura del genere può avere sul territorio.

Di fronte a queste problematiche l'aeroporto deve rispondere con una sufficiente sicurezza dello spazio aereo, sufficienti aree per le operazioni a terra e adeguati collegamenti con l'area metropolitana senza trascurare gli obiettivi di sviluppo prefissati e il parere della comunità interessata. Per queste ragioni è consigliabile che le autorità nazionali/regionali sviluppino una pianificazione per lo sviluppo a medio e lungo termine dell'intero sistema aeroportuale nazionale/regionale [3].

Un piano del sistema aeroportuale (System Plan) fornisce tutti gli strumenti necessari per rispondere ai bisogni immediati e alle previsioni di domanda futura di un'area, una regione o una nazione. Identifica il ruolo degli aeroporti esistenti e consiglia, se necessario, la costruzione di nuove strutture o aeroporti. Include una stima dei tempi e dei costi del piano di sviluppo presentato, tenendo conto anche degli obiettivi politici e ambientali della nazione/regione [1].

The National Plan of Integrated Airport Systems (NPIAS) è un esempio di un System Plan elaborato per rispondere alle necessità di sviluppo aeroportuali degli Stati Uniti. The Michigan Aviation System Plan è un esempio di System Plan dello Stato del Michigan.

Lo scopo principale di una pianificazione di sistema è quello di determinare l'estensione, il tipo, la natura e i tempi dello sviluppo necessario per stabilire un sistema di aeroporti attuabile, bilanciato e integrato [1].

Il processo di pianificazione di un System Plan prevede:

1. analisi dei problemi che incidono sull'aviazione nell'area di studio;
2. inventario dello stato corrente del sistema;
3. identificazione delle necessità del trasporto aereo;

4. previsione della domanda futura del sistema;
5. considerazione di differenti alternative;
6. definizione dei ruoli degli aeroporti e delle strategie politiche;
7. proposte per il cambiamento, lo sviluppo del sistema e per le strategie di finanziamento;
8. preparazione per l'attuazione del piano.

I problemi che dovrebbe affrontare, considerando un periodo di tempo di trenta anni, sono:

- obiettivi politici e commerciali nazionali;
- rotte di volo esistenti e viabilità di nuove rotte;
- impatto ambientale ed ecologico delle operazioni di volo, degli aeroporti esistenti e di nuovi aeroporti;
- studio dell'impatto commerciale sugli aeroporti esistenti, compagnie aeree e gestori;
- studio dell'impatto sulla rete ferroviaria e viaria;
- impatto sul traffico presente e futuro;
- impatto commerciale sulle imprese locali e sul tasso di occupazione;
- impatto sociale sulle aree residenziali in prossimità dell'aeroporto;
- identificazione e impatto sulle aree di bellezza naturale, siti storici e monumenti.

Un piano regionale è una derivazione più dettagliata e focalizzata sull'area in esame di un piano nazionale. Generalmente l'area di studio, in questo caso, non dovrebbe contenere più di due aeroporti grandi o medi [3].

Un piano di sistema, nazionale, regionale o di una determinata area, pone le basi per una pianificazione aeroportuale dettagliata di uno specifico aeroporto: il Master Plan aeroportuale.

1.2. Il Master Plan

Un Master Plan è un piano di sviluppo di uno specifico aeroporto. Con il termine sviluppo, in questo caso, si intende sia quello dell'area dell'intero aeroporto che del suolo adiacente [1].

Viene redatto come guida per uno sviluppo logico, sostenibile ed economicamente conveniente dell'aeroporto. Può essere creato sia per un nuovo aeroporto che per uno esistente, ed è considerato un documento "attivo" che dovrebbe essere revisionato almeno ogni 5 anni oppure ogni qualvolta sia necessario adattarlo a variazioni improvvise. In genere, l'orizzonte temporale considerato per uno sviluppo a medio e lungo termine è circa 20 anni [3].

Il piano più efficiente per un aeroporto è quello che riesce a garantire le capacità richieste per: aeromobili, passeggeri, merci e veicoli/mezzi di trasporto; con il massimo comfort per i passeggeri, lo staff e le compagnie aeree al minimo costo.

Flessibilità e espandibilità dovrebbero essere le parole chiave da considerare nel processo di pianificazione. Anche nei casi in cui non è possibile l'espansione, ad esempio nel caso di aeroporti esistenti, per particolari caratteristiche dello specifico sito, la flessibilità delle strutture/aree resta un requisito fondamentale che non può essere tralasciato. Il layout delle strutture e le tecniche costruttive devono tenere in considerazione eventuali variazioni di destinazione d'uso. L'utilizzo di elementi modulari potrebbe aiutare ad ottenere una maggiore flessibilità e facilitare l'espansione delle strutture, se necessario [3, 4].

La pianificazione di un aeroporto è complicata dalla diversità delle strutture e dei servizi necessari e dall'integrazione di tutti questi nella pianificazione. Le strutture includono: piste, vie di rullaggio, piazzali, strutture per l'arrivo/partenza dei passeggeri, strutture in cui le autorità governative svolgono le attività di controllo e servizi di assistenza, strutture e aree per la manutenzione degli aeromobili, strade e parcheggi per i veicoli utilizzati dai passeggeri, accompagnatori e staff aeroportuale, strutture per l'invio e ricezione delle merci dei voli cargo, ecc... Un aeroporto funziona bene quando tutte questi servizi sono interconnessi tra loro, pertanto ciascuna attività non dovrebbe essere pianificata singolarmente.

La pianificazione di un aeroporto è il compromesso ottimale tra i piani migliori di ciascuna struttura, spesso anche contrastanti tra loro. La pianificazione di tutte le singole strutture contribuisce e si combina in un piano generale più efficiente per fornire il massimo grado di flessibilità ed espandibilità per lo sviluppo futuro [4].

1.2.1. Quadro normativo generale

In ambito aeroportuale, quando si parla di normativa non si può non fare riferimento all'International Civil Aviation Organization. L'ICAO è un'agenzia delle Nazioni Unite con l'obiettivo di assicurare lo sviluppo dell'aviazione internazionale in modo sicuro ed economicamente sostenibile. La normativa tecnica è pubblicata sotto forma di allegati alla convenzione di Chicago, gli Annessi. Per quanto riguarda la parte sugli aeroporti l'annesso di riferimento è l'*Annex 14 – Aerodromes*, per gli aspetti ambientali è l'*Annex 16 – Environmental Protection*. Oltre agli Annessi l'ICAO pubblica dei Docs in cui sono contenute ulteriori informazioni. Tra questi si possono citare il *Doc 9157 – Airport Design Manual* e il *Doc 9184 – Airport Planning Manual* per quanto riguarda gli aspetti più specifici della pianificazione.

La normativa ICAO non è legalmente vincolante, gli stati membri sono invitati ad attenersi alle prescrizioni ICAO ma per avere forza di legge devono essere recepite dalla normativa di ciascuno stato.

L'European Union Aviation Safety Agency (EASA), l'agenzia dell'Unione Europea, ha recepito l'annesso 14 nella *Regulation No 139 – 2014* e specifica gli aspetti particolarmente tecnici in: *Acceptable Means of Compliance and GM for Aerodromes*, *Certification Specifications and GM for Aerodromes Design*.

In Italia, L'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) ha recepito l'annesso 14 nel *Regolamento per la Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti*. L'ENAC, inoltre, pubblica circolari e linee guida che integrano i regolamenti. In particolare, nelle *Linee guida per la redazione dei Piani di Sviluppo Aeroportuali* emanate in data 01/10/2001 vengono specificati i contenuti del Piano di Sviluppo Aeroportuale (PSA), anche denominato Master Plan, gli aspetti tematici che devono essere affrontati e la relativa documentazione a corredo. In sintesi, tale circolare definisce che il Piano di Sviluppo Aeroportuale rappresenta uno strumento di pianificazione strategica a breve, medio e lungo termine, che partendo da un'accurata analisi dello stato di fatto dell'aeroporto, definisce i futuri scenari di sviluppo del traffico, i fabbisogni infrastrutturali necessari a rispondere alla crescita del traffico, gli interventi previsti, il programma di attuazione degli interventi nel tempo, le risorse economiche necessarie per la loro esecuzione e le fonti di finanziamento [5].

1.2.2. Obiettivi e scopi della pianificazione

Un Master Plan aeroportuale rappresenta una guida per:

1. Sviluppo delle strutture fisiche dell'aeroporto;
2. Sviluppo dei territori adiacenti;
3. Determinazione degli effetti delle strutture dell'aeroporto e delle operazioni sull'ambiente;
4. Definizione dei requisiti di accesso dell'aeroporto;
5. Stabilire la fattibilità tecnica, economica e finanziaria dello sviluppo proposto, indagando tutte le alternative possibili;
6. Stabilire un programma delle priorità e definire le fasi per realizzare i miglioramenti proposti;
7. Stabilire un piano finanziario che supporti il piano di attuazione;
8. Stabilire un processo di pianificazione continuo in grado di monitorare le condizioni dell'aeroporto e di adeguare le raccomandazioni del piano alle circostanze [1, 4].

Tra gli scopi principali di un Master Plan c'è senza dubbio quello di fornire uno sviluppo dell'aeroporto ordinato e tempestivo, adeguato a soddisfare le necessità e gli obiettivi di crescita locali, ma anche di coordinare lo sviluppo del singolo aeroporto con i piani di sistema di trasporto nazionale/regionale. Serve, inoltre, come base per la coordinazione dei piani per l'uso dello spazio aereo e le procedure di controllo del traffico aereo.

Un altro importante scopo è quello di proteggere la zona dell'aeroporto in modo tale da evitare che l'espansione o la costruzione delle strutture danneggino l'ambiente, provocando eccessivo rumore e inquinamento. Aiuta ad ottimizzare l'uso del suolo e le risorse dello spazio aereo.

Inoltre, assicura la compatibilità del contenuto agli standards e criteri delle agenzie governative dell'aviazione (ICAO, EASA, IATA...). Informa e crea consapevolezza sulla necessità di un approccio sistematico alla pianificazione e allo sviluppo dell'aeroporto. Infine, fornisce un'organizzazione di pianificazione che consente alle autorità politiche interessate di partecipare alla pianificazione dell'aeroporto [4].

1.2.3. Processo di pianificazione

Le attività coinvolte nel processo di pianificazione sono diverse e includono:

A. *Pianificazione politico/coordinativa:*

- stabilire gli obiettivi da raggiungere;
- sviluppare un programma di lavoro, orari e budgets;
- stabilire procedure di coordinazione e monitoraggio;
- stabilire la gestione dei dati e sistemi di pubblica informazione;

B. *Pianificazione economica:*

- preparare un'analisi delle caratteristiche del mercato dell'aviazione e delle previsioni delle attività future;
- effettuare un'analisi costi/benefici delle alternative di sviluppo proposte;
- preparare una valutazione dell'impatto economico delle alternative proposte sull'area;

C. *Pianificazione fisica:*

- previsioni sullo spazio aereo e controllo del traffico aereo;
- configurazione dell'aeroporto;
- complesso aerostazione;
- reti di circolazione e comunicazione;
- strutture di servizio e supporto;
- strutture di accesso da terra;
- modelli generali di utilizzo del suolo;

D. *Pianificazione ambientale:*

- preparare una valutazione delle naturali condizioni ambientali dell'area interessata dall' "impatto" causato dall'aeroporto (piante, animali, clima, topografia, ecc...);
- documentare i modelli di sviluppo relativi all'area di impatto;
- raccogliere le abitudini e le opinioni della comunità;

E. *Pianificazione finanziaria:*

- individuare la fonte di finanziamento e i vincoli;

- preparare uno studio preliminare di fattibilità economica delle varie alternative proposte;
- preparare dei piani finanziari preliminari e programmi finanziari per l'alternativa scelta [4].

Gli step da seguire per la redazione di un Master Plan sono:

1. Pre-pianificazione: preparare un programma di lavoro, stabilire obiettivi e scopi;
2. Inventariare e documentare la condizione esistente;
3. Elaborare delle previsioni della domanda di traffico futura;
4. Effettuare delle analisi domanda/capacità per ciascuna componente dell'aeroporto, determinare i requisiti delle strutture necessari per soddisfare la domanda prevista e le fasi temporali per lo sviluppo;
5. Valutare i vincoli esistenti e potenziali;
6. Concordare l'importanza e la priorità dei vari elementi in base al tipo di aeroporto, ai vincoli e a considerazioni politiche o di altra natura;
7. Sviluppare diverse alternative concettuali o di Master Plan ai fini di un'analisi comparativa;
8. Fornire a tutte le parti interessate l'opportunità di testare ciascuna alternativa;
9. Selezionare l'alternativa più appropriata, modificarla, se necessario, e preparare la forma finale [1, 4].

In Fig. 1.1 è riportata una rappresentazione grafica degli step del processo di pianificazione.

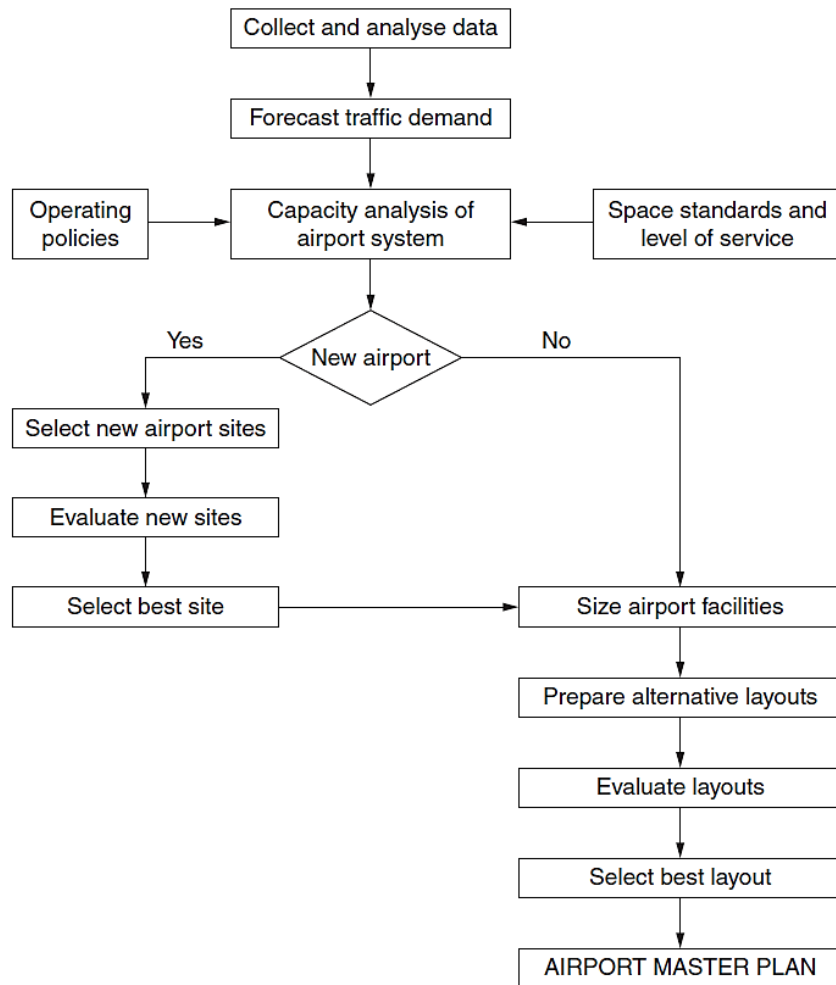


Figura 1.1. Diagramma di flusso degli step per l'elaborazione di un Master Plan [1].

A questo punto si passa all'implementazione del piano andando a definire in maniera più dettagliata i singoli progetti per poterli poi realizzare concretamente. Il Master Plan, infatti, rappresenta una linea guida dei miglioramenti che dovrebbero essere apportati, l'effettiva progettazione di questi avviene successivamente e non è contenuta in esso [4].

1.2.4. Impatto ambientale

Un aspetto tra i più importanti da valutare è sicuramente l'impatto che un'infrastruttura aeroportuale può avere sull'ambiente circostante. I fattori ambientali devono essere considerati attentamente nello sviluppo di un nuovo aeroporto o nell'ampliamento di uno esistente.

Gli studi che devono essere condotti quando si tratta di valutare l'impatto della costruzione e del funzionamento di un nuovo aeroporto o dell'ampliamento di uno esistente riguardano principalmente: la qualità dell'aria e dell'acqua, i livelli di rumore, i

processi ecologici (flora e fauna) e lo sviluppo demografico della regione; al fine di determinare come i requisiti dell'aeroporto possono essere soddisfatti al meglio con conseguenze negative ambientali e sociali minime.

Il rumore è il problema ambientale più rilevante da considerare. Negli ultimi anni è stata posta particolare attenzione nel cercare di sviluppare motori più silenziosi e nel modificare le procedure di volo, ottenendo sostanziali riduzioni del rumore. Un altro mezzo efficace per ridurre il rumore è un'adeguata pianificazione dell'uso del suolo nelle aree adiacenti all'aeroporto. Per un aeroporto esistente potrebbe essere difficile in quanto il territorio potrebbe essere già stato costruito. Ad ogni modo, si dovrebbe cercare di orientare il traffico aereo lontano da aree sensibili al rumore.

Altri importanti fattori ambientali includono l'inquinamento dell'aria e dell'acqua, i rifiuti industriali e le acque reflue provenienti dall'aeroporto e l'alterazione dei valori ambientali naturali.

Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, l'ICAO insieme con i maggiori produttori di aeromobili hanno lavorato per ridurre il problema, cercando di rientrare in limiti di emissioni sempre più restrittivi e c'è motivo di ritenere che sarà probabilmente eliminato nel prossimo futuro come fattore ambientale.

Un aeroporto può essere un importante fattore di inquinamento delle acque se non vengono forniti adeguati impianti di trattamento. Le sostanze chimiche utilizzate per lo sbrinamento degli aerei sono una delle principali fonti di potenziale inquinamento delle acque sotterranee; dunque, devono essere prese disposizioni per smaltire in sicurezza questo rifiuto. Lo studio ambientale deve includere una dichiarazione che dettaglia i metodi per gestire le fonti di inquinamento dell'acqua.

La costruzione di un nuovo aeroporto o l'ampliamento di uno esistente possono avere forti impatti sull'ambiente naturale. Questo è vero soprattutto nei casi in cui possono essere modificati i corsi d'acqua e i principali percorsi di drenaggio (grandi superfici impermeabilizzate), gli habitat della fauna selvatica e le aree selvagge e ricreative. Uno studio di impatto ambientale dovrebbe indicare anche come poter alleviare questi fattori.

Un altro impatto importante da non trascurare è quello sociale ed estetico/visivo. Un'attenta pianificazione dei territori circostanti è fondamentale per risolvere sia l'aspetto sociale che quello visivo.

La redazione di uno studio di impatto ambientale basata su uno studio di valutazione ambientale è una parte estremamente importante del processo di pianificazione aeroportuale. Lo studio dovrebbe identificare chiaramente i problemi che influenzeranno la qualità ambientale esaminando i singoli aspetti visti e le azioni proposte per alleviarli. A meno che lo studio non sia sufficientemente esauriente, l'intero sviluppo dell'aeroporto potrebbe essere in pericolo [1].

Bibliografia

[1] R. Horonjeff, F. X. McKelvey, W. J. Sproule, S. B. Young, Planning and Design of Airports, 5th ed., McGraw-Hill, New York, N.Y., 2010.

[2] www.iusinitinere.it/l-aeroporto-nel-mercato-dellunione-europea-profilo-economici-e-aspetti-di-responsabilita-civile-del-vettore consultato in data 10/03/2022.

[3] International Air Transport Association, Airport Development Reference Manual, 9th ed.; IATA: Montreal, QC, Canada, 2004.

[4] International Civil Aviation Organization, Airport Planning Manual, Part 1, Master Planning, 2d ed., Montreal, 1987.

[5] Ente Nazionale per l'Aviazione Civile, Studio sullo sviluppo degli aeroporti italiani, Edizione 1, Settembre 2010.

2. Capacità delle infrastrutture aeroportuali

Il termine capacità nella sua accezione più generale si riferisce alla misura quantitativa della fornitura di servizi per soddisfare la domanda sostenuta, e può essere definita come il numero massimo di unità che possono essere servite nell'unità di tempo nelle condizioni operative prevalenti.

Negli aeroporti, è l'abilità dell'aerodromo di ospitare aeromobili in arrivo e in partenza per l'airside e quella dell'aerostazione di ospitare passeggeri per quanto riguarda il landside. Nel primo caso è espressa in operazioni (ossia arrivi e partenze) per unità di tempo, tipicamente in operazioni per ora. Nel secondo caso, la capacità a terra è espressa in flusso di passeggeri per unità di tempo presso le strutture dell'aerostazione nell'ambito di un livello di servizio specifico [1].

Il livello di servizio può essere considerato come un intervallo di valori o come una valutazione della qualità con la quale un servizio soddisfa la domanda, combina misure sia qualitative che quantitative di comfort e convenienza. Ad esempio, il livello di servizio è più elevato se si ha più spazio a disposizione per l'attesa, se il flusso nelle zone di passaggio è scorrevole e non si hanno formazioni di code, se i tempi di attesa per svolgere un'attività sono brevi [2].

La capacità è una misura dell'offerta, dipende dall'infrastruttura, non deve essere confusa con la domanda di trasporto, soggetta ad una estrema variabilità. Quando la domanda di trasporto si avvicina alla capacità dell'infrastruttura, si genera un ritardo, che può manifestarsi in code, tempi di attesa lunghi e ritardo degli aeromobili. Ciò indica scarse prestazioni operative, quindi scarsi livelli di servizio [1].

Dunque, la capacità dipende dal ritardo, e quindi dal livello di servizio, e anche dall'entità e tipologia della domanda.

Esiste una relazione tra domanda, capacità e ritardo: come si può osservare in Fig. 2.1, il ritardo cresce man mano che la domanda si avvicina e/o supera la capacità, inoltre, più la domanda è variabile e ha dei picchi e maggiori saranno i ritardi.

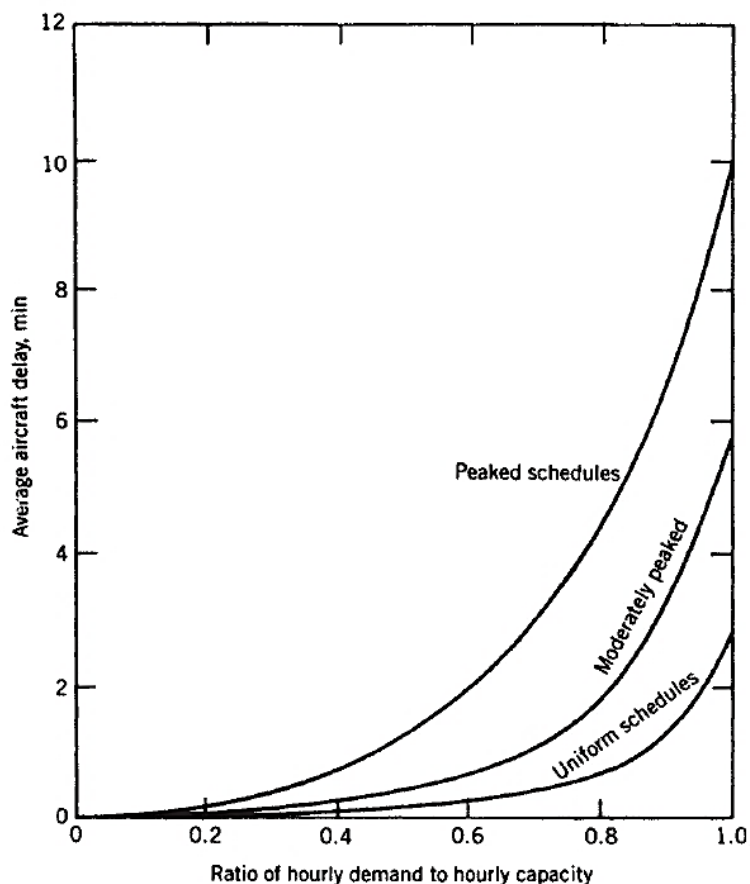


Figura 2.1. Relazione tra rapporto domanda/capacità e ritardo (livello di servizio) [1].

I progettisti e i pianificatori aeroportuali devono affrontare il problema di fornire una capacità dell'infrastruttura sufficiente per soddisfare la domanda fluttuante con un livello o una qualità del servizio accettabili [3].

A tal proposito, la capacità dell'aeroporto è stata definita in due modi. Una definizione che è stata ampiamente utilizzata in passato negli Stati Uniti è che la capacità è il numero di operazioni durante uno specifico intervallo di tempo corrispondente a un ritardo medio tollerabile. La suddetta capacità è mostrata in Fig. 2.2 ed è indicata come *capacità pratica*. Questa definizione è stata tradizionalmente suggerita dalla Federal Aviation Administration (FAA) per fornire stime del ritardo in funzione della *capacità ultima o di throughput*, che è definita, invece, come il numero *massimo* di operazioni che un'infrastruttura può ospitare in un periodo di tempo definito, indipendentemente dal ritardo o dal livello di servizio [2,3].

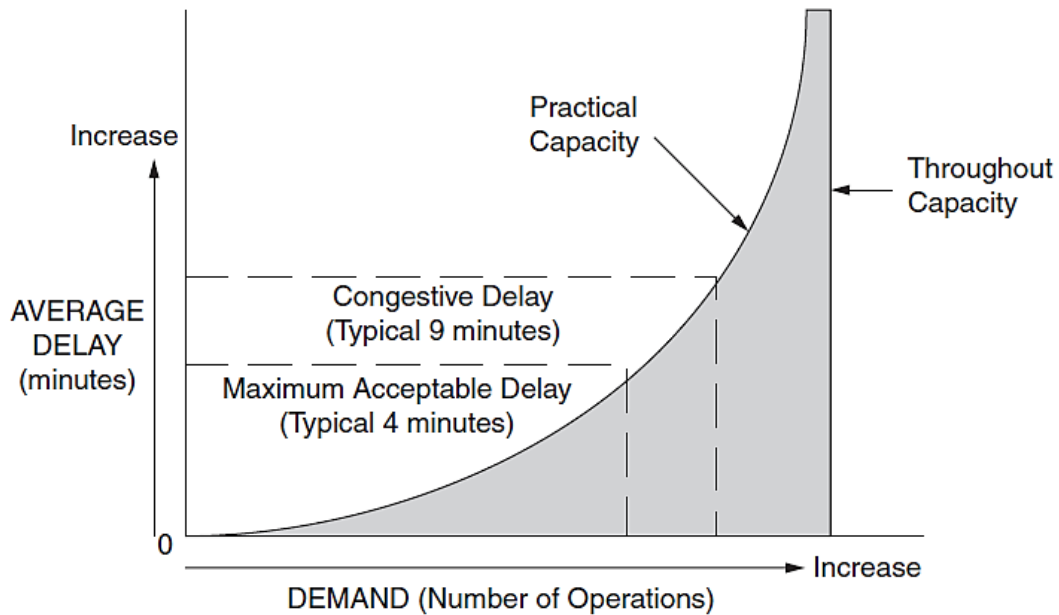


Figura 2.2. Ritardo in funzione di capacità e domanda [3].

In genere come capacità pratica si considera la capacità corrispondente ad un valore di ritardo accettabile di quattro minuti. Una valutazione dettagliata e obiettiva della capacità deve includere un'analisi approfondita per quantificare il ritardo medio degli aeromobili (che è la manifestazione del livello di servizio risultante). Per il calcolo del ritardo si può fare riferimento alla procedura contenuta nella Airport Capacity and Delay Advisory Circular AC 150/5060-5 [4] della FAA, oppure a metodi grafici o all'utilizzo di programmi informatici.

L'analisi domanda/capacità effettuata all'interno del processo di pianificazione è una parte critica della valutazione delle prestazioni dell'operatività dell'aeroporto nel suo complesso [1].

Le infrastrutture aeroportuali sono costituite da molteplici componenti (*sottosistemi*) connessi "in cascata" (in serie). Tuttavia, per semplicità, si può ipotizzare che la capacità di una componente aeroportuale (pista, vie di rullaggio, piazzale, aerostazione) sia indipendente dalle altre componenti, e ciascuna può essere calcolata separatamente. Le analisi della capacità, dunque, devono essere condotte per ciascuna componente dell'aeroporto per determinare i requisiti delle strutture necessari per soddisfare la domanda prevista. Quindi sarà il sistema con la minore capacità che condiziona l'intera infrastruttura.

2.1. La capacità airside

La capacità dell'area di movimento viene espressa in operazioni (ossia arrivi e partenze) per unità di tempo, tipicamente in operazioni per ora.

L'elemento che controlla la capacità dell'airside, ma anche dell'intero aeroporto, è la capacità della pista di volo, in quanto adeguare o aggiungere una pista per rispondere ad un incremento di domanda risulterebbe molto complesso.

2.1.1. Capacità della pista di volo

La capacità della pista è definita come “la massima portata delle operazioni degli aeromobili, ovvero gli arrivi e le partenze, che potrebbero essere effettuati durante un intervallo di tempo specifico (ad es. un'ora) in un dato aeroporto con una configurazione di pista specifica, in determinate condizioni meteorologiche e con un livello accettabile di ritardo dell'aeromobile” [1].

Definire e stimare la capacità delle piste è molto complicato. Negli ultimi cinque decenni sono state condotte ricerche approfondite sulla stima e la valutazione della capacità delle piste, nonché su diversi approcci per definirla e misurarla.

Una variabile importante è il tasso medio di arrivo/partenza, che corrisponde al tempo medio di inter-operazione consentito in sicurezza per arrivi e partenze. La capacità della pista C è il reciproco dell'intervallo medio di inter-operazione m (separazione temporale media tra due operazioni consecutive):

$$C = \frac{1}{\bar{m}} \quad (2.1)$$

Il tempo di inter-operazione e dunque la capacità sono influenzati dai seguenti fattori:

- Condizioni metereologiche, in particolare nebbia, vento, pioggia. Queste impongono maggiore prudenza ai piloti e ai controllori portando ad aumentare il distanziamento;
- Configurazione airside (numero, lunghezza, spaziatura e orientamento delle piste di volo, configurazione delle taxiway, presenza di una taxiway parallela, presenza e posizione delle uscite rapide), che incide sul tempo di occupazione della pista;

- Caratteristiche della domanda: l'andamento della domanda e l'entità dei picchi, la dimensione, la velocità e la manovrabilità degli aeromobili determinano la separazione minima tra gli aeromobili e i tempi di occupazione della pista;
- Controllo del traffico aereo (ATC): utilizzo di separazione procedurale o separazione radar, presenza ed efficienza degli aiuti alla navigazione come il sistema di atterraggio strumentale (ILS) e il sistema luminoso di avvicinamento (ALS), strategia di utilizzo delle piste e rapporto arrivi/partenze, regole di separazione tra le diverse operazioni.

Le Civil Aviation Authority specificano le separazioni verticali, orizzontali e laterali minime per gli aeromobili per salvaguardare la sicurezza aerea. In prossimità di un aeroporto, sul ramo finale di avvicinamento, la separazione orizzontale minima consentita è in genere di 2-5 miglia nautiche, a seconda delle dimensioni dell'aeromobile, della disponibilità di un radar, del sequenziamento delle operazioni e delle procedure dello spazio aereo. La distanza di separazione da mantenere tra due aerei è il principale fattore di controllo del traffico aereo che influisce sulla capacità [1].

Ogni aeromobile in arrivo effettua una procedura strumentale, ovvero un insieme di manovre predeterminate a partire da un punto detto Initial Approach Fix fino ad un punto dal quale può essere completato un atterraggio (es. soglia). Nel caso di separazione procedurale, un aeromobile può essere autorizzato all'avvicinamento quando quello precedentemente autorizzato ha completato la procedura. Ad esempio, se per il completamento della procedura sono necessari 10 min, considerando l'Equazione (2.1), la capacità della pista per gli arrivi sarà necessariamente:

$$C = \frac{1}{10 \text{ min}} \cdot 60 = 6 \text{ op/h} \quad (2.2)$$

Quando viene utilizzato un radar per mantenere la separazione, i controllori possono visualizzare la posizione dell'aeromobile e ciò li aiuta a ridurre la separazione tra gli aerei e, di conseguenza, ad aumentare la capacità massima della pista [1].

Per stimare la capacità delle piste di volo e il ritardo, possono essere utilizzati differenti metodi:

- Metodi empirici basati sull'osservazione del traffico esistente;
- Metodi basati sulla teoria delle code;

- Metodi analitici basati sull'utilizzo dei diagrammi spazio-tempo;
- Metodo FAA – Advisory Circular 150/5060-5 "Airport Capacity and Delay";
- Modelli avanzati di simulazione numerica.

Le indagini empiriche sono anche una componente vitale nello sviluppo e nella validazione dei modelli sia analitici che di simulazione [1]. Anche i metodi che utilizzano la teoria delle code sono basati su studi empirici.

Sulla base di analisi approfondite, sono stati derivati i *modelli analitici* per stimare la capacità delle piste in varie condizioni. Tali modelli determinano il numero massimo di operazioni degli aeromobili che un sistema di piste può ospitare in uno specifico intervallo di tempo in cui vi è una domanda di servizio continua (*capacità ultima o massima*), tenendo conto degli effetti dei seguenti fattori:

1. Lunghezza del percorso di avvicinamento;
2. Velocità dell'aereo;
3. Separazioni minime tra aerei sul percorso di avvicinamento, come specificato dal regolamento del traffico aereo.

Si considerano due situazioni: (a) closing case, in cui l'aeromobile che segue ha una velocità uguale o superiore a quella dell'aeromobile in testa, e (b) opening case, in cui la velocità dell'aeromobile in testa supera quella dell'aeromobile che segue. La separazione temporale minima nei due casi può essere espressa come:

$$m_{ij} = \Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{v_j} \quad \text{se } v_i \leq v_j \quad (2.3)$$

$$m_{ij} = \Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{v_j} + \gamma \left(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \quad \text{se } v_i > v_j \quad (2.4)$$

dove δ_{ij} è la distanza di separazione minima, v è la velocità degli aeromobili i e j , γ è la lunghezza del percorso di avvicinamento [1,3].

I diagrammi spazio-tempo mostrati nelle Fig. 2.3 e 2.4 sono una rappresentazione grafica delle Equazioni (2.3) e (2.4).

È necessario comunque verificare che $\Delta T_{ij} \geq R_i$, dove R_i è il tempo di occupazione della pista dell'aereo che precede.

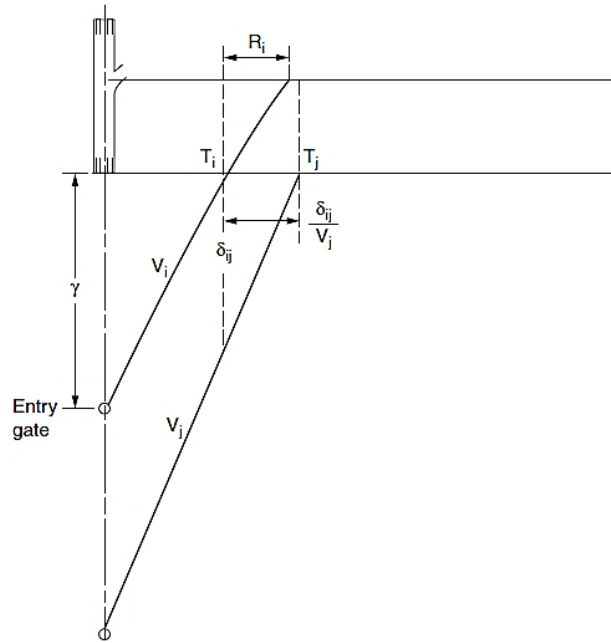


Figura 2.3. Diagramma spazio-tempo per l'intervallo di inter-arrivo in closing case [3].

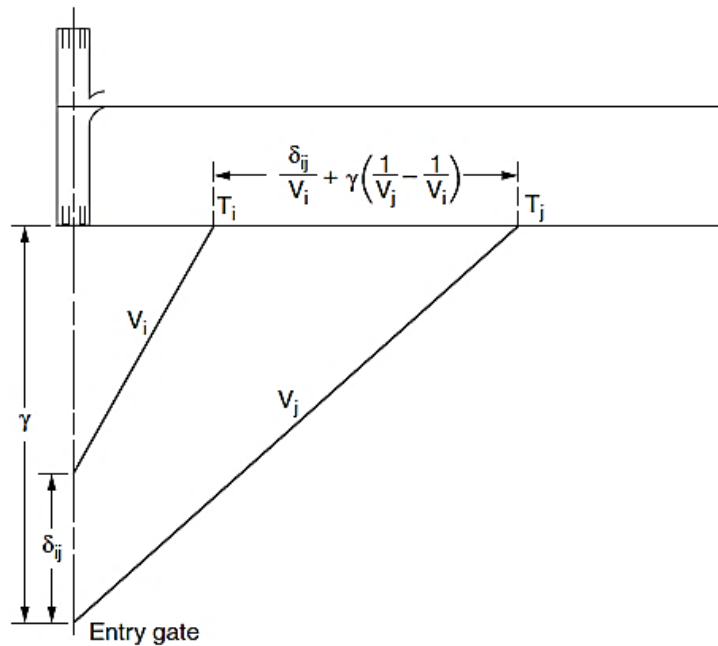


Figura 2.4. Diagramma spazio-tempo per l'intervallo di inter-arrivo in opening case [3].

Per il calcolo della capacità della pista si suggerisce di raggruppare i vari velivoli in n classi di velocità (v_1, v_2, \dots, v_n) e associare, a ciascuna delle n classi di velocità, la probabilità di occorrenza [p_1, \dots, p_n]. Le probabilità di occorrenza coincidono con le percentuali di aeromobili delle varie classi di velocità nel mix di traffico. L'intervallo medio di inter-operazione previsto \bar{m} (o separazione temporale media tra due operazioni consecutive) può essere approssimato come segue:

$$\bar{m} = \sum_{ij} p_i m_{ij} p_j \quad (2.5)$$

La capacità oraria è l'inverso dell'intervallo medio di inter-operazione:

$$C = \frac{1}{\bar{m}} \quad (2.6)$$

Il modello riportato rappresenta un sistema error-free, cioè senza considerare l'incertezza sulla posizione esatta degli aerei in un preciso istante di tempo. Ciò presuppone che i controllori siano in grado di condurre l'aereo all'entry gate esattamente a orari programmati e che i piloti siano in grado di mantenere le separazioni richieste e le velocità con perfetta precisione. Per considerare questi errori di posizione, al tempo di separazione minimo viene aggiunto un tempo di buffer (b_{ij}) per garantire che vengano mantenute le separazioni minime tra gli arrivi:

$$\Delta T_{ij} = m_{ij} + b_{ij} \quad (2.7)$$

Tra i metodi analitici, per valutare la capacità è possibile fare riferimento anche esclusivamente ai diagrammi spazio-tempo. Il diagramma spazio-tempo è uno strumento molto utile per comprendere la sequenza delle operazioni degli aeromobili su un sistema di pista e nello spazio aereo adiacente [3]. Alla base dell'utilizzo del diagramma spazio-tempo per la valutazione della capacità ci sono una serie di regole di sequenziamento da tenere in considerazione:

- Due aeromobili non possono effettuare un'operazione sulla pista contemporaneamente;
- Gli aeromobili in arrivo hanno priorità nell'uso della pista rispetto agli aerei in partenza;
- Le partenze possono essere autorizzate se la pista è libera e il successivo arrivo è almeno ad una certa distanza dalla soglia pista (δ_d);
- Due partenze successive possono essere autorizzate se è possibile rispettare un certo intervallo di tempo minimo tra le due (J_{pq}).

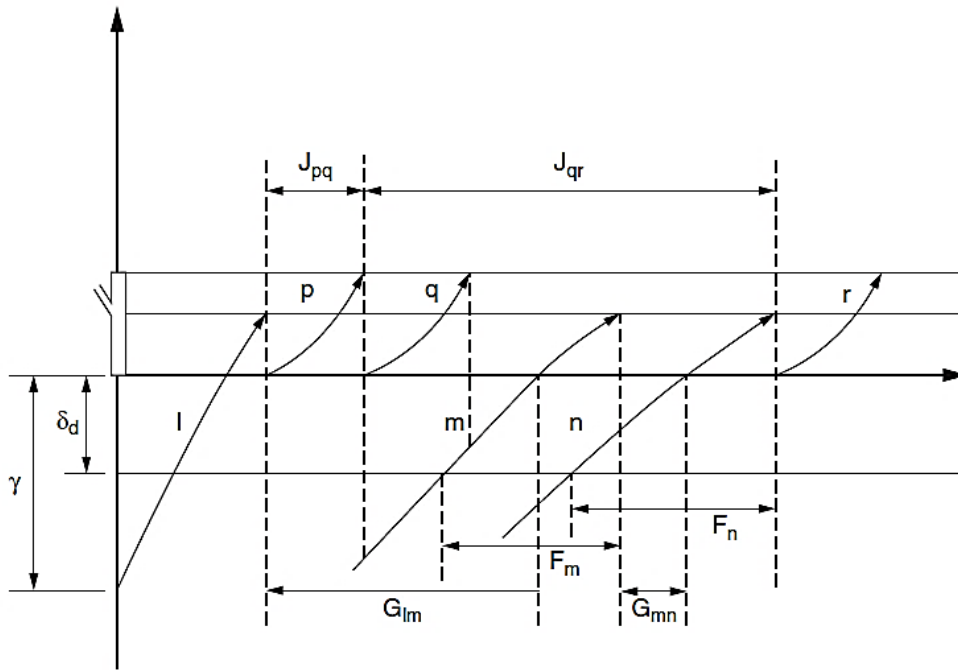


Figura 2.5. Esempio di diagramma spazio-tempo per operazioni miste [3].

Nell'esempio in Fig. 2.5 sono riportati tre arrivi e tre partenze: la partenza p è stata rilasciata quando l'arrivo l ha liberato la pista, la successiva partenza q è stata rilasciata dopo un certo intervallo di tempo minimo da rispettare per la sicurezza J_{pq} e assicurandosi che fosse mantenuta la distanza minima di sicurezza δ_d con il successivo arrivo m . Anche tra due arrivi consecutivi deve essere garantita la distanza minima di sicurezza δ_d .

Utilizzando il diagramma spazio-tempo è possibile calcolare la capacità massima della pista per soli arrivi considerando il tempo medio tra un arrivo e il successivo, ovvero, considerando l'esempio in Fig. 2.5, facendo una media tra G_{lm} e G_{mn} . Per calcolare la capacità per le sole partenze, si dovrebbe considerare il tempo medio tra una partenza e la successiva, quindi, nel caso dell'esempio, una media tra J_{pq} e J_{qr} . Infine, la capacità per operazioni miste potrà essere ricavata considerando una media degli intervalli di tempo tra un'operazione e la successiva.

Infine, per quanto riguarda il metodo FAA, è illustrato nella Advisory Circular 150/5060-5 "Airport Capacity and Delay". Come risultato di un ampio studio quadriennale condotto, la FAA ha pubblicato una serie di grafici per determinare la capacità delle piste, tenendo conto di tutti i fattori che la influenzano [1,3].

Un'altra espressione FAA per la capacità derivata ai fini della pianificazione preliminare, basata su un periodo di tempo annuale anziché orario, è il volume di servizio annuo o Annual Service Volume (ASV). La FAA definisce ASV come: "una stima ragionevole

della capacità annuale di un aeroporto”. Nella circolare sono fornite 19 diverse configurazioni di pista e per ciascuna è specificato l'ASV a seconda di una variazione del mix di aeromobili e della capacità oraria IFR (Instrument Flight Rules) / VFR (Visual Flight Rules). Il concetto di volume di servizio annuo è stato proposto dalla FAA come riferimento per una pianificazione preliminare, per il calcolo vero e proprio di una capacità annuale si possono utilizzare programmi informatici proposti dalla stessa FAA [1].

2.1.2. Capacità delle vie di rullaggio

Una componente chiave nel layout dell'aeroporto è il sistema di taxiway, che collega le piste all'area apron-gate e agli hangar di servizio degli aeromobili. Nella disposizione e nella progettazione delle vie di rullaggio, viene data maggiore importanza alla fornitura di un flusso regolare ed efficiente degli aeromobili. Laddove il traffico aereo lo richieda, la procedura usuale consiste nel disporre una via di rullaggio parallela alla pista per la sua intera lunghezza. Ciò consente agli aeromobili in atterraggio di uscire dalla pista più rapidamente e riduce i ritardi per gli altri aeromobili in attesa di utilizzare la pista.

La capacità delle vie di rullaggio è il numero massimo di operazioni degli aeromobili effettuate su di esse. Studi empirici hanno dimostrato che la capacità di un sistema di taxiway generalmente supera di gran lunga la capacità delle piste o delle piazzole. C'è un'eccezione degna di nota, rappresentata dalle vie di rullaggio che attraversano una pista attiva. Per le vie di rullaggio che attraversano la pista, la capacità dipende dalle seguenti condizioni: posizione della via di rullaggio, tasso di operatività della pista, mix di aeromobili, condizioni di visibilità dell'aeroporto e posizione della via di rullaggio rispetto all'estremità di partenza della pista. La procedura per il calcolo della capacità di una via di rullaggio che attraversa una pista è contenuta nella Advisory Circular 150/5060-5 "Airport Capacity and Delay" della FAA.

Dunque, si può tranquillamente presumere che la capacità delle vie di rullaggio sia sempre adeguata a spostare gli aeromobili verso piste e piazzole. Tuttavia, effettuando la simulazione aeroportuale, è possibile dedurre se una via di rullaggio rappresenta o meno un collo di bottiglia [1].

2.1.3. Capacità del piazzale

Un piazzale è definito come un'area di un aeroporto destinata ad ospitare aeromobili per il carico o scarico di passeggeri, posta o merci, rifornimento, parcheggio o manutenzione [5].

L'area del piazzale include le piazzole (aircraft stands) e le vie di rullaggio sul piazzale (taxiway e taxilane).

Con il termine piazzola si designa un parcheggio aeromobile adiacente ad un'aerostazione e utilizzato da un unico aeromobile per il carico e scarico di passeggeri, bagagli e posta, o un parcheggio remoto sul piazzale dove vengono trasferiti passeggeri e bagagli da/per l'aerostazione con l'utilizzo di veicoli da piazzale [1].

Il numero di piazzole dipende dal numero di movimenti che ciascuna tipologia di aeromobile effettua durante l'ora di punta e dal tempo di occupazione della piazzola. Poiché il numero delle piazzole determina le dimensioni del piazzale e molto spesso la configurazione dell'aerostazione, è uno degli aspetti più importanti della pianificazione [5].

La capacità di un piazzale può essere definita come il numero massimo di aeromobili che un numero fisso di piazzole può ospitare in un determinato intervallo di tempo in cui vi è una domanda continua di servizio. La capacità della piazzola può essere calcolata come l'inverso del tempo medio ponderato di occupazione della piazzola di tutti gli aeromobili serviti. Ad esempio, se un aeromobile occupa una piazzola per una media di 30 minuti la capacità della piazzola è pari a due aeromobili all'ora [3].

I fattori che influenzano la capacità sono:

- Disposizione delle piazzole sul piazzale;
- Il numero e il tipo di piazzole a disposizione per categoria di aeromobili;
- Il mix di aeromobili e il tempo di occupazione della piazzola per i vari aeromobili;
- Restrizioni all'uso di alcuni o di tutti i varchi;
- Pratiche di programmazione delle compagnie aeree.

Il tipo di piazzola si riferisce alla sua capacità di ospitare un aeromobile grande, medio o piccolo. Il mix di aeromobili si riferisce principalmente alle dimensioni ma anche al tempo di occupazione della piazzola richiesto. I tempi di occupazione variano a seconda delle dimensioni dell'aeromobile e se si tratta di un volo di partenza o di passaggio. I

tempi previsti dai costruttori di aeromobili sono solitamente riportati nei manuali; tuttavia, essi variano a seconda della compagnia aerea e delle relative procedure operative nei diversi aeroporti.

Sono stati sviluppati due modelli analitici per determinare la capacità delle piazzole di un aeroporto. Tali modelli si basano su due strategie di utilizzo delle piazzole. Un modello presuppone che tutti gli aeromobili possano utilizzare tutte le piazzole disponibili (strategia di utilizzo senza restrizioni). L'altro modello presuppone che gli aeromobili di una certa dimensione o compagnia aerea possano utilizzare solo le piazzole progettate specificamente per questi aeromobili o compagnie aeree (strategia di utilizzo delle piazzole limitata) [1,3].

Il metodo proposto dall'ICAO permette di valutare il numero di piazzole necessarie per ciascuna tipologia. Il numero necessario di piazzole per ogni tipo di aeromobile dovrebbe essere stimato a breve, medio e lungo termine e dovrebbe essere predisposto un piano di sviluppo ordinato e tempestivo, per valutare, qualora necessario, un'espansione graduale del piazzale.

I movimenti degli aeromobili nell'ora di punta, per tipo di aeromobile, possono essere stimati mediante le due procedure mostrate nella Fig. 2.6.

Il rapporto tra i movimenti nel giorno di punta/movimenti nell'ora di punta dovrebbe essere ottenuto valutando i dati di traffico passati e valutando le particolari condizioni locali. Un aspetto importante del suddetto rapporto è che maggiore è il volume di traffico, minore è il rapporto di punta in generale. Pertanto, può essere utile studiare altri aeroporti con caratteristiche di traffico simili.

La previsione del futuro mix di aeromobili è un compito difficile e dovrebbe essere fatta studiando le tendenze mondiali e consultando le compagnie aeree dell'aeroporto per arrivare alla stima migliore.

Il tempo di occupazione della piazzola è il tempo in cui un aeromobile può manovrare dentro e fuori la piazzola, caricare e scaricare passeggeri, bagagli e merci, fare rifornimento, eseguire la pulizia della cabina e i vari servizi di routine. Un esempio dei tempi di occupazione di una piazzola è mostrato nella Tabella 2.1 [5].

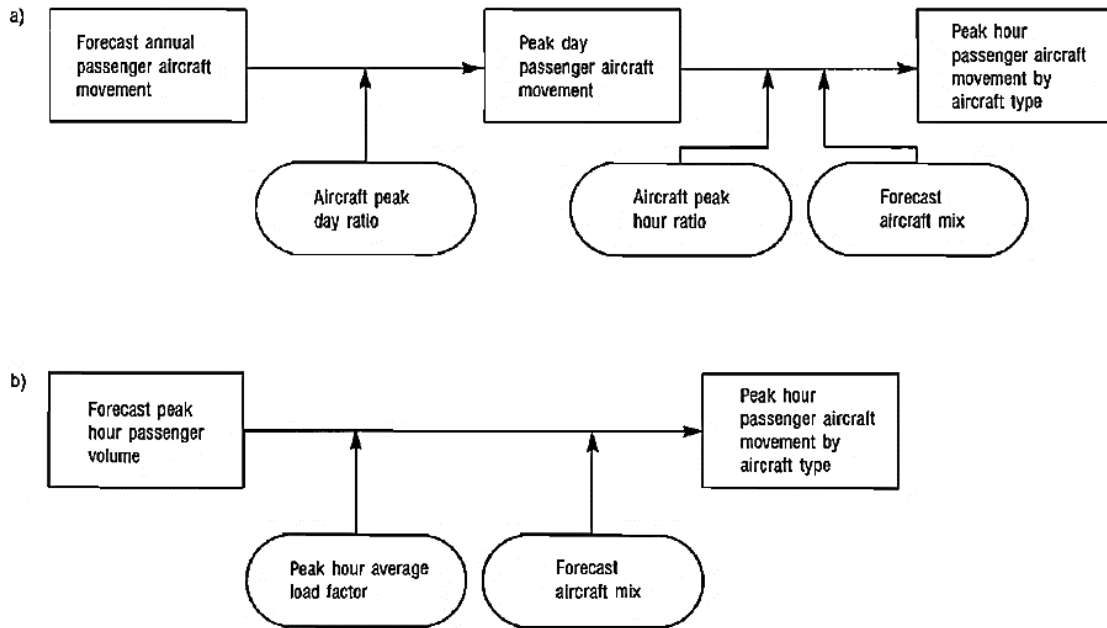


Figura 2.6. Due procedure per ricavare i movimenti degli aeromobili nell'ora di punta per tipo di aeromobile [5].

Tabella 2.1. Esempio di tempi di occupazione tipici [5].

Aircraft	Through flight	Domestic Turnaround flight	International Turnaround flight
B-737, DC-9, F-28	25	45	—
B-707, B-757	45	50	60
A300, DC-10, L-1011	45-60	60	120
B-747	—	60	120-180

Il passaggio successivo consiste nel classificare in gruppi gli aeromobili presenti e futuri in servizio presso l'aeroporto in base alle dimensioni richieste della piazzola. Un esempio di categorizzazione viene riportato in Tabella 2.2.

Tabella 2.2. Esempio di categorizzazione [5].

Group	Aircraft
S	F-28, B-737
M	B-707-320, A-300, L-1011, DC-10
L	B-747 SP, B-747
LL	B-747 II (future aircraft)

Quindi, il numero richiesto di piazzole per gli aeromobili in un piazzale può essere stimato con la seguente equazione:

$$S = \sum_i \left(\frac{T_i}{60} \cdot N_i \right) + \alpha_i \quad (2.8)$$

dove S è il numero richiesto di piazzole;

T_i è il tempo di occupazione della piazzola in minuti del gruppo di aeromobili i ;

N_i è il numero di arrivi degli aeromobili dell' i -esimo gruppo durante l'ora di punta;

α_i è il numero di piazzole extra disponibili per l' i -esimo gruppo.

Il numero di aeromobili in arrivo può essere ottenuto semplicemente dividendo per due i movimenti degli aeromobili precedentemente calcolati o applicando un coefficiente specifico per l'aeroporto che è tipicamente compreso tra 0,6 e 0,7; ciò equivale a dire che gli aeromobili in arrivo rappresentano dal 60 al 70% dei movimenti totali, in arrivo e in partenza, nell'ora di punta.

2.2. La capacità landside

Il termine “landside” si riferisce a quell'area di un aeroporto che va dall'aerostazione passeggeri, comprese le strutture merci, fino al sistema di accesso da terra all'aeroporto e il parcheggio dei veicoli.

L'area landside comprende tutte le aree dell'aeroporto e gli edifici a cui hanno libero accesso sia i viaggiatori che i visitatori, nonché le parti non pubbliche contenenti aree destinate alle compagnie aeree e strutture cargo, amministrazione aeroportuale e strutture governative [5].

Escludendo le merci aviotrasportate, è il passeggero che gioca un ruolo centrale nella definizione della capacità landside, poiché gli altri elementi (ad es. visitatori, accessi da terra e parcheggi) sono tutti dettati dalle esigenze e dai requisiti delle attività dei passeggeri all'interno e all'esterno dell'aerostazione e dalle modalità di questa domanda [1,5].

2.2.1. Capacità dell'aerostazione passeggeri

Uno degli obiettivi più importanti nello sviluppo e nella pianificazione dell'aerostazione passeggeri è la fornitura di tutti i servizi necessari ad un costo ottimale, non dimenticando

la necessità di flessibilità ed espandibilità, nonché gli oneri economici per qualsiasi futura espansione dell'aerostazione [5].

La configurazione planimetrica delle aerostazioni è strettamente legata a quella dei piazzali di sosta aeromobili. Le principali tipologie sono presentate graficamente nella Fig. 2.7.

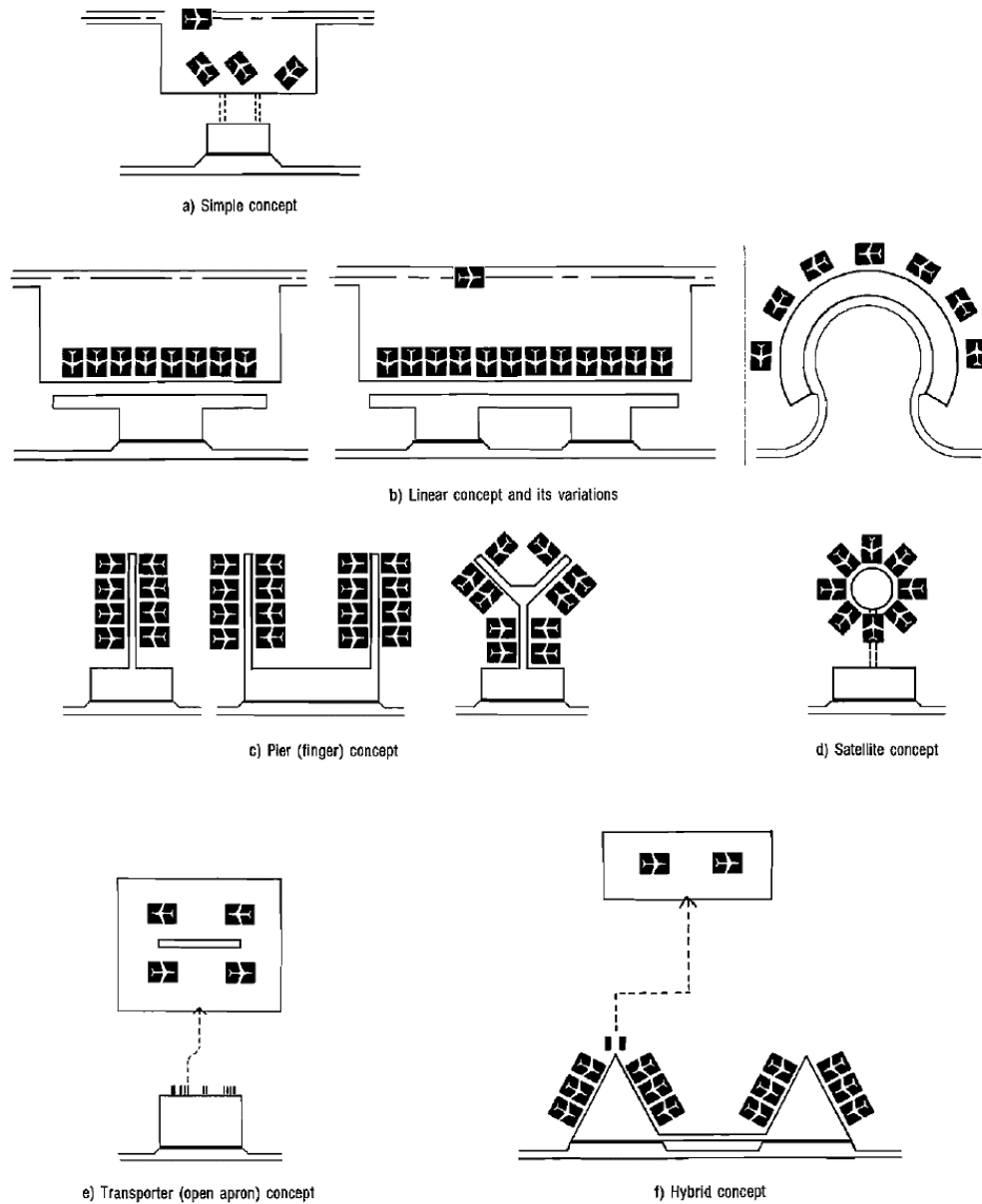


Figura 2.7. Principali tipologie di aerostazione passeggeri [5].

Le aerostazioni non sono semplici “strutture architettoniche”, vanno progettate considerando le loro funzioni all’interno del sistema del trasporto aereo e di quello aeroportuale.

La funzione principale è quella di interscambio tra differenti modalità di trasporto, ad esempio, da e per l'aeroporto si utilizzano: auto (private, a noleggio, taxi), treno, bus; all'interno dell'aeroporto ci si sposta a piedi, in treno, bus navetta; all'interno dell'aerostazione si seguono percorsi pedonali prestabiliti. Dunque, è necessario fornire i mezzi per i passeggeri che devono raggiungere o lasciare le proprie auto o mezzi di trasporto pubblico, parcheggi per auto e mezzi di trasporto pubblico, aree destinate alla circolazione dei passeggeri (passenger circulation areas).

Inoltre, all'interno dell'aerostazione si svolgono alcune attività o servizi strettamente collegati al trasporto aereo: emissione biglietti, check-in, separazione e ricongiungimento tra passeggeri e bagagli, controlli di sicurezza, fiscali, sanitari. Per svolgere tali attività sono necessari spazi in cui possono essere forniti tutti i servizi necessari per il comfort e l'assistenza dei passeggeri (passenger processing space).

Infine, bisogna tenere presente che i passeggeri in aria sono "spostati" in gruppi ma accedono o lasciano l'aerostazione in modo più "sparso". L'aerostazione ha quindi la funzione di accumulare i passeggeri in arrivo/partenza. Dunque, devono essere previsti spazi destinati all'attesa passeggeri (passenger holding space).

La chiave per raggiungere gli obiettivi di pianificazione è la semplicità. Nel contesto della pianificazione dei passeggeri, significa prevedere percorsi di flusso semplici e ovvi. La separazione delle funzioni è il principale aiuto al raggiungimento della semplicità. La Fig. 2.8 illustra ciascuna delle attività importanti presenti in un'aerostazione passeggeri e fornisce un'approssimazione delle varie interrelazioni.

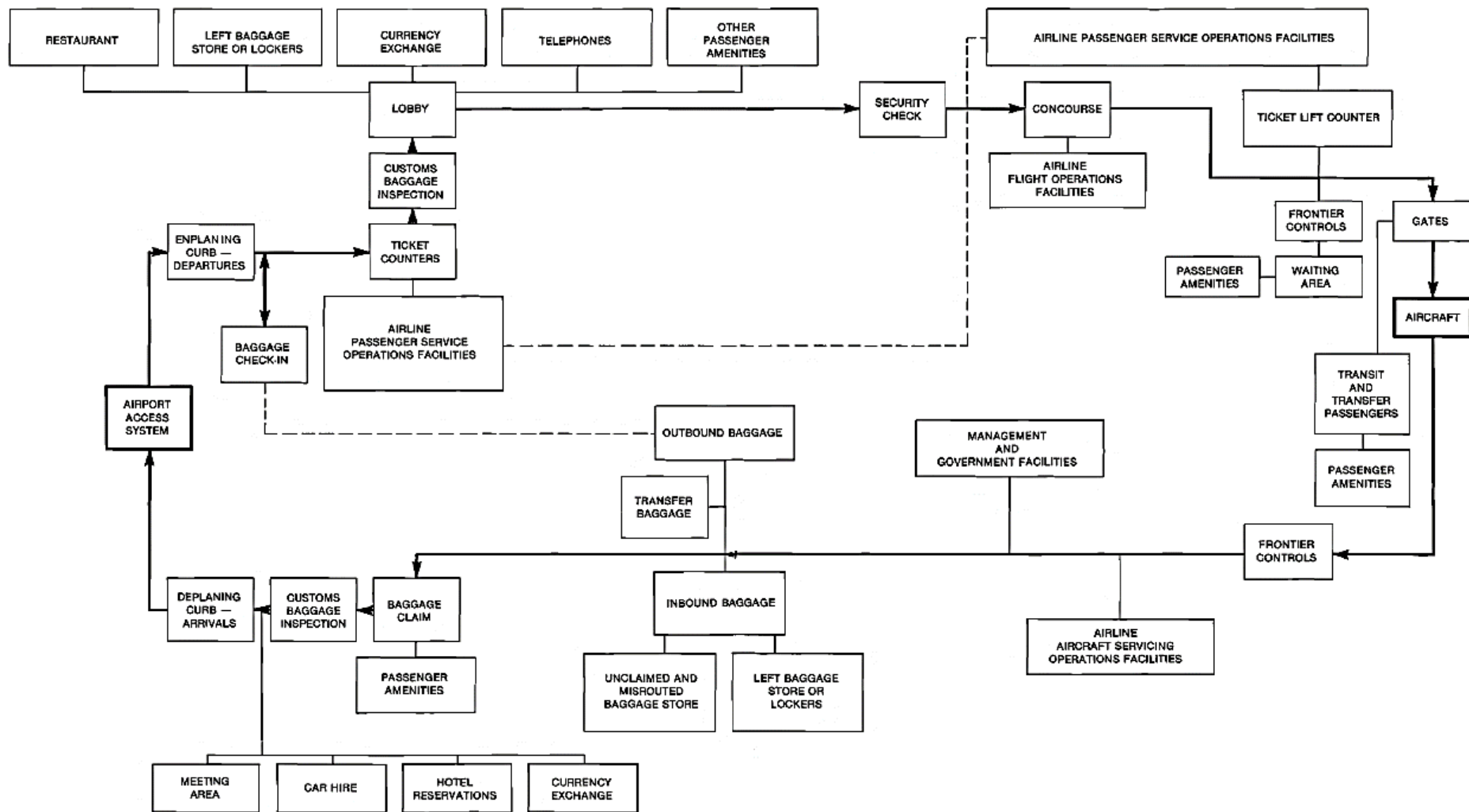


Figura 2.8. Principali attività presenti in un'aerostazione passeggeri [5].

Possiamo raggruppare le numerose attività presenti in quattro sottosistemi:

1. *Servizi essenziali per il trasporto aereo* (biglietterie, check-in e assegnazione dei posti, imbarco e riconsegna del bagaglio, controlli di sicurezza, fiscali e sanitari, in partenza e in arrivo);
2. *Circolazione e imbarco* sugli aeromobili (corridoi, scale mobili, ascensori, nastri, navette, rampe, passerelle, ponti mobili, autobus, scale mobili);
3. *Aree di attesa*: spazi di attesa landside (atrio arrivi e partenze), spazi di attesa airside (sale di attesa imbarchi), concessioni (bar, ristoranti, servizi bancari e di cambio, negozi e distributori automatici), servizi (bagni, nurseries, ufficio postale, telefonia ed internet), aree di osservazione e sale riunione (comprese ad esempio sale VIP);
4. *Attività di supporto* necessarie al funzionamento di tutti gli altri sottosistemi: uffici dell'Ente Gestore e del personale addetto alla sicurezza, gestione bagagli (sistemi di smistamento, magazzini), manutenzione (uffici e magazzini), impiantistica (centrale termica, elettrica), uffici compagnie aeree, aree di servizio per equipaggi, informazioni al pubblico e segnaletica.

Come visto, dunque, l'edificio dell'aerostazione passeggeri è un'infrastruttura complessa composta da molti sottosistemi funzionali e spazi diversi che dovrebbero soddisfare nel tempo la domanda di traffico attesa attraverso un adeguato processo di pianificazione generale.

Lo studio della capacità è comunemente utilizzato per valutare l'idoneità di ciascun sistema alla domanda di traffico. Anche in questo caso, la capacità è definita come *“l'abilità delle strutture e dei servizi dell'aeroporto di accogliere passeggeri, visitatori, merci, veicoli e aeromobili ad un livello di servizio predefinito”* [6]. Analogamente a quanto visto in precedenza per la capacità lato volo, quando la domanda di passeggeri nelle strutture dell'aerostazione aumenta fino a raggiungere una portata elevata per un periodo di tempo prolungato, la capacità viene raggiunta e la congestione e il ritardo aumentano notevolmente, indicando un deterioramento della qualità del servizio.

La domanda di traffico a cui fare riferimento per valutare la capacità di ciascun sottosistema può essere una delle seguenti: Typical Peak-Hour Passengers (TPHP) della FAA, Standard Busy Rate (SBR) della British Airports Authority o Busy Hour Rate della

International Air Transport Association, IATA (BHR, che è l'ora più trafficata del secondo giorno più trafficato della settimana media del mese più trafficato) [1].

Il TPHP è definito come il volume di traffico passeggeri dell'ora di punta del giorno medio nel mese di punta. Il suo valore è associato al 90° (o 95°) percentile dell'ora più trafficata dell'anno. Ciò significa che l'infrastruttura soddisferà il 90% o il 95% del traffico annuale con un livello di servizio predeterminato. Partendo dal volume annuo di passeggeri e moltiplicando per un coefficiente tabulato dalla FAA (Tabella 2.3) si ottiene la domanda di traffico nell'ora di punta [6].

Tabella 2.3. Peak Hour Factor per calcolare il TPHP come percentuale del traffico annuale.

Total annual passengers	TPHP as a percentage of annual flows
30 million and over	0.035
20,000,000 to 29,999,999	0.040
10,000,000 to 19,999,999	0.045
1,000,000 to 9,999,999	0.050
500,000 to 999,999	0.080
100,000 to 499,999	0.130
Under 100,000	0.200

Note: Values apply separately to domestic and international passengers at any given location.

In alternativa, per calcolare il Peak Hour Passenger (PHP) si può procedere nel seguente modo:

$$PHP = T_A \times F_M \times F_D \times F_{BD} \times F_{PH} \quad (2.9)$$

dove T_A è il volume di traffico annuale, F_M è il coefficiente per il mese di punta, ovvero il mese più trafficato dell'anno (Peak Month), F_D è il coefficiente per il giorno medio del mese di punta (Design Day), F_{BD} è il coefficiente per il giorno di punta della settimana media del mese di punta (Busy Day), F_{PH} è il coefficiente per l'ora di punta del giorno di punta (Peak Hour). I coefficienti possono essere assunti dal progettista osservando le variazioni dei dati storici di traffico o in base all'esperienza e al buon senso o tramite il confronto con casi reali.

Gli studi sulla capacità airside possono essere condotti con metodi empirici, analitici o software di simulazione. Per valutare la capacità landside, i metodi principali sono software di simulazione e manuali empirici.

I modelli di simulazione sono ampiamente utilizzati per modellare ogni sottosistema dell'aerostazione ma hanno lo svantaggio di essere dispendiosi sia in termini economici che di tempo, perciò vengono utilizzati nelle fasi avanzate di progetto, quando è richiesta un'elevata precisione di calcolo.

Tra i manuali empirici, ci sono pochi metodi generalmente accettati. I più utilizzati sono le linee guida della FAA e i manuali della IATA [6].

Dalla definizione di capacità si intuisce come sia strettamente connessa al livello di servizio. I livelli di servizio rappresentano un quadro guida per la progettazione di nuove strutture dell'aerostazione o per il monitoraggio del servizio operativo delle strutture esistenti. Fino alla nona edizione del manuale [2], la IATA definiva sei livelli di servizio (Tabella 2.4) [6].

Tabella 2.4. Livelli di Servizio IATA nella nona edizione del manuale [2] (tratta da [6]).

Level of Service	Flow	Passenger Comfort	Delays
A—Excellent	Free	Excellent	No delay
B—High	Stable	High	Very few
C—Good	Stable	Good	Acceptable
D—Adequate	Unstable	Adequate	Acceptable for short periods
E—Inadequate	Unstable	Inadequate	Unacceptable
F—Unacceptable	Cross-flows, system breakdowns	Unacceptable	Unacceptable

Per ogni livello di servizio, vengono proposte superfici minime pro-capite per i principali componenti funzionali dell'aerostazione. Come obiettivo minimo di progettazione è stato raccomandato il livello di servizio C, in quanto rappresenta il compromesso ottimale tra un buon servizio e un costo ragionevole.

Negli anni, però, i committenti hanno spinto i loro team di progettazione a creare aerostazioni in grado di fornire ai passeggeri un livello di servizio “A-eccellente”. Ciò ha portato a strutture sovradimensionate, che sono rimaste sostanzialmente vuote per la maggior parte della loro vita utile iniziale. Un altro problema delle precedenti edizioni del manuale IATA riguardava i tempi di attesa dei passeggeri; non vi era infatti alcun collegamento diretto con i livelli di servizio e ciò ha determinato l'errata applicazione dei tempi massimi di attesa assunti dalla stessa IATA [6].

Il tempo di permanenza è molto importante perché influisce sugli spazi necessari. Ad esempio, se ci sono 10 banchi check-in, in un'ora si riesce a servire un certo numero di passeggeri, ma se ce ne sono 5, nella stessa ora ne verranno serviti la metà, dunque lo

spazio a disposizione per l’attesa ai check-in nel secondo caso deve essere il doppio rispetto al caso precedente.

La decima edizione dell’Airport Development Reference Manual IATA si basa su un nuovo concetto di livello di servizio che mira a ottimizzare le spese e aumentare la velocità, la qualità e l’efficienza del servizio. Definisce i livelli di servizio analizzando sia lo spazio che i tempi di attesa nei vari sottosistemi e propone la classificazione riportata in Tabella 2.5 [6].

Tabella 2.5. Livelli di Servizio IATA nella decima edizione del manuale [7] (tratta da [6]).

LoS Parameters		SPACE		
		Over Design Excessive or Empty Space	Optimum Sufficient Space to Accommodate Necessary Function in a Comfortable Environment	Sub-Optimum Crowded and Uncomfortable
MAXIMUM WAITING TIME	Over design Over provision of resources	over design	optimum	sub-optimum
	Optimum Acceptable processing and waiting time	optimum	optimum	sub-optimum
	Sub-optimum Unacceptable processing and waiting time	sub-optimum	sub-optimum	under-provided Reconfigure

Note: green, yellow, orange, and red boxes refer to optimum, sub-optimum, over design and under-provided level of service, respectively.

Il livello Over Design identifica livelli di servizio elevati, con tempi di attesa molto limitati per i passeggeri nei vari processi di controllo e superfici sovradimensionate. Il livello Optimum indica un livello di servizio adeguato nei vari sottosistemi operativi. Corrisponde al “livello di servizio C” della precedente versione del Manuale ed è il nuovo target di progettazione. Il livello Sub Optimum non è auspicabile, in quanto associato ad aree sottodimensionate rispetto al flusso di passeggeri da servire, o con tempi di attesa superiori ai valori accettabili. Infine, il livello Under Provided indica una condizione in cui sono presenti spazi scomodi e affollati e tempi di elaborazione e attesa inaccettabili. Per ogni livello di servizio, il manuale elenca la gamma di superfici e tempi di attesa per adattare il livello di servizio dell’aerostazione alla domanda (Tabella 2.6) [6].

Tabella 2.6. Spazi e tempi di attesa per ciascun sottosistema e ciascun livello di servizio [7] (tratta da [6]).

LoS Guidelines	Space (m ² /pax)			Maximum Waiting Time Economy Class (Minutes)			Maximum Waiting Time Business/First Class/Fast Track (Minutes)			Other Guidelines and Remarks		
	Over Design	Optimum	Sub Optimum	Over Design	Optimum	Sub Optimum	Over Design	Optimum	Sub Optimum	Over Design	Optimum	Sub Optimum
Public departure hall	>2.3	2.0-2.3	<2.0		n/a			n/a				Optimum % of seated occupants: 15-20
Check-in	Self-service kiosks	>1.8	1.3-1.8	<1.3	<1	1-2	>2	<1	1-2	>2		
	Traditional check-in desks	>1.8	1.3-1.8	<1.3	<10	10-20	>20	Business class				
								<3	3-5	>5		
								First class				
		<1	1-3	>3								
Bag drop desks	>1.8	1.3-1.8	<1.3	<1	1-5	>5	<1	1-3	>3			
Security control	>1.2	1.0-1.2	<1.2	<5	5-10	>10	<1	1-3	>3		queue width 1.2 m	
Passport control	>1.2	1.0-1.2	<1.2	<5	5-10	>10	<1	1-3	>3		queue width 1.2 m	
Gate holdroom	Seating	>1.7	1.5-1.7	<1.5		n/a		n/a				Optimum % of seated occupants: 50-70
	Standing	>1.2	1.0-1.2	<1.0								
Immigration control	>1.2	1.0-1.2	<1.2	<5	5-10	>10	<1	1-5	>5		queue width 1.2 m	
Baggage reclaim	Narrow body aircraft	>1.7	1.5-1.7	<1.5	0	0/15 *	>15	0	0/15 *	>15		* The first value relates to "first passenger to first bag" i second value relates to "last bag on belt"
	Wide body aircraft	>1.7	1.5-1.7	<1.5	0	0/25 *	>25					
Custom Control	>1.8	1.3-1.8	<1.3	<1	1-5	>5	<1	1-5	>5			
Public arrival hall	>2.3	2.0-2.3	<2.0		n/a			n/a				Optimum % of seated occupants: 15-20

Ad esempio, per il calcolo del livello di servizio di ciascun sottosistema si può utilizzare la procedura esposta da Di Mascio et al. [6]. Il modello di calcolo proposto è uno strumento utile per definire le superfici e le strutture necessarie a garantire un livello di servizio ottimale a tutte le aree operative che compongono l'aerostazione passeggeri.

Al fine di determinare gli spazi e le attrezzature necessarie per ciascun sottosistema, è necessario stabilire, per i passeggeri nell'ora di punta, il tempo medio di presenza dei passeggeri, la percentuale di accompagnatori/visitatori, il tempo di elaborazione, la superficie pro capite, il tempo in coda, la percentuale di passeggeri con bagaglio, e il numero medio di passeggeri per volo [6].

Atrio Partenze

Durante il periodo di attesa prima di recarsi in area check-in o ai controlli di sicurezza, nel caso in cui il check-in sia già stato effettuato online, tutti i passeggeri e i loro accompagnatori si trovano nella sala partenze. L'Equazione (2.10) fornisce il numero di persone, P_D , nella sala partenze:

$$P_D = ((DPHP \times T_P)/60) + ((DPHP \times VR_D \times T_V)/60) \quad (2.10)$$

dove $DPHP$ sono i passeggeri in partenza nell'ora di punta (pax/h), T_P è il tempo di permanenza medio dei passeggeri nell'atrio partenze (min), VR_D è la il numero di accompagnatori per ciascun passeggero, T_V è il tempo di permanenza medio degli accompagnatori (min).

L'area necessaria per l'atrio partenze è data da:

$$A_1 = (P_D \times SR \times SP_S) + (P_D \times (1 - SR) \times SP_{ST}) \quad (2.11)$$

dove SR è la percentuale di persone sedute, SP_S è la superficie necessaria per una persona seduta, SP_{ST} è la superficie necessaria per una persona in piedi.

Nell'atrio partenze il flusso dei passeggeri in partenza inizia a separarsi: chi deve effettuare il check-in si recherà nell'apposita area e chi ha già effettuato il check-in online si recherà ai controlli di sicurezza [6].

Check-in

Il metodo prevede che in aerostazione il check-in possa essere effettuato utilizzando dei banchi self-service o dei banchi tradizionali. È inoltre prevista la presenza di passeggeri

che, avendo effettuato il check-in on line, utilizzano i banchi tradizionali solo per l'imbarco del bagaglio (*baggage drop*). Si definiscono quindi:

- *SSR* l'aliquota di passeggeri che utilizzano il self-service;
- *CR* l'aliquota di passeggeri che utilizzano il check-in tradizionale;
 - *BPR* l'aliquota di passeggeri che utilizzano il check-in tradizionale, e bypassano l'imbarco del bagaglio.

a) *Banchi Self-Service Check-in*

Il numero di postazioni per il self-service check-in (*SS*) può essere calcolato tramite la seguente equazione:

$$SS = \frac{DPHP \times PK \times SSR \times (PT_{SS}/60)}{30 + MQT} \times C_f \quad (2.12)$$

dove *PK* è il fattore dei 30 minuti di picco alle postazioni self-service (% del *DPHP*), *PT_{SS}* è il tempo di servizio per ciascun passeggero (in secondi), *MQT* è il tempo massimo in coda (in minuti) e *C_f* è un coefficiente correttivo che dipende dalla variabilità nella distribuzione degli arrivi dei passeggeri durante il periodo di punta e dal tempo massimo di attesa per l'elaborazione. Il numero massimo di passeggeri in coda può essere ottenuto come segue:

$$QMAX = Q_f \times DPHP \times PK \times SSR \quad (2.13)$$

dove *Q_f* è un coefficiente che dipende da *MQT*.

Infine, l'area necessaria per l'attività di self-service check-in è data da:

$$A_{2,1} = [(SS \times SS_a \times AA) + (QMAX \times SP)] \times (1 + CAF) \quad (2.14)$$

dove *SS_a* è l'area occupata da una singola postazione per il self-service, *AA* è un'area aggiuntiva per una singola postazione self-service, *SP* è lo spazio necessario per persona (m²/pax) e *CAF* è il coefficiente per l'area di circolazione (%) [6].

b) *Banchi Check-in tradizionale*

Il numero di banchi necessari per il check-in tradizionale è ottenuto dall'Equazione (2.15):

$$CD = (DPHP \times PK \times CR \times (PT_{CD}/60))/(30 + MQT) \quad (2.15)$$

dove PK è il fattore dei 30 minuti di picco ai banchi check-in tradizionali (% del DPHP), PT_{CD} è il tempo di servizio per ciascun passeggero (in secondi), MQT è il tempo massimo in coda al check-in tradizionale (in minuti).

Il massimo numero di passeggeri in coda è ottenuto da:

$$QMAX = DPHP \times PK \times CR \quad (2.16)$$

Mentre l'area necessaria per l'area check-in è data da:

$$A_{2,2} = (CD \times CD_d \times CD_w) + (QMAX \times SP) \quad (2.17)$$

dove CD_d è la profondità di un banco check-in, CD_w è la larghezza di un banco check-in, SP è la superficie per ciascun passeggero.

c) Banchi per imbarco bagaglio

L'Equazione (2.18) fornisce il numero di postazioni dedicate esclusivamente all'imbarco del bagaglio:

$$BD = (DPHP \times PK \times (1 - BPR) \times (PT_{BD}/60)) / (30 + MQT) \quad (2.18)$$

dove PT_{BD} è il tempo di servizio per ciascun passeggero (in secondi), MQT è il tempo massimo in coda (in minuti).

Il massimo numero di passeggeri in coda è ottenuto da:

$$QMAX = Q_f \times DPHP \times PK \times (1 - BPR) \quad (2.19)$$

Mentre l'area necessaria per il deposito bagagli è data da:

$$A_{2,3} = (BD \times BD_d \times BD_w) + (QMAX \times SP) + (BD \times BD_w \times W) \quad (2.20)$$

dove BD_d è la profondità di una postazione deposito bagagli compresa una distanza di cortesia tra i banchi e la coda (in m), BD_w è la larghezza di una postazione (in m), W è la larghezza del corridoio dietro i banchi [6].

Controlli di Sicurezza

Una volta effettuato il check-in, i passeggeri si recano ai controlli di sicurezza, dove arrivano con una distribuzione proporzionale al tempo impiegato per il check-in. La domanda nei 30 minuti di picco dipende dai passeggeri in partenza che arrivano dal

check-in (CD), dai passeggeri che arrivano dal deposito bagagli e dai passeggeri in partenza che hanno già effettuato il check-in online o self-service (Equazione (2.21)):

$$PK_{30} = (CD \times (60/PT_{CD}) \times 30) + (BD \times (60/PT_{BD}) \times 30) + (DPHP \times PK \times (1 - (CR + BR))) \quad (2.21)$$

dove PK_{30} è la domanda (numero di passeggeri) nei 30 minuti di picco ai controlli di sicurezza, BR è la percentuale di passeggeri che utilizzano il deposito bagagli.

Se ci sono molti banchi check-in, il flusso dei passeggeri è regolare e arriva "rapidamente" ai controlli di sicurezza, di conseguenza saranno necessari molti varchi per soddisfare la domanda. Al contrario, se i banchi check-in sono pochi, i passeggeri rimangono "bloccati", quindi la capacità del sottosistema si riduce e arrivano ai controlli di sicurezza in maniera "scaglionata". Il numero di varchi necessari per i controlli di sicurezza (SEC) è (Equazione (2.22)):

$$SEC = \frac{(PK_{30} \times (PT_{SEC}/60))}{30 + MQT} \times C_f \quad (2.22)$$

dove PT_{SEC} è il tempo di servizio per ciascun passeggero ai controlli di sicurezza (in secondi), MQT è il tempo massimo in coda (in minuti), C_f è un fattore correttivo.

L'Equazione (2.23) ci fornisce il numero massimo di persone in coda:

$$QMAX = PK_{30} \times Q_f \quad (2.23)$$

dove Q_f è un fattore correttivo.

L'area necessaria per i controlli di sicurezza è data da:

$$A_3 = (SEC \times SEC_d \times SEC_w) + (QMAX \times SP) + (SEC \times SEC_w \times W) \quad (2.24)$$

dove SEC_d è la profondità di un varco, SEC_w è la larghezza del varco, W è la larghezza dietro il varco.

Una volta effettuati i controlli di sicurezza, i passeggeri entrano in airside e, a seconda del tipo di volo su cui si imbarcano, si dirigeranno ai rispettivi sottosistemi funzionali. I passeggeri Schengen possono accedere alla sala imbarchi seguendo la segnaletica relativa al gate designato. I passeggeri Extra-Schengen dovranno effettuare un controllo del passaporto [6].

Controlli Passaporti

La domanda nei 30 minuti di picco, in questo caso, viene calcolata tramite l'Equazione (2.25).

$$PK_{30} = (CD \times (60/PT_{CD}) \times 30) + (BD \times (60/PT_{BD}) \times 30) + (DPHPes \times PK \times (1 - (CR + BR))) \quad (2.25)$$

dove $DPHPes$ sono i passeggeri Extra-Schengen nell'ora di punta. Il numero di desk necessari per il controllo passaporti è dato da:

$$PD = \frac{(PK_{30} \times (PT_{PD}/60))}{30 + MQT} \times C_f \quad (2.26)$$

dove PT_{PD} è il tempo di processamento per ciascun passeggero al controllo passaporti.

Il massimo numero di passeggeri in coda si ottiene:

$$QMAX = PK_{30} \times Q_f \quad (2.27)$$

L'area necessaria per il controllo passaporti è data da:

$$A_4 = (PD \times PD_d \times PD_w) + (QMAX \times SP) + (PD \times PD_w \times W) \quad (2.28)$$

dove W è la larghezza del corridoio dietro i desk.

Sala imbarchi Schengen/Extra-Schengen

I passeggeri dei voli Schengen, subito dopo aver effettuato i controlli di sicurezza, possono recarsi alla sala imbarchi prevista per il proprio volo. Il numero di gates per i voli Schengen può essere calcolato tramite l'Equazione (2.29).

$$G_s = \frac{DPHPs}{AVG\ LOAD} \times (T_{turn(s)}/60) \times C_f \quad (2.29)$$

dove $DPHPs$ sono i passeggeri Schengen nell'ora di punta, $AVG\ LOAD$ è il carico medio di un aeromobile (pax/mov), $T_{turn(s)}$ è il tempo di processamento di un volo, C_f è un coefficiente correttivo che tiene conto di ritardi o inconvenienti.

Calcolata l'area necessaria per i passeggeri seduti e i passeggeri in piedi tramite le equazioni (2.30) e (2.31), è possibile ottenere l'area totale necessaria tramite l'Equazione (2.32).

$$A_{S(s)} = G_s \times LF \times AS \times SR \times (1 + SRf) \times Gf \times S_s \quad (2.30)$$

$$A_{St(s)} = G_s \times LF \times AS \times (1 - SR) \times S_{St} \quad (2.31)$$

$$A_5 = (A_{S(s)} + A_{St(s)}) \times (1 + X) \quad (2.32)$$

dove LF è il fattore di carico dell'aeromobile (%), AS è il numero di posti offerto dall'aeromobile ($LF \times AS = AVG\ LOAD$), SR è la percentuale di persone sedute, SRf è un fattore correttivo per la percentuale di persone sedute, Gf è un fattore che tiene conto dell'apertura del gate, S_s è la superficie necessaria per una persona seduta, S_{St} è la superficie necessaria per una persona in piedi, X è una percentuale di superficie aggiuntiva rispetto alla superficie totale calcolata, per tenere conto delle operazioni di imbarco.

Per la sala imbarchi Extra-Schengen si procede esattamente allo stesso modo, considerando i passeggeri nell'ora di punta Extra-Schengen ($DPHPes$) e il tempo di processamento di un volo Extra-Schengen $T_{turn(es)}$.

I successivi sottosistemi appartengono alla sezione dell'aerostazione dedicata agli arrivi [6].

Ritiro bagagli

Si ipotizza che possano essere impiegati nastri di ritiro bagagli di lunghezza diversa per aeromobili narrow body (NB) e wide body (WB). La Fig. 2.9 mostra uno schema delle strutture di ritiro bagagli con il seguente significato degli acronimi: $CL_{NB/WB}$ è il lato del carosello per i passeggeri degli aeromobili NB o WB, C_w è la larghezza del carosello, SB è lo spazio laterale ed EB è lo spazio in estremità per consentire il movimento dei passeggeri attorno al nastro di recupero su entrambi i lati.

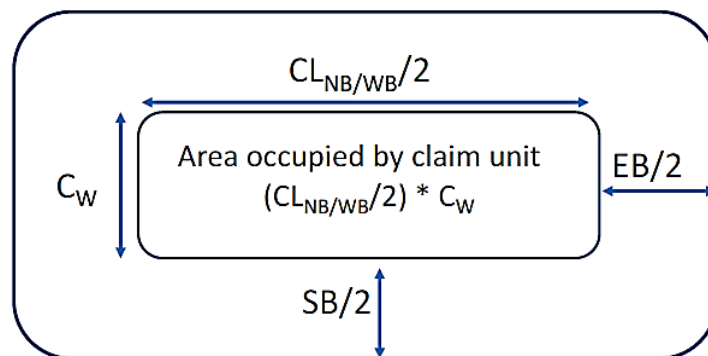


Figura 2.9. Schema del carosello per il ritiro dei bagagli [6].

La lunghezza laterale del carosello può essere calcolata tramite l'Equazione (2.33).

$$CL_{NB/WB} = PAX_{(NB/WB)(s/es)} \times SP \times PR_{s/es} \times RR_{s/es} \quad (2.33)$$

dove $PAX_{(NB/WB)(s/es)}$ è il numero di passeggeri NB/WB Schengen/Extra-Schengen nell'aeromobile di progetto, SP è la lunghezza del nastro per passeggero (in m), $PR_{s/es}$ è la percentuale di passeggeri Schengen/Extra-Schengen che ritirano il bagaglio, $RR_{s/es}$ è il tasso Schengen/Extra-Schengen di ricircolo.

Il numero di unità di caroselli per il ritiro bagagli è dato da:

$$BC_{(NB/WB)(s/es)} = \frac{(DPHP_{s/es} \times P_{NB/WB} \times OT_{(NB/WB)})}{(60 \times PAX_{(NB/WB)(s/es)})} \quad (2.34)$$

dove $DPHP_{s/es}$ sono i passeggeri Schengen/Extra-Schengen in arrivo nell'ora di punta (pax/h), $P_{NB/WB}$ è la percentuale di passeggeri in arrivo da NB/WB e $OT_{(NB/WB)}$ è il tempo medio di occupazione del carosello per NB/WB (in minuti).

L'area del carosello (AC) per gli aeromobili NB/WB e della sala per il ritiro bagagli Schengen/Extra-Schengen (A_6) sono ottenute dalle seguenti equazioni:

$$AC_{(NB/WB)} = (C_W + SB) \times ((CL_{(NB/WB)(s/es)}/2) + EB) \quad (2.35)$$

$$A_{6(s/es)} = (BC_{NB} \times AC_{NB}) + (BC_{WB} \times AC_{WB}) \quad (2.36)$$

Controllo passaporti arrivi

Nel modello di aerostazione adottato in [6], dopo aver ritirato i bagagli, i passeggeri Extra-Schengen effettuano il controllo passaporti, mentre i passeggeri Schengen possono recarsi direttamente nell'atrio arrivi. Per dimensionare la sala di controllo passaporti, il primo passo è calcolare il numero di banchi di controllo passaporti (PC) secondo l'Equazione (2.37):

$$PC = ((DPHP_{es} \times PK \times (PT/60))/(30 + MQT)) \times C_f \quad (2.37)$$

dove PT è il tempo di processamento per ciascun passeggero (in secondi).

Il numero massimo di passeggeri in coda è dato da:

$$QMAX = DPHP_{es} \times PK \times Q_f \quad (2.38)$$

L'area necessaria per il controllo passaporti agli arrivi è data da:

$$A_7 = (PC \times PC_d \times PC_w) + (QMAX \times SP) + (PC \times PC_w \times W) \quad (2.39)$$

dove W è la larghezza del corridoio dietro i banchi [6].

Controllo doganale

Il controllo doganale sui beni importati da paesi Extra-Schengen viene effettuato dopo la consegna del bagaglio.

L'equazione (2.40) fornisce il numero di punti di ispezione primarie (PI):

$$PI = ((DPHPes \times PK \times (PT_{PI}/60))/(30 + MQT)) \times C_f \quad (2.40)$$

dove PT_{PI} è il tempo di processamento per passeggero all'ispezione (in secondi).

Il numero massimo di passeggeri in attesa in coda all'ispezione primaria è dato dall'Equazione (2.41):

$$QMAX_{PI} = DPHPes \times PK \times Q_f \quad (2.41)$$

L'area necessaria per le strutture di ispezione è data da:

$$A_{PI} = (PI \times PI_d \times PI_w) + (QMAX_{PI} \times SP) + (PI \times PI_w \times W) \quad (2.42)$$

dove PI_d è la profondità di una corsia di ispezione e PI_w è la lunghezza di una corsia di ispezione (in m).

Il numero di unità a raggi X (XR) è ottenuto da:

$$XR = \frac{(DPHPes \times PK \times IR \times (PT_{XR}/60))}{(30 + MQT_{XR})} \times C_f \quad (2.43)$$

dove IR è la percentuale di passeggeri che deve essere ispezionata.

Il numero massimo di passeggeri in attesa in coda per le unità raggi X è dato da:

$$QMAX_{XR} = DPHPes \times PK \times IR \times Q_f \quad (2.44)$$

Infine, l'area necessaria per le strutture raggi X è ottenuta dall'Equazione (2.45):

$$A_{XR} = (XR \times XR_d \times XR_w) + (QMAX_{PI/XR} \times SP) + (XR \times XR_w \times W) \quad (2.45)$$

dove W è la larghezza del corridoio prima/dietro i banchi al controllo (in m) [6].

Atrio Arrivi

L'ultimo sottosistema funzionale in un'aerostazione dell'aeroporto è la sala arrivi. La sua area richiesta è calcolata secondo l'Equazione (2.46):

$$A_8 = (P_A \times SR \times SP_S) + (P_A \times (1 - SR) \times SP_{ST}) \quad (2.46)$$

dove P_A è il numero di persone presenti nell'atrio arrivi calcolato tramite l'Equazione (2.47):

$$P_A = ((DPHP \times T_p)/60) + ((DPHP \times VR_A \times T_v)/60) \quad (2.47)$$

dove $DPHP$ sono i passeggeri in arrivo nell'ora di punta, T_p è il tempo di permanenza medio dei passeggeri nell'atrio arrivi, VR_A è la percentuale di accompagnatori per ciascun passeggero, T_v è il tempo di permanenza medio degli accompagnatori, SR è la percentuale di passeggeri seduti, $SP_{S/ST}$ è la superficie necessaria per persone sedute/in piedi (m^2/pax) [6].

2.2.2. Capacità del sistema di accessi*Marciapiede lungo la facciata dell'aerostazione per la sosta rapida*

Il marciapiede lungo la facciata dell'aerostazione per la sosta rapida dei mezzi è una struttura speciale che essenzialmente elabora passeggeri e visitatori che arrivano con i mezzi di trasporto terrestri per entrare e uscire dall'aerostazione. Questa struttura ha requisiti particolari per l'analisi domanda/capacità principalmente correlati ai mezzi/veicoli utilizzati dai visitatori/passeggeri, non alle persone che entrano ed escono dall'aerostazione.

La domanda e i fattori operativi che influenzano capacità–livello di servizio sono descritti nella Tabella 2.7.

Tabella 2.7. Domanda e fattori operativi che influenzano capacità–livello di servizio del marciapiede lungo la facciata dell'aerostazione per la sosta breve dei mezzi [1].

Factor	Description
Available frontage	Length of curb frontage modified by presence of obstructions and assigned uses (e.g., airport limousines only, taxi only); separation of departure and arrival curbs
Frontage roads and pedestrian paths	Number of traffic lanes feeding into and from frontage area; pedestrian crossing vehicle traffic lanes
Management policy	Stopping and dwell regulations, enforcement practices; commercial access control; public transport dispatching
Passenger characteristics and motor vehicle fleet mix	Passenger choices of ground transport mode; average occupancy of vehicles; dwell times at curb frontage; passenger patterns of arrival before scheduled flight departure; baggage loads
Flight schedule	Basic determinant of number of people arriving and departing at given time in a given area

Le due variabili più importanti nella determinazione della capacità del marciapiede sono il tempo di sosta del veicolo, il tempo necessario per il carico e lo scarico dei passeggeri, e la lunghezza disponibile lungo l'aerostazione. Il tempo di sosta del veicolo dipende in gran parte dal tipo di veicolo, dalle persone a bordo e dal carico di bagagli dei passeggeri, ma varia anche con le politiche aeroportuali sulla gestione del marciapiede dell'aerostazione.

Tale struttura è unica in quanto ha una funzione intermodale in cui i passeggeri si interfacciano tra la modalità a piedi e la modalità veicolo. Pertanto, non si applicano i livelli di servizio stabiliti dalla IATA (Tabella 2.1). In questo caso, infatti, la struttura è più vicina al sistema di capacità, livello di servizio, autostradale che al sistema di capacità aeroportuale della IATA. Dunque, l'approccio adottato per il calcolo della capacità–livello di servizio è tratto dall'Highway Capacity Manual.

Secondo l'approccio dell'HCM, il livello di servizio per diversi livelli di domanda (volumi di traffico che necessitano di utilizzare il marciapiede) è correlato alla lunghezza del marciapiede. In questo caso specifico, il livello di servizio riflette la possibilità dei conducenti di trovare e occupare uno spazio libero sul marciapiede per brevi periodi, o altrimenti di dover parcheggiare in doppia fila per caricare e scaricare i passeggeri.

La Fig. 2.10 mostra le curve di capacità del marciapiede, in cui compaiono la domanda di arrivo/partenza dei passeggeri nell'ora di punta, il livello di servizio corrispondente (da A a E) e le lunghezze di marciapiede risultanti [1].

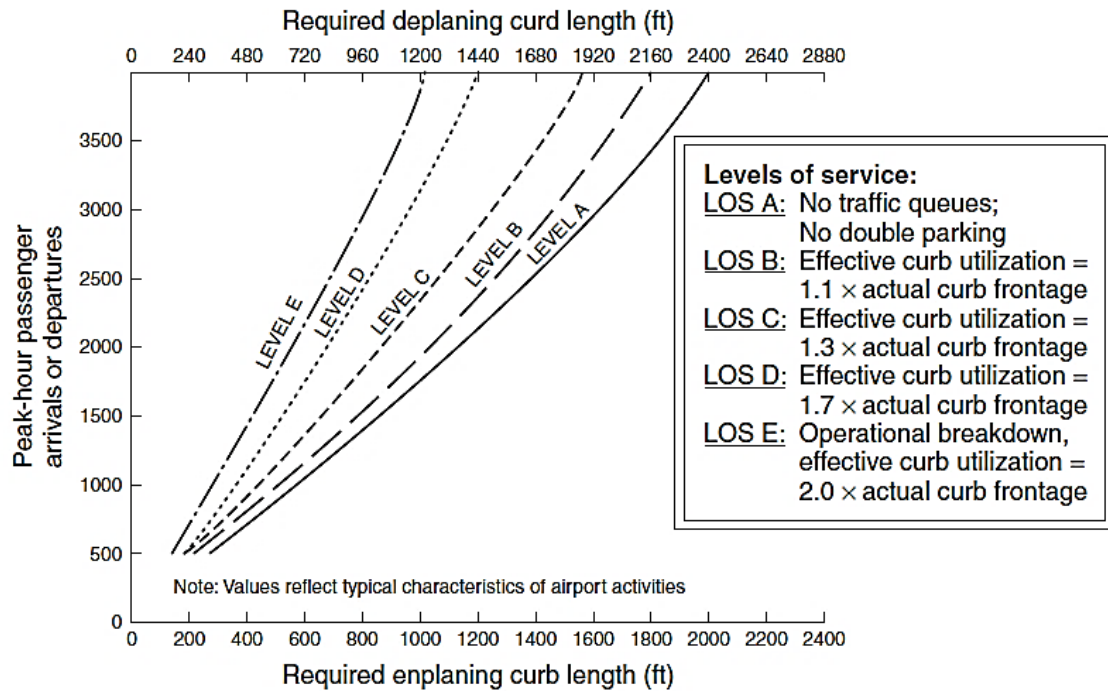


Figura 2.10. Lunghezza del marciapiede lungo l'aerostazione in base alla domanda di traffico e al livello di servizio [1].

Parcheggio

I parcheggi aeroportuali possono essere di diverse tipologie, ad esempio possono essere costituiti da parcheggi a raso e/o multipiano, oppure possono essere per soste brevi o lunghe. Anche l'ubicazione e le tariffe di parcheggio sono diverse:

- Il parcheggio per soste brevi si trova più vicino all'edificio dell'aerostazione e viene impiegato dagli automobilisti che lasciano o prelevano i viaggiatori. Normalmente, i passeggeri rimangono meno di 3 ore e ha le tariffe di parcheggio più alte;
- Il parcheggio per soste lunghe viene impiegato dai passeggeri che lasciano la propria auto in aeroporto durante il viaggio e rappresenta la maggior parte dei parcheggi negli aeroporti. I parcheggi utilizzati per soste lunghe, sono normalmente situati più lontano dall'edificio dell'aerostazione. Spesso, dunque, l'aeroporto fornisce bus navetta o people mover per il trasporto di passeggeri da/per l'aerostazione. Le tariffe di parcheggio per queste strutture sono le più basse e di solito i passeggeri lasciano qui le loro auto per diversi giorni.

I fattori che influenzano la capacità dei parcheggi per l'accesso e l'uscita dall'aeroporto sono elencati nella Tabella 2.8.

Tabella 2.8. Fattori che influenzano la capacità dei parcheggi [1]

Factor	Description
Access (Enplaning)	A function of distance from terminal area; systems for reaching terminal;
1. Available space	parking pricing structure; and availability of weather-protected waiting and walking areas
2. Access times	Total time, including search for space; wait; and travel from remote locations
3. Passenger characteristics	Percentage of people driving to airport; automobile occupancy; visitor-passenger ratio; length of stay in terminal
4. Pricing structure	Have to be well designed as higher fees may suppress demand or divert some to lower cost lots
5. Flight schedule	Basic determinant of people arriving at parking areas
Egress (Deplaning)	Total time, including search for space; wait; and travel from remote locations
1. Access time	
2. Passenger characteristics	Percentage of people driving to airport; automobile occupancy; length of stay in terminal
3. Exit position and employee efficiency	Number and direction to exits; service times to exit
4. Flight schedule and load	Basic determinant of people arriving at parking areas

L'andamento della domanda di parcheggio è caratterizzato dall'accumulo di veicoli parcheggiati che viene misurato sia dalla durata del parcheggio che dal numero di posti auto occupati. Tale domanda è direttamente influenzata dagli orari di arrivo dei passeggeri in aeroporto, dal tipo di passeggero e dallo scopo del viaggio, ed è particolarmente sensibile al costo del parcheggio. La capacità di parcheggio effettiva può quindi essere gestita modificando i prezzi per i diversi tipi di parcheggi aeroportuali e la loro ubicazione.

Le esigenze di spazi per il parcheggio sono determinate principalmente dalla domanda di parcheggio a lungo termine, in quanto ha il più alto tasso di spazio-ore, mentre il parcheggio per soste brevi ha tassi di rotazione più elevati e quindi ha conteggi di movimenti di entrata/uscita più elevati. Un equilibrio tra la fornitura di parcheggi a breve e lungo termine è fondamentale per la stima della capacità ed è influenzato da fattori relativi alle caratteristiche dei passeggeri (affari e tempo libero), alle tariffe di parcheggio e alla distanza (e tempo) effettiva per raggiungere l'aerostazione.

Secondo la FAA, la domanda di parcheggio in aeroporto è più significativa quando si basa solo sui passeggeri di origine/destinazione poiché i passeggeri in trasferimento non lasciano nemmeno l'edificio dell'aerostazione. Utilizzando modelli matematici e osservazioni accurate delle operazioni di parcheggio in diversi aeroporti statunitensi, sono state sviluppate curve di capacità di parcheggio in aeroporto, come illustrato nella Fig. 2.11 [1].

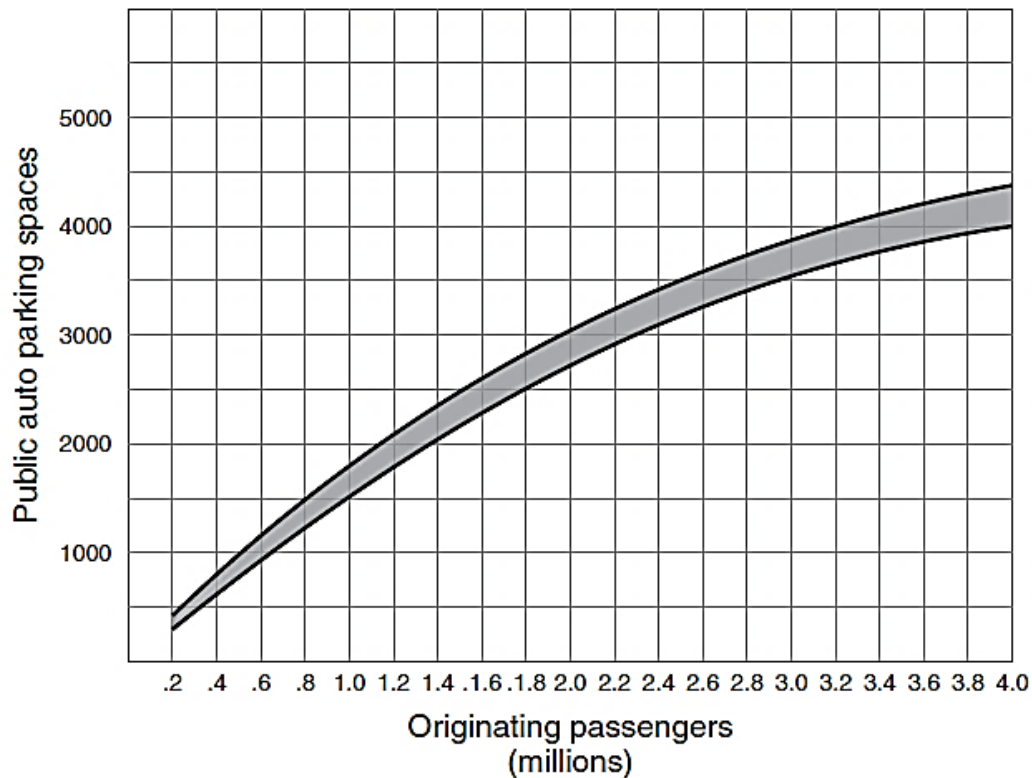


Figura 2.11. Curve di capacità di parcheggio in aeroporto [1].

Accessi da terra

Le modalità di accesso all'aerostazione dell'aeroporto possono essere diverse, ad esempio ferrovia, metropolitana, autobus, automobile, ma le strade sono le strutture di accesso principali. Oltre che per prelevare e lasciare i passeggeri e i loro visitatori, l'accesso all'aeroporto viene utilizzato anche da dipendenti aeroportuali, compagnie di trasporto aereo di merci, pacchi e spedizioni esprese, società di servizi aeroportuali, concessionari.

I principali fattori che influenzano la capacità e il livello di servizio sono riassunti nella Tabella 2.9. Tali fattori si concentrano sulla valutazione del servizio fornito tra l'area di parcheggio dell'aerostazione e l'interscambio che collega l'aeroporto con la rete di trasporto territoriale.

Tabella 2.9. Fattori che influenzano la capacità delle modalità di accesso da terra [1].

Factor	Description
Available modes and prices	Connection from various parts of the metropolitan area served, considering prices, comfort, and convenience, particularly with respect to baggage and required vehicle changes
Access times	Total time, including wait for vehicles or access and travel from representative locations
Passenger characteristics	Fraction choosing each travel mode, vehicle occupancy, number of people accompanying passenger, other visitors, baggage loads, share of origin/destination passengers
Vehicle operator behavior	Fraction going directly to curb or to parking, weaving, curb dwell time, knowledge of traffic pattern
Flight schedule and load	Basic determinant of capacity, referring to the number of people using ground access modes and facilities
Facilities and background traffic conditions	Highway and transit routes, interchanges; levels of traffic on facility heading for destinations other than airport; availability of alternative check-in options including remote facilities

La domanda di accesso all'aeroporto è determinata principalmente dalle modalità di viaggio selezionate da tutti coloro che devono raggiungere l'aeroporto (passeggeri, visitatori, altri membri della popolazione aeroportuale e delle imprese). Per passeggeri e visitatori, l'accesso a terra è determinato principalmente dall'orario dei voli, dagli arrivi e dalle partenze.

Per la valutazione della capacità e del livello di servizio per autostrade e strade si fa riferimento alle indicazioni riportate nell'Highway Capacity Manual, in cui vengono utilizzati sei livelli di servizio.

La valutazione della domanda di traffico, per la successiva analisi domanda-capacità, invece, viene condotta stimando i viaggi su ciascun collegamento dei veicoli dei passeggeri/visitatori in arrivo/partenza, dipendenti aeroportuali, veicoli di servizio aeroportuali, taxi (vuoti e pieni), veicoli del trasporto pubblico e camion per il trasporto merci. I volumi, così valutati, vengono quindi confrontati con i volumi orari nell'ambito del livello di servizio designato, per determinare a quale livello di servizio operano le strutture di accesso all'aeroporto. Per maggiori dettagli sui calcoli, si rimanda all'Highway Capacity Manual [1, 8].

La FAA e la Federal Highway Administration hanno pubblicato un documento di orientamento per la pianificazione degli accessi agli aeroporti che utilizza la capacità-livello di servizio delle strutture come indicatore delle prestazioni, utile ai pianificatori per valutare il funzionamento e valutare miglioramenti ed espansioni. Ad esempio, il volume orario medio (espresso come veicoli equivalenti a un'autovettura (PCE) per ora per corsia), operante nei livelli di servizio C/D, viene utilizzato per la progettazione e la valutazione della capacità delle strutture elencate in Tabella 2.10 [1].

Tabella 2.10. Volume orario medio per la valutazione della capacità di differenti strutture [1].

Roadway facility	Average hourly volume, (PCE/hr/lane)
Main-access and feeder freeways with controlled access and no signalization	1000–1600
Ramp to and from main-access freeways, single lane	900–1200
Principal network arterial with two-way traffic, some cross streets	900–1600
Main access road with signalized intersection	700–1000
Service road	600–1200

Bibliografia

- [1] Ashford N. J., Mumayiz S. and Wright P. H., Airport Engineering, Planning, Design, and Development of 21st Century Airports, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2011.
- [2] International Air Transport. Association, Airport Development Reference Manual, 9th ed.; IATA: Montreal, QC, Canada, 2004.
- [3] Horonjeff R., McKelvey F. X., Sproule W. J. and Young S. B., Planning and Design of Airports, 5th ed., McGraw-Hill, New York, N.Y., 2010.
- [4] Federal Aviation Administration, Airport Capacity and Delay Advisory Circular AC 150/5060-5, FAA: Washington, DC, 1983.
- [5] International Civil Aviation Organization, Airport Planning Manual, Part 1, Master Planning, 2d ed., Montreal, 1987.
- [6] Di Mascio P., Moretti L. and Piacitelli M., Airport Landside Sustainable Capacity and Level of Service of Terminal Functional Subsystems, Sustainability 12, 8784, 2020.
- [7] International Air Transport. Association, Airport Development Reference Manual, 10th ed.; IATA: Montreal, QC, Canada, 2014.
- [8] <https://www.trb.org/Main/Blurbs/164718.aspx>, consultato in data 13/04/2022

3. L' Aeroporto Internazionale di Ancona

L' Aeroporto Internazionale di Ancona, precedentemente noto come Aeroporto di Ancona-Falconara, o anche Aeroporto delle Marche, è situato a 18 km dal centro della città di Ancona, precisamente a Castelferretti, frazione del comune di Falconara Marittima. È intitolato a Raffaello Sanzio, il celebre pittore marchigiano.

Durante la Prima Guerra Mondiale, nei primi mesi del 1916 fu costruito, ad Aspio, il primo aeroporto militare della città di Ancona. Per l'intero anno solare del 1917, funzionò anche una base d'idrovolanti, che era dislocata nel porto, e più precisamente presso l'attuale Scalo Molo Luigi Rizzo [1]. Al termine della Prima Guerra Mondiale, l'aeroporto militare fu adibito anche a scopi civili, ma risultò insufficiente per le esigenze della città.

Dopo che papa Benedetto XV, nel 1920, dichiarò la Madonna di Loreto patrona dell'aviazione, nel 1923 fu costruito un aeroporto a Loreto, dal 1929 al 1931 Loreto fu scalo dei voli di linea della Transadriatica tra Venezia e Brindisi. Presto anche questo aeroporto fu considerato inadeguato per le esigenze di Ancona.

Dunque, il 30 ottobre 1932 fu ufficialmente inaugurato l'aeroporto di Falconara situato in località "contrada Fiumesino", sostituendo quello di Loreto. Nel 1936 fu istituita a Falconara anche una scuola di volo militare.

Durante la Seconda Guerra Mondiale l'aeroporto fu adibito a soli scopi militari, venne notevolmente ampliato e fu interessato da una intensa attività bellica.

Nel 1950 fu previsto di adibire l'aeroporto a base NATO e per questo motivo la pista fu sottoposta a grandi lavori di adeguamento. Decaduto il progetto della base NATO per Falconara rimase lo status di aeroporto militare aperto al traffico civile. La presenza militare, però, rallentò i lavori di ripristino aeroportuali, al punto che ancora nel 1962 l'aerostazione civile aveva ancora strutture provvisorie e inadeguate.

Nel 1965 la Provincia di Ancona, insieme ad altri Enti, costruirono una nuova aerostazione completa di uffici e di alcuni servizi e il 5 febbraio 1968 costituirono l'Aerodora S.r.l. con lo scopo di promuovere il traffico aeroportuale, di provvedere alla gestione dei servizi, di progettare e costruire un aeroporto ampliato per soddisfare le aumentate esigenze di trasporto aereo civile. I lavori iniziati nel 1977 portarono

all'inaugurazione dell'aeroporto civile, intitolato a "Raffaello Sanzio", nei pressi di Castelferretti, il 16 luglio 1981.

Una vasta opera di ammodernamento si è conclusa nel giugno 2004 con l'inaugurazione della nuova aerostazione.

Fino al 2021, l'aeroporto era gestito dalla società Aerdorica SpA, con capitale sociale per circa l'80% della Regione Marche. La società di gestione ha ottenuto, in data 12. 11. 2009, l'affidamento della gestione totale sulla base del Programma di Intervento presentato per il periodo 2008-2043 e prolungato al 2050 a seguito della pandemia da Covid-19. Dal giugno del 2021, nella gestione dell'aeroporto, all'Aerdorica è subentrata l'Ancona International Airport SpA (AIA). A ciò si è aggiunto il cambio di nome dello scalo, ora denominato ufficialmente "Ancona International Airport - Raffaello Sanzio".

Il numero di passeggeri dello scalo anconetano, a partire dagli anni 2000, si è attestato sui 400.000-600.000. Nel 2020-2021 ha registrato meno di 200.000 passeggeri a causa della pandemia da Covid-19; del resto, questa diminuzione è stata comune a tutti gli aeroporti italiani. Nel decennio 2011-2021 l'Aeroporto Internazionale di Ancona ha oscillato tra la venticinquesima e la ventisettesima posizione italiana per traffico passeggeri.

Per quanto riguarda il settore merci, volano regolarmente DHL Aviation e Star Air e nel decennio 2011-2021 l'Aeroporto Internazionale di Ancona ha oscillato tra la nona e l'undicesima posizione italiana per traffico merci [2].

3.1. Inquadramento generale

L'Aeroporto Internazionale di Ancona è sito circa 18 km ad ovest della città e ricade, per gran parte, nel Comune di Falconara Marittima; la restante parte del sedime si sviluppa nel Comune di Chiaravalle.

Il sedime aeroportuale ha una superficie di 194 Ha, comprensiva dell'area precedentemente in uso all'Amministrazione Militare e rimessa nella disposizione dell'ENAC.

Il sedime dista 18,8 km dal Comune di Ancona, 5,1 km da Chiaravalle, 11,8 km da Montemarciano, 4,8 km da Camerata Picena, 15,3 km da Jesi e 24,5 km da Senigallia.

Circa le infrastrutture di collegamento viario, l'aeroporto è servito da importanti arterie di collegamento della costa adriatica, che assicurano l'accessibilità alle provenienze ed

alle destinazioni regionali ed extra-regionali. L'Autostrada A14 Bologna-Taranto e la S.S. 16 lo collegano sulla direttrice nord-sud, mentre la S.S. 76 lo colloca lungo la direttrice ovest-est.

In particolare, l'Aerostazione è raggiungibile attraverso le uscite Ancona Nord della A14 (2,5 km) ed aeroporto della S.S. 76 (1,7 km).

Per quanto riguarda la viabilità locale, l'aeroporto è raggiungibile attraverso la S.P. 33 di Castelferretti, frazione di Falconara Marittima in cui esso ricade.

Tutte le vie di accesso si attestano a sud-ovest del sedime, in corrispondenza dell'aerostazione. Lungo il perimetro, il sedime è circondato da via Fossatello, via Caserme e via Aeroporto. A sud dell'asse della pista e parallelamente ad essa, corrono la linea ferroviaria e via del Consorzio.

A circa 200 metri dall'Aerostazione, si trova la stazione ferroviaria di Castelferretti, posta sulla linea Ancona-Roma e servita da treni Regionali operati da Trenitalia SpA, che la collegano principalmente a Fabriano e Ancona.

Nell'ambito del Piano Paesistico Ambientale Regionale (PPAR), l'area a nord del sedime aeroportuale (rispetto all'asse della pista) è caratterizzata da una fascia ricadente negli ambiti di tutela transitoria e permanente. Tale fascia è coassiale al corso del fiume Esino. Vi sono poi alcuni canali in prossimità dell'aeroporto, a nord, ovest e sud rispetto all'asse della pista, anch'essi segnati da tutela integrale dei corsi d'acqua.

Il PPAR individua, inoltre, tre centri o nuclei storici: Falconara Alta, Castelferretti e Fiumesino. Dei tre, il centro abitato di Castelferretti è posto in prossimità dell'aeroporto, al di là della linea ferroviaria.

Gli usi prevalenti nell'immediato intorno dell'aeroporto – nel perimetro sud-ovest, nord, nord-ovest – sono costituiti da aree a carattere agricolo. A sud-est, ovvero parallelamente all'asse della pista ed al di là della direttrice ferroviaria, si sviluppano le aree industriale ed urbana di Castelferretti.

La Fig. 3.1 mostra una foto satellitare dell'area circostante il sedime aeroportuale.



Figura 3.1. Foto satellite Aeroporto Internazionale di Ancona.

3.2. Descrizione del sistema airside

L'Aeroporto Internazionale di Ancona presenta una configurazione di base a pista singola. L'attuale pista di volo, con orientamento 04/22, ha una lunghezza di 2.965 m ed una larghezza di 45 m. Per entrambe le direzioni di pista sono inoltre presenti le superfici di sicurezza riportate in tabella:

Tabella 3.1. Superfici di sicurezza.

Designazione Runway (RWY)	Dimensioni Clearway (CWY)	Dimensioni della strip	Dimensioni RESA
04	30 x 150	3085 x 300	90 x 90
22	60 x 150	3085 x 300	116 x 90

La clearway è un'area rettangolare, su terra o su acqua, posta sul prolungamento della pista di volo, al di sopra della quale un velivolo può eseguire parte del decollo fino ad una altezza specificata di circa 10.4 m. La Stopway (SWY) è un'area rettangolare posta oltre la fine della pista, sulla quale un aeromobile può essere arrestato in sicurezza nel caso di decollo interrotto (prolungamento libero da ostacoli).

La striscia di sicurezza della pista (Runway Strip) ha lo scopo di ridurre il rischio di danni ad aeromobili che escano di pista o in volo sopra essa durante atterraggi e decolli. La superficie della strip deve possedere specifici requisiti di pendenza (longitudinale e trasversale) e di portanza e deve essere priva di ostacoli, a eccezione di alcuni aiuti

necessari alla navigazione aerea e debitamente autorizzati. La parte di strip più vicina alla pista è detta Cleared and Graded Area (CGA).

Indipendentemente dalle altre superfici di sicurezza, la pista deve essere munita di un'ulteriore area di sicurezza: l'area di sicurezza di fine pista (Runway End Safety Area - RESA). Questa ha lo scopo di ridurre il rischio di danni agli aeromobili (e quindi ai loro occupanti) che dovessero arrivare troppo corti in atterraggio o uscire di pista in decollo o in atterraggio. Tale area, deve essere presente presso entrambe le estremità della strip.

Nella Fig. 3.5 (Aerodrome Chart ICAO) sono chiaramente indicate le superfici di sicurezza relative all'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Le banchine (Runway Shoulders): servono per proteggere i motori che, a causa di venti trasversali, possono sporgere al di fuori dal bordo pista con il rischio di erodere con il loro getto la superficie adiacente alla pista stessa. Ciò può causare polveri e la possibile ingestione di detriti da parte dei motori. La RWY dell'Aeroporto Internazionale di Ancona presenta due fasce antipolvere laterali di 7,5 m ciascuna.

Le distanze dichiarate nella configurazione attuale, pubblicate nell'Aeronautical Information Publications (AIP) sono le seguenti:

Tabella 3.2. Distanze dichiarate.

Runway (RWY)	TORA	TODA	ASDA	LDA
04	2965	2995	2965	2768
22	2965	3025	2965	2810

Per TORA si intende Take-Off Run Available, cioè la lunghezza di pista dichiarata disponibile e idonea per la corsa al suolo di un velivolo in decollo. La TODA (Take-Off Distance Available) è la distanza totale disponibile per il decollo, dunque può essere data da TORA+CWY quando quest'ultima è presente. L'ASDA (Accelerate-Stop Distance Available) è la distanza disponibile per accelerazione-arresto, è importante per le manovre di decollo interrotto. Dunque, può essere ottenuta considerando TORA+SWY, se presente. Infine, la LDA (Landing Distance Available) è la lunghezza di pista dichiarata disponibile e idonea per la corsa al suolo di un velivolo in atterraggio.

Nella Fig. 3.5 sono indicate le misure delle superfici di sicurezza utili per ottenere i valori delle distanze dichiarate.

La pavimentazione della RWY è di tipo flessibile, in conglomerato bituminoso, con un PCN medio ponderato di 66 F/C/X/T, ad eccezione delle testate realizzate in calcestruzzo (Fig. 3.2). La pendenza è pari allo 0,2%.

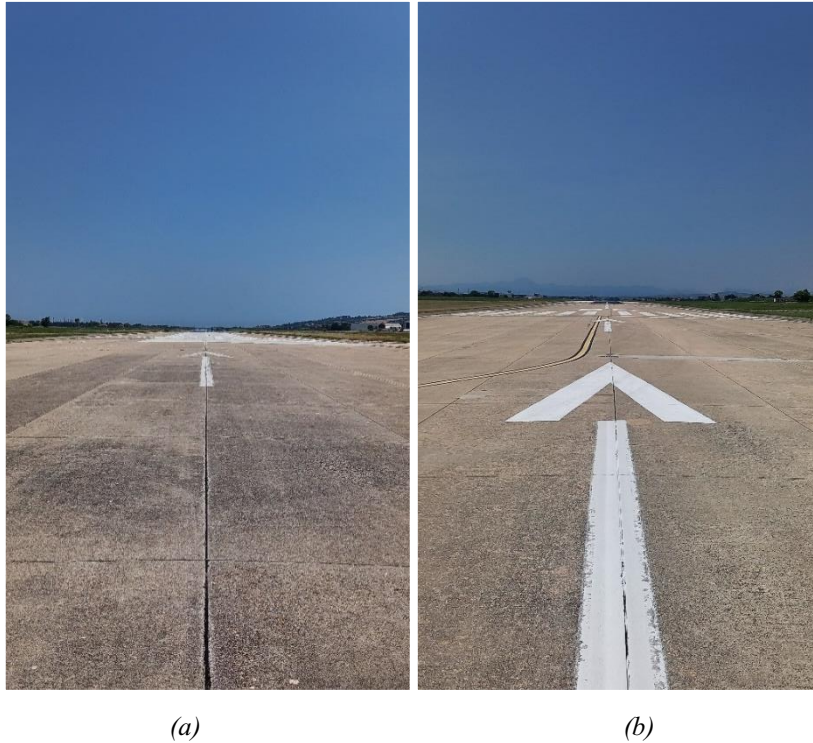


Figura 3.2. Pista di volo Aeroporto Internazionale di Ancona, testata 04 (a) e testata 22 (b).

Il sistema di vie di rullaggio è costituito essenzialmente da una apron taxiway e da due raccordi (B, C), situati in corrispondenza del piazzale Aviazione Civile, all'altezza della testata 04 (Fig. 3.3). Tali elementi possono essere utilizzati da velivoli con lettera di codice D.



Figura 3.3. Raccordo C.

Sempre all'altezza della testata 04, ma a nord rispetto all'asse della pista, sono presenti altri due raccordi (D, E) che collegano la pista ad un secondo piazzale (area ex CC).

La apron taxiway prosegue lungo il margine del piazzale di Aviazione Generale e termina con un terzo raccordo di collegamento con la pista di volo (A) e un terzo piccolo piazzale. Questi ultimi elementi possono essere utilizzati da velivoli con lettera di codice B.

In corrispondenza della testata 22, è presente un turnaround pad.

Nel dettaglio, i raccordi presentano le seguenti caratteristiche:

- Raccordo A: ortogonale alla pista, con una larghezza di 9 m, pavimentazione di tipo flessibile, in conglomerato bituminoso, con PCN di 20 F/C/Y/T;
- Raccordo B: con una larghezza di 30 m (23 m e 3,5 m di banchine), pavimentazione di tipo flessibile, in conglomerato bituminoso, con PCN di 75 F/C/X/T;
- Raccordo C: ortogonale alla pista, con una larghezza complessiva di 44 m (23 m e 10,5 m di banchine), pavimentazione di tipo flessibile, in conglomerato bituminoso, con PCN di 75 F/C/X/T;
- Raccordo D: ortogonale alla pista, con una larghezza di 12 m, pavimentazione in calcestruzzo;
- Raccordo E: con una larghezza di 12 m, pavimentazione in calcestruzzo.

A Nord-Ovest rispetto all'asse della pista, è presente un sistema di vie di rullaggio (una taxiway parallela con tre raccordi) ricadente nelle aree ex-militari ed attualmente non utilizzabile.

L'aeroporto è dotato di tre distinti piazzali di sosta aeromobili, il piazzale principale (Main Apron) e due piazzali più piccoli. Il piazzale principale è ubicato parallelamente alla pista di volo, lato testata 04 ed è collegato a questa tramite i raccordi C, B e A (Fig. 3.4). È suddiviso in due zone: una destinata all'Aviazione Commerciale e l'altra all'Aviazione Generale ed agli elicotteri.



Figura 3.4. Piazzale principale.

Il Piazzale Aviazione Commerciale è caratterizzato da una superficie di 53.000 m² ed è collegato alla pista di volo dai raccordi B e C. L'area di stazionamento è ubicata a circa 200 m, in direzione Sud-Est, rispetto all'asse della pista. L'apron è dotato di 9 piazzole, di cui si riporta la suddivisione per categorie:

- 6 piazzole per aeromobili di categoria C;
- 3 piazzole per aeromobili di categoria D.

Le prime due piazzole – che si attestano in corrispondenza dell'ingresso in piazzale dal raccordo C (n. 11 e 12) – consentono di accogliere aeromobili di categoria C; una seconda configurazione prevede che queste due possano formare un'unica piazzola (11A) ed accogliere un aeromobile di categoria E. Le piazzole 31, 32 e 33, presenti in prossimità del raccordo B, sono le tre piazzole che possono ospitare aeromobili di categoria D. È prevista una seconda configurazione di queste piazzole (31A, 32A e 33A) per le operazioni di push-back.

Il Piazzale Aviazione Generale/Elicotteri si sviluppa dall'area antistante la Caserma dei Vigili del Fuoco fino alla via di accesso all'hangar gestito da AIA. Esso è dotato di 4 piazzole di sosta per aeromobili ad ala fissa ed 1 destinata agli elicotteri, distribuite su una superficie di 14.970 m².

La pavimentazione del piazzale principale è in calcestruzzo con un PCN di 61 R/C/X/T per le piazzole da 11 a 13, 66 R/C/X/T per le piazzole 14-22 e 60 R/C/X/T per le piazzole 31-51.

La viabilità di servizio della zona airside è costituita dalla strada perimetrale che si estende per circa 8.000 m. La pavimentazione è di tipo flessibile e la sede viaria ha una larghezza media di circa 7 m. Questa strada permette l'intercollegamento di servizio fra le zone aeronautiche, nonché l'attività di controllo del perimetro aeroportuale. Il percorso presenta frequentemente delle piazzole di scambio per consentire l'incrocio in sicurezza dei mezzi che la percorrono. Dalla strada di servizio è possibile accedere alle superfici operative per il controllo dello stato delle pavimentazioni di volo e per la manutenzione degli impianti Aiuti Visivi Luminosi (AVL).

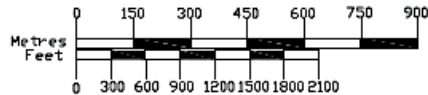
Per maggiore chiarezza, nella Fig. 3.5 si riporta l'Aerodrome Chart ICAO e nella Fig. 3.6 l'Aircraft Parking Docking Chart ICAO dell'aeroporto, tratte dalla sezione Aerodrome (AD) dell'AIP.

AIP Italia

AERODROME CHART ICAO

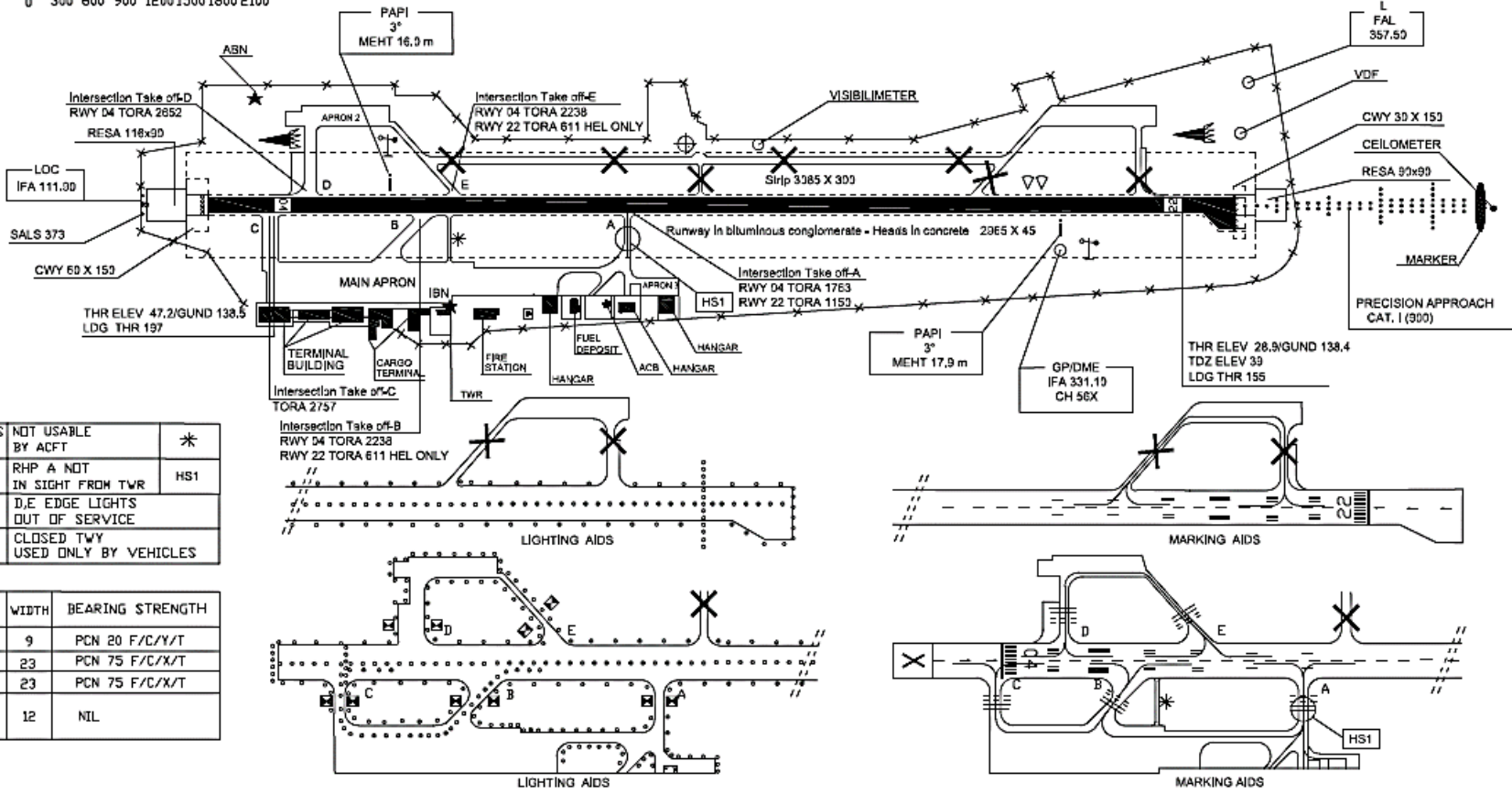
AD 2 LIPY 2-1

RWY	QFU	THR	bearing strength	Bearings are magnetic Distances in metres	TWR 119.800	AD ELEV 50	ANCONA / Falconara		
04	043°	N 43°36'29.40" E 013°21'03.32"	PCN 66 F/C/X/T	Elevation in ft AMSL Coordinates WGS84		APRON ELEV NIL	LIPY	43°37'00" N	013°21'37" E
22	223°	N 43°37'29.37" E 013°22'26.16"	PCN 66 F/C/X/T						



MAG. E. C. = 2000
Annual rate of change 3" E

CHANGE: RWY and TWYs A, B, C PCN and updated chart



REMARKS	NOT USABLE BY ACFT	*
	RHP A NOT IN SIGHT FROM TWR	HS1
	D,E EDGE LIGHTS OUT OF SERVICE	
	CLOSED TWY USED ONLY BY VEHICLES	

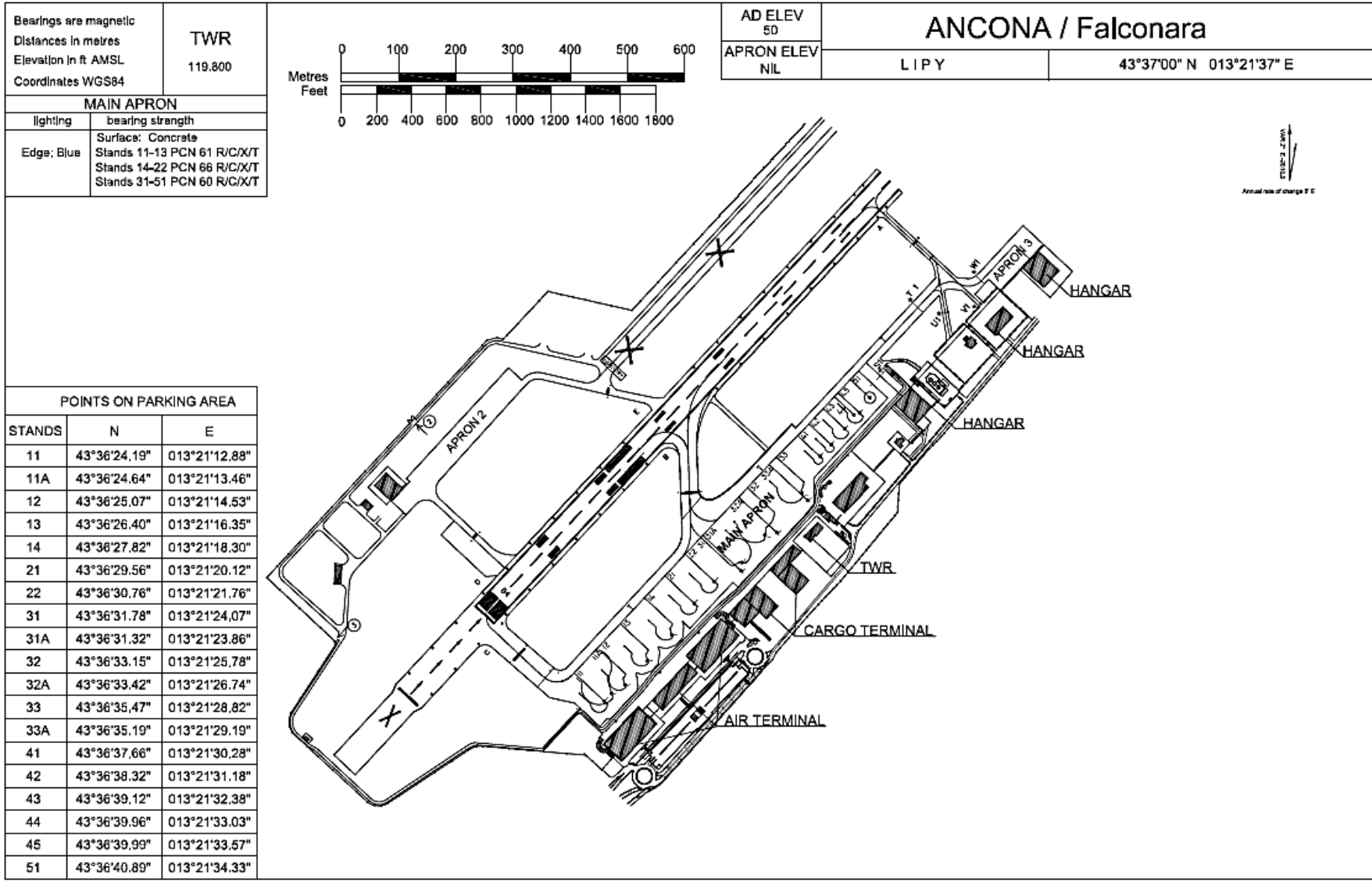
TWY IDENT	WIDTH	BEARING STRENGTH
A	9	PCN 20 F/C/Y/T
B	23	PCN 75 F/C/X/T
C	23	PCN 75 F/C/X/T
D		
E	12	NIL

ENAV - Roma

Data provided by AERODRICA S.p.A.

AIRAC effective date 9 SEP 2021 (A8/21)

Figura 3.5. Aerodrome Chart ICAO Aeroporto Internazionale di Ancona (LIPY).



CHANGE: MAIN APRON PCN stands updated

Figura 3.6. Aircraft Parking Docking Chart Aeroporto Internazionale di Ancona (LIPY).

3.3. Descrizione del sistema landside

Il complesso dell'aerostazione passeggeri è costituito da tre edifici allineati. Alle ali sono situati il padiglione Arrivi e quello Partenze, per una superficie complessiva di 7.500 m².

Il padiglione Arrivi è agibile dal luglio 2004, quello Partenze dal dicembre 2004. Essi sono stati progettati dallo studio VonGerkan, Marg and Partners di Amburgo per supportare un traffico di circa un milione di passeggeri/anno e sono collegati da un tunnel interrato di servizio, completato nel 2005. Tra i due nuovi padiglioni, è situato il Corpo Centrale di 2.231 m² che, dal 1981 al 2004, è stato sede dell'aerostazione.

Sul fronte airside, gli edifici sono ubicati in prossimità dei piazzali di sosta aeromobili, secondo una configurazione lineare. Pertanto, l'imbarco e lo sbarco dei passeggeri possono avvenire in maniera diretta, senza l'utilizzo di alcun mezzo (Fig. 3.7). Sul fronte landside, l'aerostazione è direttamente raggiungibile dall'area destinata alla sosta breve delle autovetture, situata di fronte al complesso edilizio dei tre padiglioni (Fig. 3.8).



Figura 3.7. Complesso aerostazione passeggeri dal piazzale principale.



Figura 3.8. Complesso aerostazione passeggeri, fronte landside.

Internamente, i nuovi padiglioni Arrivi e Partenze sono open space, delimitati da facciate continue in vetro. Lo spazio interno, diviso in due parti dai box funzionali posti lungo l'asse di simmetria longitudinale, prevede la chiara separazione dell'area landside da quella airside. Le Fig. 3.9 e 3.10 mostrano l'atrio Partenze e l'atrio Arrivi dell'aerostazione.



Figura 3.9. Atrio Partenze.



Figura 3.10. Atrio Arrivi.

Per quanto concerne la distribuzione verticale degli spazi, l'aerostazione adotta un semplice schema a due livelli: le attività riguardanti i passeggeri (imbarchi, sbarchi, consegna e ritiro bagagli, attività commerciali) si svolgono al livello del piazzale; il controllo radiogeno e lo smistamento dei bagagli avviene al piano interrato, ove sono presenti anche gli impianti tecnologici. Questa configurazione, unita al rispetto delle norme in vigore sull'eliminazione delle barriere architettoniche, rende l'aerostazione perfettamente accessibile e fruibile anche ai portatori di handicap.

La seguente tabella riporta la distribuzione funzionale degli spazi:

Tabella 3.3. Organizzazione interna dell'Aerostazione Passeggeri.

<p>Padiglione arrivi</p>	<p><i>Piano terra:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Atrio arrivi; – Sala riconsegna bagagli Schengen; – Sala riconsegna bagagli extra-Schengen; – N. 2 caroselli di riconsegna bagagli; – Postazioni di controllo di Polizia, Dogana e Finanza; – Uffici Enti di Stato; – Lost and found; – Noleggio auto; – Cassa parcheggio; – Primo soccorso, dotato di sala infermeria, sala visite, stanza medico, stanza autisti e
---------------------------------	--

	<p>servizi dedicati idonei anche ai portatori di handicap.</p> <p><i>Primo piano:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Uffici; - Circolazione e servizi. <p><i>Livello interrato:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Locale smistamento bagagli; - Locali tecnici impianti tecnologici.
Padiglione partenze	<p><i>Piano terra:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Atrio partenze; - N. 9 banchi check-in; - N. 2 postazioni biglietteria; - N. 1 postazione informazioni; - N. 1 postazione operatore cassa parcheggio; - Uffici Enti di Stato; - Sala d'imbarco nazionali/Schengen; - Sala d'imbarco internazionali/extra-Schengen; - N. 4 gates nazionali/Schengen; - N. 2 gates extra- Schengen; - N.2 varchi controllo sicurezza; - Nastri di imbarco bagagli; - Servizi generali e concessioni: bar, giornali, tabacchi, libreria, duty free, shop, banca. <p><i>Primo piano:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Uffici; - Circolazione e servizi. <p><i>Livello interrato:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Locale smistamento bagagli; - Locali tecnici impianti tecnologici.
Corpo centrale	<ul style="list-style-type: none"> - Uffici operativi Ancona International Airport; - Ristorante self-service (chiuso, inutilizzato).

Nelle Fig. 3.11 e 3.12 sono riportate le suddivisioni interne dei due padiglioni e le aree riservate a ciascun sottosistema presente.



Figura 3.11. Suddivisione padiglione Partenze.

L'atrio partenze ha una superficie disponibile per l'attesa dei passeggeri e visitatori pari a 852 m². Dall'atrio partenze è possibile accedere: alle aree riservate ai servizi di check-in, con una superficie complessiva di 209 m², ad un'area che durante la pandemia è stata riservata allo svolgimento dei test da Covid-19 e all'area riservata ai controlli di sicurezza pari a 60 m². Superati i controlli di sicurezza si accede alla sala imbarchi Schengen con una superficie disponibile per l'attesa di 666 m² e all'area riservata ai controlli passaporti per quei passeggeri che dovranno imbarcarsi su voli Extra-Schengen (79 m²). Dopo aver effettuato il controllo passaporti è possibile accedere alla sala imbarchi Extra-Schengen con una superficie disponibile per i passeggeri di 362 m².



Figura 3.12. Suddivisione padiglione Arrivi.

Per quanto riguarda il padiglione arrivi troviamo: due sale per il ritiro bagagli, ciascuna con un'area destinata alla circolazione e un'area, prossima al carosello, riservata all'attesa per il ritiro del bagaglio di 222 m², una sala per il controllo dei passaporti per i passeggeri in arrivo da voli Extra-Schengen di 263 m², l'atrio arrivi con una superficie di 655 m² e un'area che durante la pandemia è stata riservata ai test da Covid-19 e che presto potrà essere utilizzata per altri scopi.

Infine, il sistema parcheggi risulta così organizzato:

- Aree a pagamento:
 - parcheggio a raso in area antistante l'aerostazione passeggeri (293 posti), principalmente dedicato alla sosta breve;
 - parcheggio multipiano in area a 100 m dal padiglione Arrivi (328 posti), principalmente dedicato alla sosta lunga;
- Aree destinate ad uso esclusivo del servizio di autonoleggio:
 - parcheggio a raso posto a lato del padiglione Arrivi, in area di sedime (18 posti);
- Area riservata per parcheggio dipendenti:

- parcheggio a raso situato di fronte alla palazzina uffici Cargo (90 posti).

Dalla Fig. 3.13 si possono chiaramente distinguere i tre padiglioni dell'aerostazione e il sistema di parcheggi a raso e multipiano.



Figura 3.13. Foto dall'alto dell'aerostazione.

3.4. Altre strutture

All'interno del sedime aeroportuale sono presenti altri edifici, in riferimento alle specifiche aree funzionali ed alle concessioni in essere.

Accanto al terminal partenze e proseguendo verso la testata 22 della pista, in ordine sono presenti: tre edifici cargo, un edificio per il ricovero dei mezzi di rampa, la torre di controllo, la Caserma Vigili del Fuoco, un hangar, un deposito carburanti, la sede Aeroclub (scuola di volo), un hangar Aermarche e un hangar privato, gli alloggi di servizio e l'area Cinofili (Fig. 3.14).



Figura 3.14. Aerostazione, edifici cargo, TWR, caserma VVF, hangar, deposito carburante, hangar Aermarche, hangar privato.

In prossimità della testata 04 della pista, dalla parte opposta rispetto all'aerostazione, sono presenti un edificio e un hangar ex CC.



Figura 3.15. Area ex CC.

Mentre in prossimità della testata 22, sempre a nord rispetto all'asse pista, si trova l'area ex Aeronautica Militare. Circa al centro tra l'area ex CC e l'area ex AM, è situato l'edificio della vecchia torre di controllo.

Di seguito, nella Fig. 3.16, si riporta una pianta dello stato attuale dell'aeroporto in cui sono specificate tutte le infrastrutture presenti.



Figura 3.16. Pianta stato attuale dell'aeroporto.

3.5. Il Master Plan dell'Aeroporto Internazionale di Ancona

Attualmente il Master Plan dell'Aeroporto Internazionale di Ancona non è ancora stato presentato all'ENAC.

Nel giugno 2014 la Società di Gestione dell'aeroporto ha conferito alla Società Transtech Srl l'incarico per la redazione del "Piano Generale di Sviluppo". Esiste, dunque, una bozza di Master Plan 2015-2024 redatto dalla suddetta Società ma mai presentato ufficialmente all'ENAC.

All'interno di tale piano si evidenzia come la Società di gestione intende procedere ad una graduale valorizzazione dello scalo, con l'obiettivo di raggiungere un volume di traffico passeggeri crescente e, contestualmente, di implementare lo sviluppo strategico del settore cargo, dato che nessun aeroporto cargo di rilievo è localizzato lungo la costa medio e sud adriatica (da Rimini a Bari) e ad est degli appennini.

Gli obiettivi del Piano sono finalizzati al soddisfacimento della domanda di traffico prevista agli orizzonti di breve (1°- 5° anno) e di medio termine (6°-10° anno), con un adeguato livello di servizio, oltre all'implementazione di un'attività di tipo cargo adeguata all'infrastruttura. Gli interventi previsti nel piano 2015-2024 riguardano:

- Riqualfica e ampliamento corpo centrale aerostazione passeggeri;
- Riqualfica e ampliamento piazzale aeromobili;
- Riqualfica runway;
- Prolungamento apron taxiway con realizzazione di una via di rullaggio parallela alla runway (Partial Parallel Taxiway);
- Realizzazione nuovi hangar Aviazione Generale;
- Riqualfica edificio destinato al Terminal Aviazione Generale;
- Riqualficazione piazzale e raccordi Aviazione Generale;
- Potenziamento AVL e ILS (Cat. III);
- Ampliamento Area Cargo;
- Realizzazione nuovo edificio mezzi di rampa;
- Ampliamento parcheggio auto operatori;
- Realizzazione collegamento con Stazione FS;
- Realizzazione nuovo depuratore;
- Realizzazione nuovo piazzale e raccordo Area Est;

- Realizzazione nuova viabilità perimetrale interna al sedime;
- Realizzazione nuova piazzola prova motori;
- Realizzazione nuovi hangar manutenzione;
- Realizzazione nuovi edifici uffici/magazzini;
- Realizzazione nuovo edificio e piazzale Aeroclub.

Attualmente tale piano è in fase di revisione, con l'obiettivo di presentare all'ENAC un "Piano Generale di Sviluppo" aggiornato.

Bibliografia

[1] www.amc-chiaravalle.org/ricerche_storiche/Sangue_in_cielo_mare.html consultato il 22/04/2022.

[2] https://it.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_di_Ancona-Falconara consultato il 22/04/2022.

4. Capacità dell'Aeroporto Internazionale di Ancona

Come illustrato nel Capitolo 2, si possono utilizzare principalmente due modi per esprimere la capacità di un sottosistema. Si può utilizzare la “*capacità ultima*” che esprime il *massimo* numero di operazioni, o di passeggeri, che un'infrastruttura riesce a processare in un intervallo di tempo definito, indipendentemente dal ritardo o dal livello di servizio. L'altro modo è la “*capacità pratica*”, cioè il numero di operazioni, o di passeggeri, che l'infrastruttura riesce a servire garantendo un determinato livello di servizio.

Per le infrastrutture airside ci interessa di più valutare la capacità massima, mentre per l'aerostazione passeggeri è importante valutare il livello di servizio con cui i servizi vengono offerti.

In questo capitolo verranno descritte le procedure per il calcolo della capacità di ciascun sottosistema dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

4.1. Capacità della pista di volo

Come illustrato nel Capitolo 2, la capacità della pista di volo corrisponde all'inverso del tempo minimo che intercorre tra un'operazione e la successiva. Dunque, la separazione temporale da mantenere tra due aeromobili è il principale fattore che influisce sulla capacità [2].

Nel caso dell'Aeroporto Internazionale di Ancona, la separazione tra due aeromobili in atterraggio è di tipo procedurale. Pertanto, in questo caso, un aeromobile può essere autorizzato all'avvicinamento quando quello precedentemente autorizzato ha completato la procedura. Quindi il tempo minimo tra un'operazione e la successiva è necessariamente uguale al tempo impiegato da un aeromobile per completare la procedura di avvicinamento, che in questo caso è pari, in media, a 8 min.

Dunque, la capacità della pista di volo dell'aeroporto di Ancona, per le operazioni di arrivo, è data da:

$$C_a = \frac{1}{\bar{m}} = \frac{1}{8 \text{ min}} \cdot 60 \approx 8 \text{ op/h} \quad (4.1)$$

Tale valore di capacità può essere aumentato se si considera che nelle condizioni ideali (condizioni meteo favorevoli, visibilità ottima, vento trasversale nullo) i tempi per effettuare la procedura di avvicinamento si riducono a 5 min. In questo caso, la capacità massima della pista di volo dell'aeroporto di Ancona può essere di 12 op/h.



Figura 4.1. Foto della pista di volo dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

4.2. Capacità delle vie di rullaggio

La configurazione attuale dell'Aeroporto Internazionale di Ancona è una configurazione di base a pista singola, che permetterebbe, secondo quanto indicato nella circolare AC 150/5060-5 FAA, di effettuare un massimo 50-70 op/ora, nel caso di avvicinamento radar e in condizioni ottimali [3].

Nel caso dell'Aeroporto Internazionale di Ancona, dato che la separazione è di tipo procedurale e non radar, la capacità massima delle vie di rullaggio è vincolata al numero massimo di operazioni l'ora che possono essere effettuate dalla pista. Dunque, considerando una capacità massima della pista di 12 op/h, con piena operatività dalle ore 6,00 alle 21,00 e al 50% dalle 22,00 alle 24,00, è possibile effettuare un volume massimo di operazioni l'anno di circa 70.000.

Per consentire un volume di operazioni annue maggiore la procedura usuale consiste nel disporre una via di rullaggio parallela alla pista per la sua intera lunghezza. Ciò consentirebbe agli aeromobili in atterraggio di liberare più rapidamente la pista e ridurrebbe i tempi di attesa degli aeromobili.

4.3. Capacità del piazzale

Il piazzale Aviazione Commerciale dell'Aeroporto Internazionale di Ancona è dotato di 9 piazzole. Le prime due piazzole (11 e 12) consentono di accogliere aeromobili di categoria C, ma è prevista una seconda configurazione in cui le due piazzole possano formare un'unica piazzola (11A) ed accogliere un aeromobile di categoria E. Dunque, è possibile considerare due differenti configurazioni:

- Configurazione standard
 - 6 piazzole per aeromobili di cat. C;
 - 3 piazzole per aeromobili di cat. D;
- Configurazione per aeromobili di categoria E
 - 4 piazzole per aeromobili di cat. C;
 - 3 piazzole per aeromobili di cat. D;
 - 1 piazzola per aeromobili di cat. E.

Le piazzole 31, 32 e 33, sono le tre piazzole che possono ospitare aeromobili di categoria D. Anche in questo caso, è prevista una seconda configurazione di queste piazzole (31A, 32A e 33A) per le operazioni in push-back.

Per una maggiore chiarezza, si rimanda alla Fig. 3.6 (Aircraft Parking Docking Chart Aeroporto Internazionale di Ancona) in cui sono illustrate le due differenti configurazioni.

Le tipologie di aeromobili che utilizzano l'aeroporto ed i tempi di occupazione considerati sono riportati nella Tabella 4.1:

Tabella 4.1. Gruppi di aeromobili e tempi di occupazione della piazzola.

Gruppo <i>i</i>	Aeromobili	Tempo di occupazione [min]
C	MD-80; A319; A321-100; B717-200; B737-800; A320-200; BAe146-300; Bombardier CRJ – 900; E175; E190; E195; Fokker F27-MK500; Fokker F50; MD 82; SAAB 2000; CRJ 900	40
D	B757-200; B767; B767-300W; A300-600R/A300-200; A300-600ST Belunga;	45
E	B777-200; B747-400ER; A330-200; A330-300;	60



Figura 4.2. Foto del piazzale Aviazione Commerciale.

4.3.1. Configurazione standard

Per valutare la capacità del piazzale è stato utilizzato il modello proposto dall'ICAO. Impiegando l'Equazione (2.8) è stato calcolato il numero di aeromobili di ciascuna categoria che possono essere ospitati nell'ora di punta, tramite la relazione inversa:

$$N_i = S_i \frac{60}{T_i} \quad (4.2)$$

Considerando la configurazione standard ($S_C = 6$, $S_D = 3$), e considerando gli aeromobili del gruppo C con un tempo di occupazione T_C di 40 minuti e gli aeromobili del gruppo D con un tempo di occupazione T_D di 45 minuti, dalla precedente relazione si ottiene che l'Aeroporto Internazionale di Ancona nell'ora di punta può ospitare al massimo:

- 9 aeromobili di categoria C;
- 4 aeromobili di categoria D.

4.3.2. Configurazione per aeromobili di categoria E

Considerando, invece, la seconda configurazione per accogliere aeromobili di categoria E ($S_C = 4$, $S_D = 3$, $S_E = 1$) e prendendo come tempo di occupazione per gli aeromobili di categoria C $T_C = 40$ minuti, per gli aeromobili di categoria D $T_D = 45$ minuti e per gli aeromobili di categoria E $T_E = 60$ minuti, dall'Equazione (4.2) si ottiene che in questo caso l'aeroporto nell'ora di punta può ospitare al massimo:

- 6 aeromobili di categoria C;

- 4 aeromobili di categoria D;
- 1 aeromobile di categoria E.

4.4. Capacità dell'aerostazione passeggeri

Essendo livello di servizio e “*capacità pratica*” dipendenti tra loro, valutare il livello di servizio di un sottosistema equivale a valutarne la capacità. Infatti, se il livello di servizio calcolato per uno specifico sottosistema è molto basso, ciò indicherà che la capacità del sottosistema non in grado di rispondere in modo adeguato alla domanda di traffico. Al contrario, se il livello di servizio è troppo alto allora il sottosistema è sovradimensionato rispetto alla domanda.

Per il calcolo dei livelli di servizio si è fatto riferimento alla decima edizione dell'Airport Development Reference Manual IATA [1], basata su un nuovo approccio per il calcolo del livello di servizio. Tale approccio definisce i livelli di servizio analizzando sia lo spazio disponibile che i tempi di attesa nei vari sottosistemi e propone la classificazione riportata in Tabella 2.5.

Per ogni livello di servizio, il manuale elenca la gamma di superfici e tempi di attesa per adattare il livello di servizio dell'aerostazione alla domanda (Tabella 2.6).

Si è deciso di valutare il livello di servizio dello stato attuale di ciascun sottosistema dell'aerostazione passeggeri considerando i dati del 2021, e partendo da questi, successivamente, di valutare come varia il livello di servizio all'aumentare del numero di passeggeri nell'ora di punta.

La domanda di traffico utilizzata per il calcolo dei livelli di servizio riferiti al 2021, cioè il numero di passeggeri nell'ora di punta, è stata valutata utilizzando la metodologia FAA: moltiplicando il volume annuo di passeggeri del 2021, pari a 241.242 pax, per il Peak Hour Factor (PHF) tabulato dalla FAA (Tabella 2.5) e ottenendo quindi il TPHP.

Per stimare il numero di passeggeri nell'ora di punta agli arrivi e alle partenze, tramite un'analisi dei dati storici, si è ritenuto valido considerare un Directional Split Factor (DSF) pari a 0.7, ottenendo i valori del DPHP per partenze e arrivi pari al 70% del TPHP.

Lo stesso si è ritenuto opportuno considerare per il calcolo dei passeggeri Schengen ed Extra-Schengen, ottenendo il DPHPs e il DPHPes come il 70% del DPHP.

I dati di traffico utilizzati per il calcolo dei livelli di servizio riferiti al 2021 sono riassunti nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2. Domanda di traffico per il calcolo dei livelli di servizio.

Volume annuo pax 2021	PHF [%]	TPHP [pax/h]	DSF [%]	DPHP [pax/h]	DPHPs [pax/h]	DPHPes [pax/h]
241.242	0.13	314	70	220	154	154

Le superfici e i tempi utilizzati nei calcoli, invece, sono riassunti nella Tabella 4.3.

Tabella 4.3. Superfici e tempi per il calcolo del livello di servizio.

Sottosistema	Superficie disponibile [m²]	Banchi/ varchi disponibili	Tempi di permanenza [min/pax]	Tempi di processamento [sec/pax]	Tempi di accodamento [min/pax]	Tempi di processamento volo [min/mov]
Atrio partenze	852	-	30	-	-	-
Banchi Check-in	209	9	-	180	20	-
Controlli sicurezza	60	2	-	30	10	-
Controlli passaporti partenze	79	2	-	30	10	-
Sala imbarchi Schengen	666	4	-	-	-	60
Sala imbarchi Extra-Schengen	362	2	-	-	-	65
Sala ritiro bagagli	444	1	15	-	-	-
Controllo passaporti arrivi	263	3	-	30	15	-
Atrio arrivi	655	-	5	-	-	-

A partire dai dati appena riportati, sono stati sviluppati i calcoli relativi a ciascun sottosistema, per l'anno 2021, nel modo descritto di seguito.

4.4.1. Atrio partenze

Utilizzando le equazioni (2.10) e (2.11) sono state valutate il numero di persone presenti nell'atrio partenze e l'area necessaria a garantire un livello di servizio ottimale. I parametri delle equazioni e i risultati ottenuti sono riassunti nella Tabella 4.4:

Tabella 4.4. Parametri delle equazioni (2.10) e (2.11).

Valori di Input		Risultati
Design Peak Hour Passengers [pax/h]	$DPHP = 220$	
Tempo di permanenza medio dei pax [min/pax]	$T_p = 30$	$P_D = 165$ pers
Percentuale di accompagnatori per pax [%]	$VR_D = 50\%$	
Tempo di permanenza medio degli accompagnatori [min/pers]	$T_V = 30$	
Percentuale di persone sedute [%]	$SR = 20\%$	
Superficie per una persona seduta [m ²]	$SP_S = 2.3$	$A_1 = 340$ m ²
Superficie per una persona in piedi [m ²]	$SP_{ST} = 2$	

Nella Fig. 4.3 si riporta una pianta del padiglione partenze, in cui è stata messa in evidenza l'area relativa all'atrio.

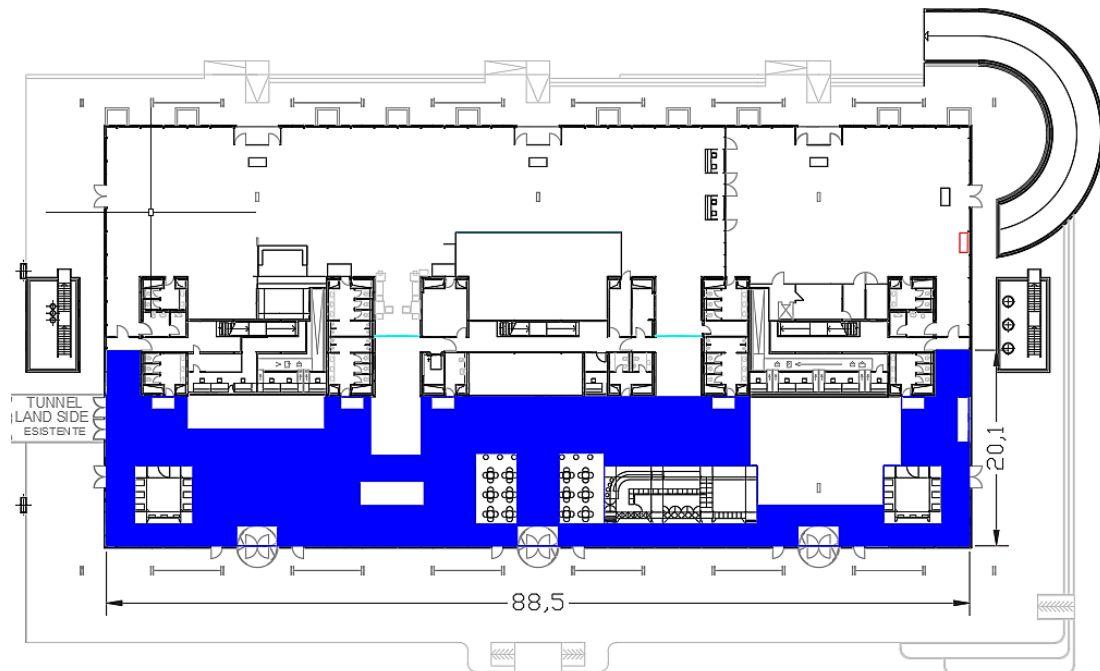


Figura 4.3. Area relativa all'atrio partenze.

Nella Tabella 4.5 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

La superficie per passeggero risulta molto maggiore rispetto al livello di servizio ottimale; dunque, l'atrio partenze risulta sovradimensionato per il numero di passeggeri del 2021.

Tabella 4.5. Valutazione del livello di servizio dell'atrio partenze relativo al 2021.

Pers. nell'atrio [pers]	Superficie necessaria [m²]	Superficie disponibile [m²]	Superficie per pax [m²/pax]	LdS Optimum [m²/pax]
165	340	852	5.2	2.0 – 2.3

Inoltre, nel calcolo dell'area necessaria a garantire un livello di servizio ottimale è stata considerata una percentuale di passeggeri seduti pari al 20%, come consigliato per questo livello di servizio, ma con i posti a disposizione nell'atrio partenze è possibile far sedere il 40% del numero di passeggeri e accompagnatori presenti nell'atrio e calcolati tramite l'Equazione (2.10). Dunque, anche il numero di posti a sedere risulta sovradimensionato per il numero di passeggeri del 2021 e resta sovradimensionato fino ad un numero di persone nell'atrio partenze pari a 330. Tra le 330 persone e le 440 persone presenti nell'atrio, i posti a sedere risultano in numero ottimale, ovvero con un DPHP compreso tra 440 pax/h e 587 pax/h, a parità delle altre variabili.

Partendo dalla procedura di calcolo utilizzata per il 2021, si è deciso di valutare come varia, per ciascun sottosistema, la superficie disponibile per passeggero (livello di servizio) all'aumentare del numero di passeggeri nell'ora di punta (DPHP).

Dal grafico riportato in Fig. 4.4 si può notare come la superficie disponibile per passeggero diminuisce all'aumentare del numero di passeggeri nell'ora di punta presenti nell'atrio partenze.

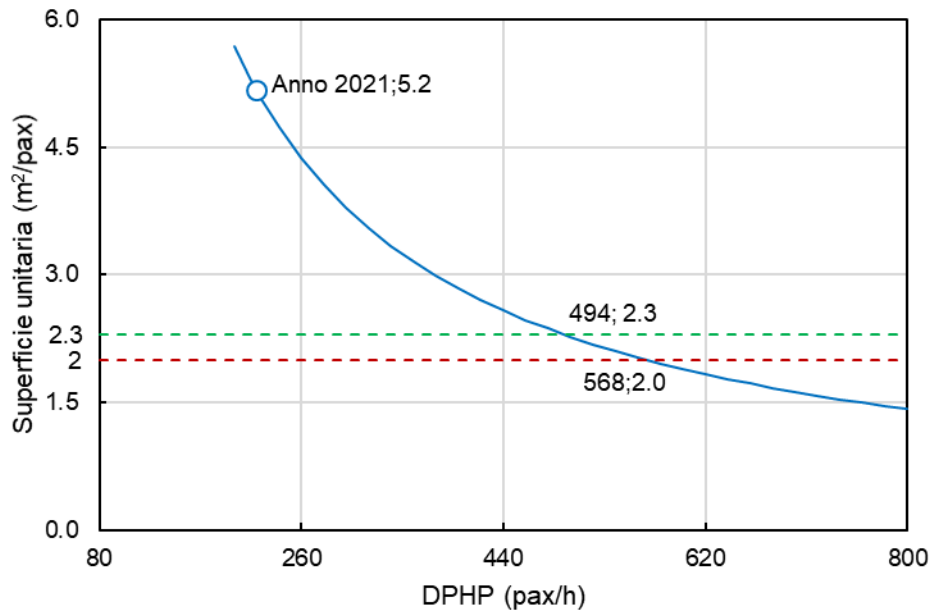


Figura 4.4. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHP per l'atrio Partenze dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Inoltre, si può osservare che l'atrio partenze dell'Aeroporto Internazionale di Ancona resta sovradimensionato fino ad un numero di passeggeri nell'ora di punta pari a 494 pax/h, risulta nel livello di servizio ottimale tra 494 pax/h e 568 pax/h, superati i 568 pax/h l'atrio partenze inizia ad essere sottodimensionato.

La Fig. 4.5 mostra un'immagine dell'atrio partenze.

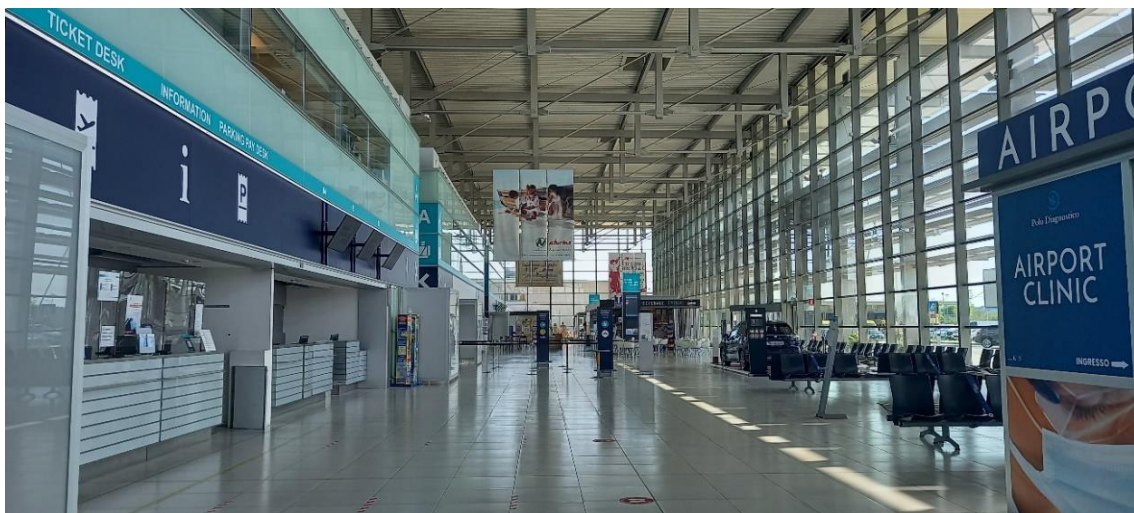


Figura 4.5. Atrio partenze Aeroporto Internazionale di Ancona.

4.4.2. Banchi check-in tradizionale

Dalle equazioni (2.15), (2.16) e (2.17) è stato ottenuto il numero di banchi check-in e l'area necessaria a garantire un livello di servizio ottimale. I parametri delle equazioni e i risultati ottenuti sono riassunti nella Tabella 4.6:

Tabella 4.6. Parametri delle equazioni (2.15), (2.16) e (2.17).

Valori di Input		Risultati
Design Peak Hour Passengers [pax/h]	$DPHP = 220$	$CD = 4$ $QMAX = 55 \text{ pax}$
Fattore dei 30 min di picco [%]	$PK = 50\%$	
Quota di pax che utilizzano il check-in [%]	$CR = 50\%$	
Tempo di processamento per pax [s/pax]	$PT_{CD} = 180$	
Tempo massimo in coda [min/pax]	$MQT = 20$	$A_2 = 129 \text{ m}^2$
Profondità di un banco check-in [m]	$CD_a = 6.5$	
Larghezza di un banco check-in [m]	$CD_w = 2$	
Superficie per una persona [m ² /pax]	$SP = 1.4$	

Nella Fig. 4.6 si riporta una pianta del padiglione partenze, in cui è stata messa in evidenza l'area riservata al check-in.

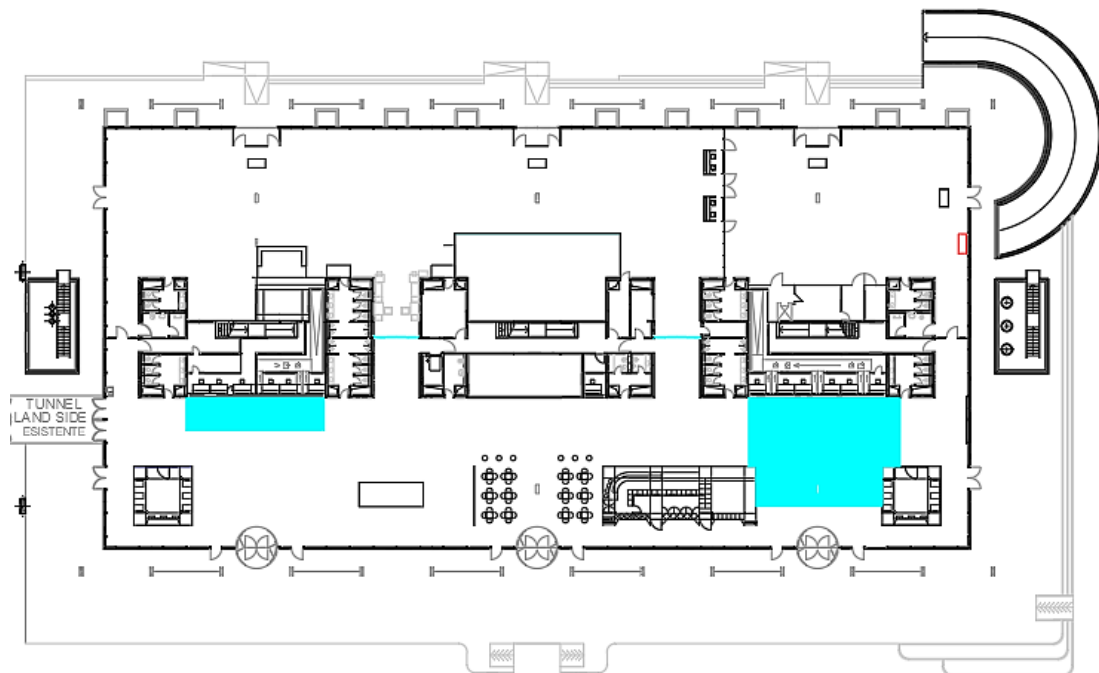


Figura 4.6. Area relativa al check-in.

Nella Tabella 4.7 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

Tabella 4.7. Valutazione del livello di servizio dell'area check-in relativo al 2021.

Massimo						
numero di pax in coda [pax]	Numero banchi necessari	Numero banchi disponibili	Superficie necessaria [m²]	Superficie disponibile [m²]	Superficie per pax [m²/pax]	LdS Optimum [m²/pax]
55	4	9	129	209	3.8	1.3 – 1.8

La superficie per passeggero risulta molto maggiore rispetto al livello di servizio ottimale, dunque anche l'area check-in, nel caso in cui siano attivi tutti i 9 banchi disponibili, risulta sovradimensionata per il numero di passeggeri del 2021.

Il grafico riportato in Fig. 4.7 mostra come varia la superficie disponibile per ciascun passeggero all'aumentare del numero di passeggeri nell'ora di punta per le strutture del check-in.

Si può osservare che l'area check-in dell'Aeroporto Internazionale di Ancona resta sovradimensionata fino ad un DPHP pari a 464 pax/h, risulta nel livello di servizio ottimale tra 464 pax/h e 643 pax/h e superati i 643 pax/h inizia ad essere sottodimensionata.

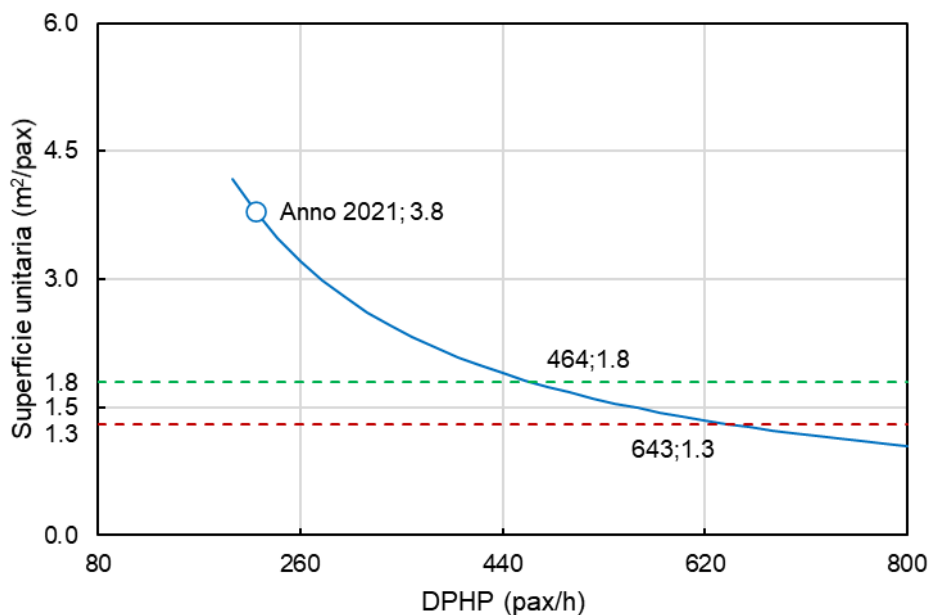


Figura 4.7. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHP per l'area check-in dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

4.4.3. Controlli di sicurezza

Tramite le equazioni (2.21), (2.22), (2.23) e (2.24) sono stati calcolati: la domanda nei 30 minuti di picco ai controlli di sicurezza, il massimo numero di passeggeri che attendono in coda, il numero di varchi necessari e l'area necessaria ad effettuare i controlli di sicurezza mantenendo un livello di servizio ottimale.

Nella Tabella 4.8 sono riassunti tutti i parametri e i risultati ottenuti delle Equazioni (2.21), (2.22), (2.23) e (2.24).

Tabella 4.8. Parametri delle equazioni (2.21), (2.22), (2.23) e (2.24).

Valori di Input		Risultati
Numero di desk per il check-in	$CD = 4$	
Tempo di processamento per pax al check-in [s/pax]	$PT_{CD} = 180$	
Design Peak Hour Passengers [pax/h]	$DPHP = 220$	$PK_{30} = 112$
Fattore dei 30 min di picco [%]	$PK = 65\%$	$QMAX = 124$
Quota di pax che utilizzano il check-in [%]	$CR = 50\%$	
Fattore correttivo	$Q_f = 1.1$	
Tempo di processamento per pax [s/pax]	$PT_{SEC} = 30$	
Tempo massimo in coda [min/pax]	$MQT = 10$	$SEC = 2$
Fattore correttivo	$C_f = 1.1$	
Profondità di un varco [m]	$SEC_d = 14$	
Larghezza di un varco [m]	$SEC_w = 3$	
Superficie per una persona [m ² /pax]	$SP = 1$	$A_3 = 229 \text{ m}^2$
Larghezza dietro il varco [m]	$W = 3.5$	

Nella Fig. 4.8 si riporta la pianta del padiglione partenze, in cui è stata messa in evidenza l'area riservata ai controlli di sicurezza.

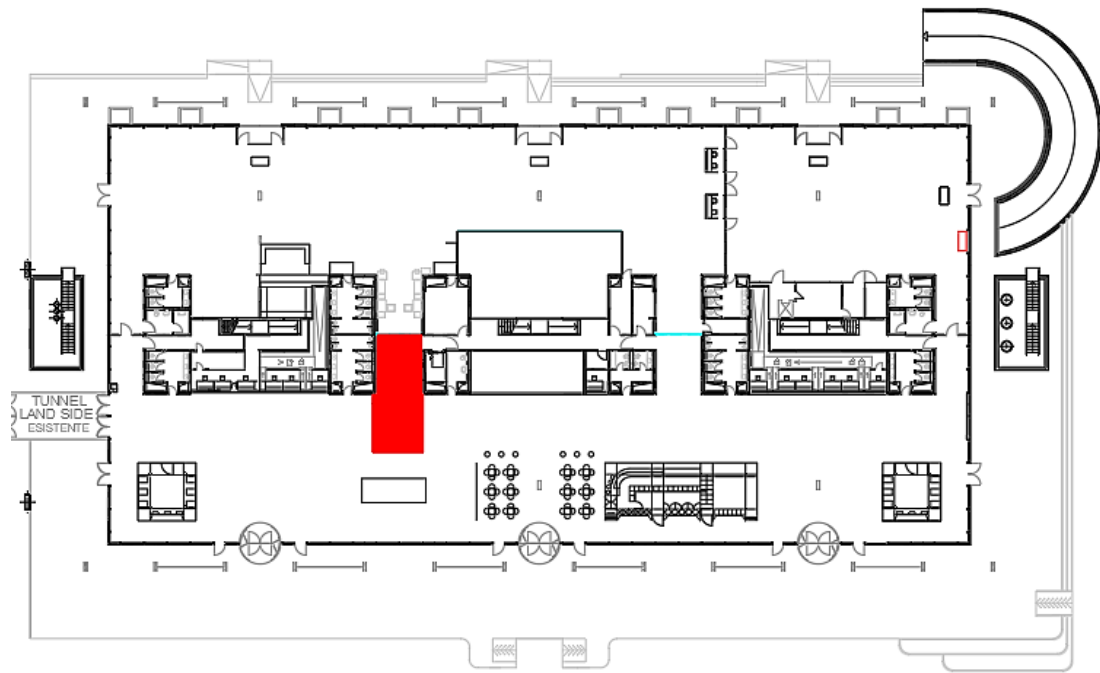


Figura 4.8. Area riservata ai controlli di sicurezza.

Nella Tabella 4.9 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

La superficie per passeggero risulta molto minore rispetto al livello di servizio ottimale; dunque, l'area disponibile per i passeggeri ai controlli di sicurezza risulta sottodimensionata per il numero di passeggeri del 2021.

Tabella 4.9. Valutazione del livello di servizio dei controlli di sicurezza relativo al 2021.

Massimo						
numero di pax in coda [pax]	Numero varchi necessari	Numero varchi disponibili	Superficie necessaria [m²]	Superficie disponibile [m²]	Superficie per pax [m²/pax]	LdS Optimum [m²/pax]
124	2	2	229	60	0.5	1.0 – 1.2

La Fig. 4.9 mostra come varia la superficie disponibile per ciascun passeggero all'aumentare del numero di passeggeri nell'ora di punta (DPHP) per l'area destinata ai controlli di sicurezza. Si può osservare come questa sia sottodimensionata già per il numero di passeggeri nell'ora di punta del 2021.

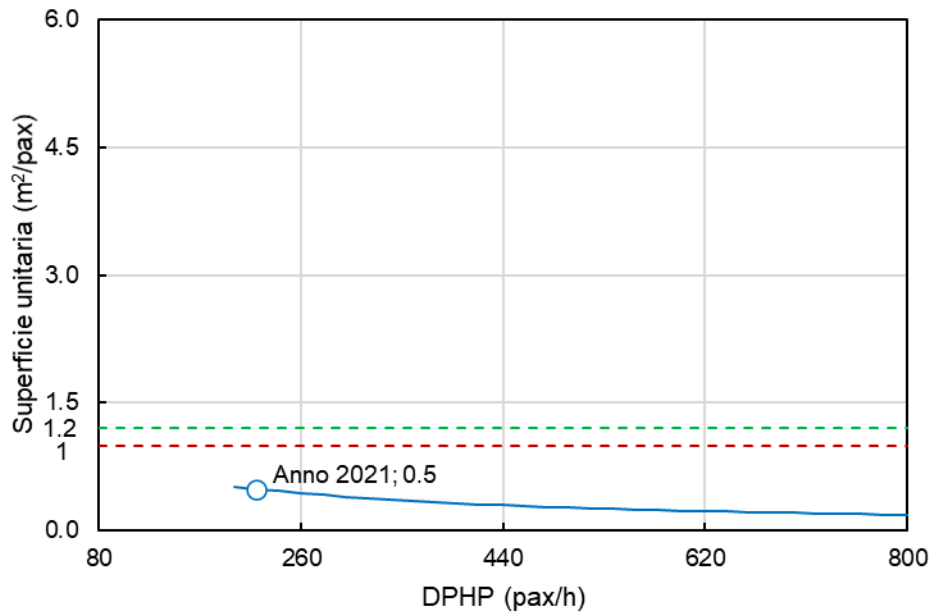


Figura 4.9. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHP per l'area controlli di sicurezza dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

La Fig. 4.10 mostra l'area riservata ai controlli di sicurezza. Si può notare come questa potrebbe essere facilmente ampliata sottraendo area all'atrio partenze, che risulta essere molto sovradimensionato.



Figura 4.10. Area riservata ai controlli di sicurezza.

4.4.4. Controlli passaporti partenze

Tramite le equazioni (2.25), (2.26), (2.27) e (2.28) sono stati calcolati: la domanda nei 30 minuti di picco al controllo passaporti, il numero di postazioni necessarie, il massimo numero di passeggeri che attendono in coda e l'area necessaria ad effettuare il controllo mantenendo un livello di servizio ottimale.

Nella Tabella 4.10 sono riassunti tutti i parametri e i risultati ottenuti delle Equazioni (2.25), (2.26), (2.27) e (2.28).

Tabella 4.10. Parametri delle equazioni (2.25), (2.26), (2.27) e (2.28).

Valori di Input		Risultati
Numero di desk per il check-in	$CD = 4$	
Tempo di processamento per pax al check-in [s/pax]	$PT_{CD} = 180$	
Design Peak Hour Passengers Extra-Schengen [pax/h]	$DHPes = 154$	$PK_{30} = 91$ $QMAX = 28$
Fattore dei 30 min di picco [%]	$PK = 65\%$	
Quota di pax che utilizzano il check-in [%]	$CR = 50\%$	
Fattore correttivo	$Q_f = 0.3$	
Tempo di processamento per pax [s/pax]	$PT_{PD} = 30$	
Tempo massimo in coda [min/pax]	$MQT = 10$	$PD = 2$
Fattore correttivo	$C_f = 1.1$	
Profondità di un banco controllo passaporti [m]	$PD_d = 3$	
Larghezza di un banco controllo passaporti [m]	$PD_w = 2.2$	$A_4 = 56.6 \text{ m}^2$
Superficie per una persona [m ² /pax]	$SP = 1$	
Larghezza dietro il varco [m]	$W = 3.5$	

Nella Fig. 4.11 si riporta la pianta del padiglione partenze, in cui è stata messa in evidenza l'area riservata ai controlli passaporti.

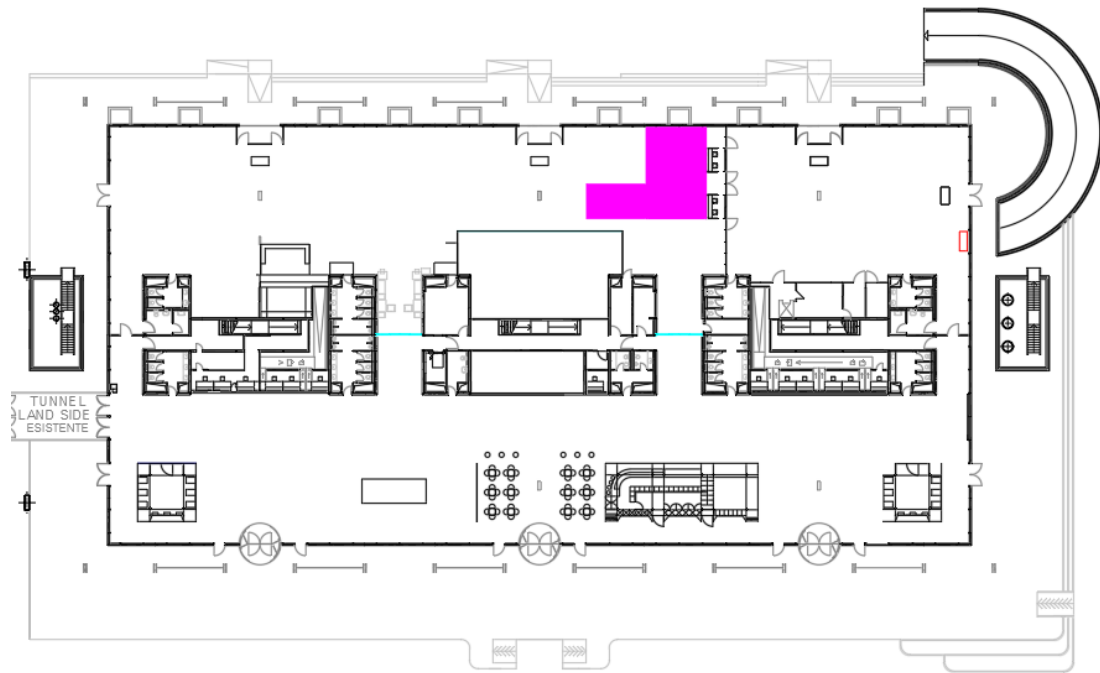


Figura 4.11. Area riservata al controllo passaporti.

Nella Tabella 4.11 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

Tabella 4.11. Valutazione del livello di servizio dell'area controllo passaporti relativo al 2021.

Massimo						
numero di pax in coda [pax]	Numero banchi necessari	Numero banchi disponibili	Superficie necessaria [m²]	Superficie disponibile [m²]	Superficie per pax [m²/pax]	LdS Optimum [m²/pax]
28	2	2	56.6	79	2.8	1.0 – 1.2

La superficie per passeggero risulta molto maggiore rispetto al livello di servizio ottimale; dunque, l'area disponibile per i passeggeri al controllo passaporti, nel caso in cui siano utilizzate le due postazioni di controllo, risulta sovradimensionata per il numero di passeggeri del 2021.

Il grafico in Fig. 4.12 mostra come varia la superficie disponibile per ciascun passeggero all'aumentare del numero di passeggeri Extra-Schengen nell'ora di punta (DPHPes) per l'area destinata al controllo passaporti.

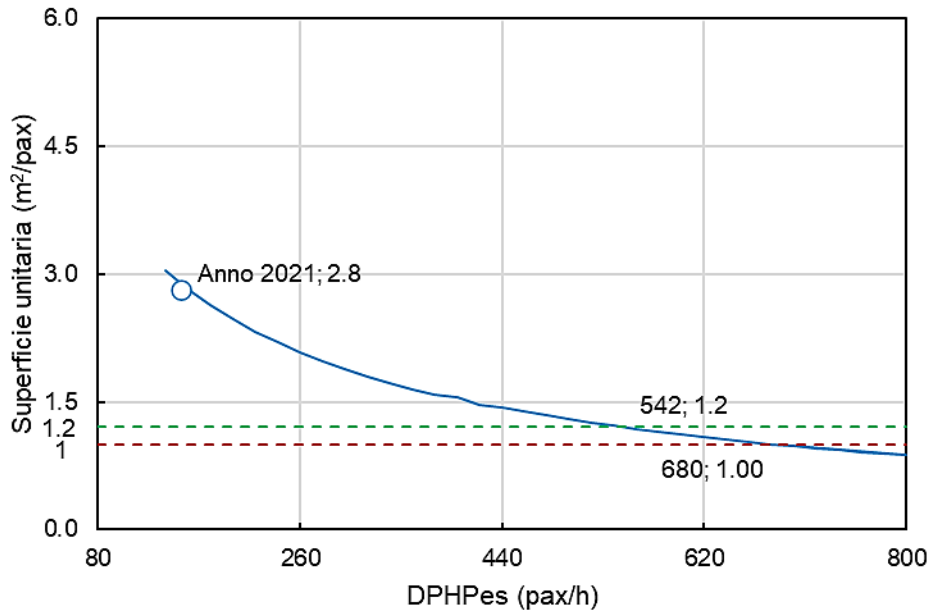


Figura 4.12. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHPes per l'area controllo passaporti dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Si può osservare che l'area destinata al controllo passaporti dell'Aeroporto Internazionale di Ancona resta sovradimensionata fino ad un DPHPes pari a 542 pax/h, risulta nel livello di servizio ottimale per un DPHPes tra 542 pax/h e 680 pax/h, mentre risulta sottodimensionata per valori superiori a 680 pax/h.

La Fig. 4.13 riporta un'immagine dell'area controlli passaporti del padiglione partenze.



Figura 4.13. Area riservata ai controlli passaporti.

4.4.5. Sala imbarchi Schengen/Extra-Schengen

Utilizzando le equazioni (2.29), (2.30), (2.31) e (2.32) sono stati calcolati: il numero di gates necessari per i voli Schengen ed Extra-Schengen, l'area necessaria per i passeggeri seduti, per i passeggeri in piedi e l'area totale necessaria a garantire un livello di servizio ottimale.

Nella Tabella 4.12 e Tabella 4.13 sono riassunti tutti i parametri per il calcolo dei gates e delle aree necessarie per la sala imbarchi Schengen ed Extra-Schengen, rispettivamente.

Tabella 4.12. Parametri delle equazioni (2.29), (2.30), (2.31) e (2.32) per la sala imbarchi Schengen.

Valori di Input		Risultati
Carico medio di un aeromobile [pax/mov]	$AVG\ LOAD = 107$	
Tempo di processamento di un volo [min/mov]	$T_{turn(s)} = 60$	$G_s = 2$
Design Peak Hour Passengers Schengen [pax/h]	$DPHP_S = 154$	
Percentuale di persone sedute [%]	$SR = 70\%$	
Fattore correttivo per persone sedute [%]	$SRf = 10\%$	$A_{S(s)} = 222.7\ m^2$
Fattore gate aperto [%]	$G_f = 90\%$	
Superficie per una persona seduta [m ²]	$S_S = 1.5$	
Superficie per una persona in piedi [m ²]	$S_{St} = 1$	$A_{St(s)} = 64.3\ m^2$
Percentuale di superficie aggiuntiva per tenere conto delle operazioni di imbarco [%]	$X = 15\%$	$A_5 = 330\ m^2$

Tabella 4.13. Parametri delle equazioni (2.29), (2.30), (2.31) e (2.32) per la sala imbarchi Extra-Schengen.

Valori di Input		Risultati
Carico medio di un aeromobile [pax/mov]	$AVG\ LOAD = 107$	
Tempo di processamento di un volo [min/mov]	$T_{turn(s)} = 65$	$G_s = 2$
Design Peak Hour Passengers Extra-Schengen [pax/h]	$DPHP_{es} = 154$	
Percentuale di persone sedute [%]	$SR = 70\%$	
Fattore correttivo per persone sedute [%]	$SRf = 10\%$	$A_{S(s)} = 222.9\ m^2$
Fattore gate aperto [%]	$G_f = 90\%$	
Superficie per una persona seduta [m ²]	$S_S = 1.5$	

Superficie per una persona in piedi [m ²]	$S_{St} = 1$	$A_{St(s)} = 64.3 \text{ m}^2$
Percentuale di superficie aggiuntiva per tenere conto delle operazioni di imbarco [%]	$X = 15\%$	$A_5 = 330.3 \text{ m}^2$

Nella Fig. 4.14 e nella Fig. 4.15 si riporta la pianta del padiglione partenze, in cui sono state messe in evidenza le aree riservate ai passeggeri in piedi e ai passeggeri seduti nella sala Schengen ed Extra-Schengen rispettivamente.

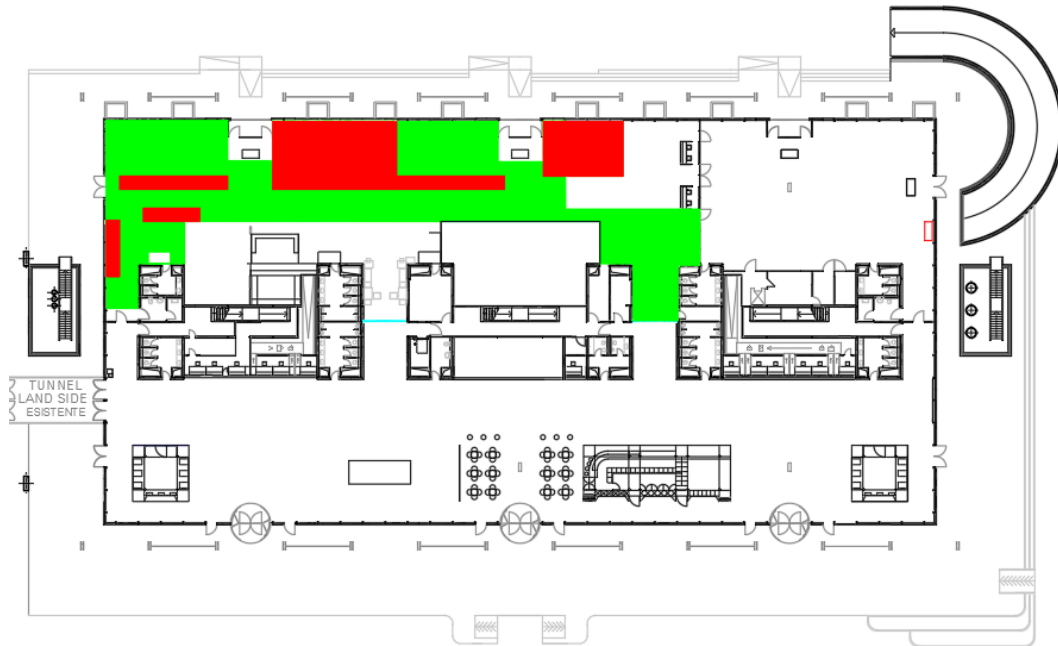


Figura 4.14. Area riservata ai passeggeri seduti (rosso) e ai passeggeri in piedi (verde), nella sala imbarchi Schengen.



Figura 4.15. Area riservata ai passeggeri seduti (rosso) e ai passeggeri in piedi (arancio), nella sala imbarchi Extra-Schengen.

Nella Tabella 4.14 e nella Tabella 4.15 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

Tabella 4.14. Valutazione del livello di servizio della sala imbarchi Schengen relativo al 2021.

Numero gates necessari	Numero gates disponibili	Superficie necessaria [m ²]		Superficie disponibile [m ²]		Superficie per pax [m ² /pax]		LdS Optimum [m ² /pax]
2	4	Seduti	222.7	Seduti	194	Seduti	1.8	1.5 – 1.7
		In piedi	64.3	In piedi	472	In piedi	10.2	1.0 – 1.2

Tabella 4.15. Valutazione del livello di servizio della sala imbarchi Extra-Schengen relativo al 2021.

Numero gates necessari	Numero gates disponibili	Superficie necessaria [m ²]		Superficie disponibile [m ²]		Superficie per pax [m ² /pax]		LdS Optimum [m ² /pax]
2	2	Seduti	222.9	Seduti	213	Seduti	1.8	1.5 – 1.7
		In piedi	64.3	In piedi	149	In piedi	3	1.0 – 1.2

Per quanto riguarda la sala imbarchi Schengen, con il numero di posti a disposizione si riesce a far sedere l'84% dei passeggeri nell'ora di punta, invece che il 70% come suggerito per un livello ottimale. Dunque, il numero dei posti a sedere è più che sufficiente per la domanda di traffico del 2021, ma l'area riservata ai passeggeri seduti non risulta ugualmente sovradimensionata. L'area destinata ai passeggeri in piedi, invece, risulta sovradimensionata per i passeggeri nell'ora di punta del 2021. Pertanto, sarebbe opportuno suddividere meglio l'area totale a disposizione, ottimizzando gli spazi per i passeggeri seduti e quelli per i passeggeri in piedi.

Lo stesso discorso può essere fatto per la sala imbarchi Extra-Schengen, dove in questo caso, è possibile far sedere l'88% dei passeggeri nell'ora di punta. Anche in questo caso sarebbe opportuno suddividere gli spazi per assegnare una maggiore area destinata ai passeggeri seduti piuttosto che a quelli in piedi.

Nei seguenti grafici si riporta l'andamento della superficie a disposizione per ciascun passeggero seduto/in piedi all'aumentare del DPHPs/es.

Dal grafico riportato in Fig. 4.16 si può osservare come l'area destinata ai passeggeri seduti nella sala imbarchi Schengen sia di poco sovradimensionata per il DPHPs relativo al 2021 e risulta nel livello di servizio ottimale per un DPHPs tra 163 pax/h e 185 pax/h, mentre risulta di molto sovradimensionata l'area disponibile per i passeggeri in piedi.

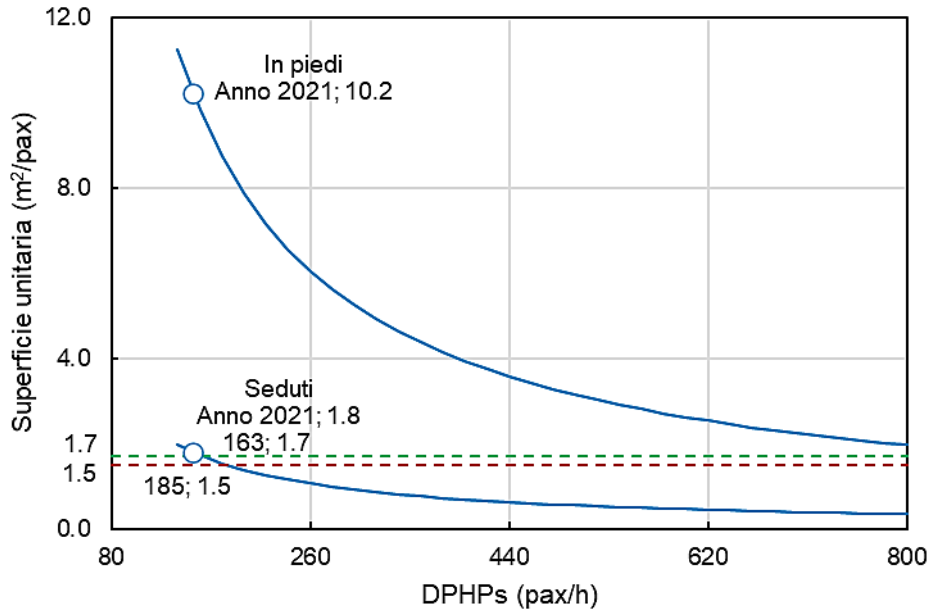


Figura 4.16. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHPs per la sala imbarchi Schengen dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Esattamente come per la sala Schengen, dal grafico riportato in Fig. 4.17 si può osservare come l'area destinata ai passeggeri seduti nella sala imbarchi Extra-Schengen, sia di poco sovradimensionata per il DPHPes relativo al 2021 e risulta nel livello di servizio ottimale per un DPHPes tra 165 pax/h e 187 pax/h.

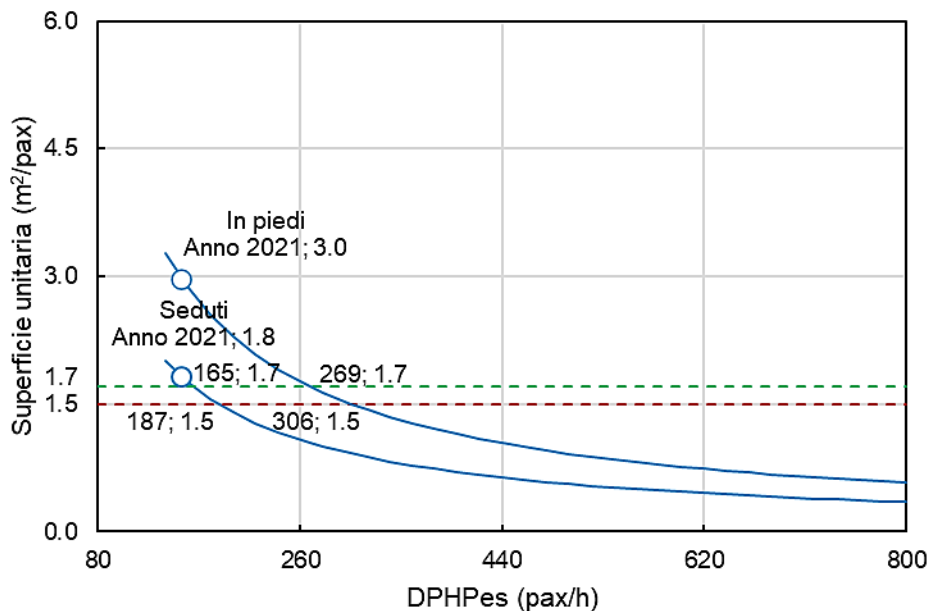


Figura 4.17. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHPes per la sala imbarchi Extra-Schengen dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

L'area riservata ai passeggeri in piedi risulta sovradimensionata e resta tale fino ad un DPHPes pari a 269 pax/h, risulta ottimale tra 269 pax/h e 306 pax/h e inizia ad essere sottodimensionata per valori superiori a 306 pax/h.

Nelle Fig. 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21 si riportano alcune immagini della sala imbarchi Schengen ed Extra-Schengen.



Figura 4.18. Sala imbarchi Schengen dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.



Figura 4.19. Sala imbarchi Schengen dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.



Figura 4.20. Sala imbarchi Extra-Schengen dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.



Figura 4.21. Sala imbarchi Extra-Schengen dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

4.4.6. Ritiro bagagli

Nell'Aeroporto Internazionale di Ancona, le sale a disposizione per il ritiro dei bagagli sono due, una per gli arrivi Schengen e una per gli arrivi Extra-Schengen.

Per motivi logistici legati alla pandemia da Covid-19, indipendentemente dalla tipologia di volo (Schengen/Extra-Schengen) e dalla tipologia di aeromobile (Narrow/Wide Body), attualmente tutti i passeggeri in arrivo utilizzano un'unica sala per il ritiro bagagli e dunque il medesimo nastro, dato che comunque il volume di passeggeri del 2021 è piuttosto basso e, al momento, non sono presenti aeromobili Wide Body.

Dunque, anche se le sale a disposizione sarebbero due, ciascuna con un nastro, per i motivi appena detti, ci limiteremo a considerarne solo una per il calcolo seguente.

Le equazioni (2.33), (2.34), (2.35) e (2.36) per il calcolo della lunghezza ottimale del nastro, del numero di caroselli necessari e delle aree necessarie, sono state utilizzate considerando i parametri riportati nella Tabella 4.16.

Tabella 4.16. Parametri delle equazioni (2.33), (2.34), (2.35) e (2.36) per la sala ritiro bagagli.

Valori di Input		Risultati
Numero di passeggeri nell'aeromobile [pax]	$PAX = 170$	
Lunghezza del nastro per pax [m]	$SP = 0.85$	$CL = 28.9 m$
Percentuale di pax che ritirano il bagaglio [%]	$PR = 50\%$	
Tasso di ricircolo [%]	$RR = 40\%$	
Design Peak Hour Passengers [pax/h]	$DPHP = 220$	
Percentuale di passeggeri Narrow Body [%]	$P = 100\%$	$BC = 1$
Tempo medio di occupazione del carosello [min]	$OT = 15$	
Profondità carosello [m]	$C_W = 5$	
Larghezza corridoio ai lati del carosello [m]	$SB = 5$	$AC = 245 m^2$
Larghezza corridoio estremità [m]	$EB = 10$	
Area totale della sala [m ²]		$A_6 = 245 m^2$

In particolare, dato che il numero di passeggeri medio presenti su un aeromobile nel 2021 non era diverso per i voli Schengen ed Extra-Schengen, si è deciso di considerare un unico dato come numero di passeggeri presenti nell'aeromobile (PAX).

Per il $DPHP$ è stato considerato il numero complessivo di passeggeri in arrivo nell'ora di punta, e non il $DPHPs/es$.

Nella Fig. 4.22 si riporta la pianta del padiglione arrivi, in cui è stata messa in evidenza l'area riservata per il ritiro dei bagagli.

L'area da riservare per il ritiro dei bagagli è stata ricavata scegliendo di lasciare un corridoio di circolazione di larghezza pari a 2 metri lungo tutto il perimetro della sala. In questo modo, l'area riservata in ciascuna sala è pari a 222 m², mentre l'area totale, considerando entrambe le sale è di 444 m².

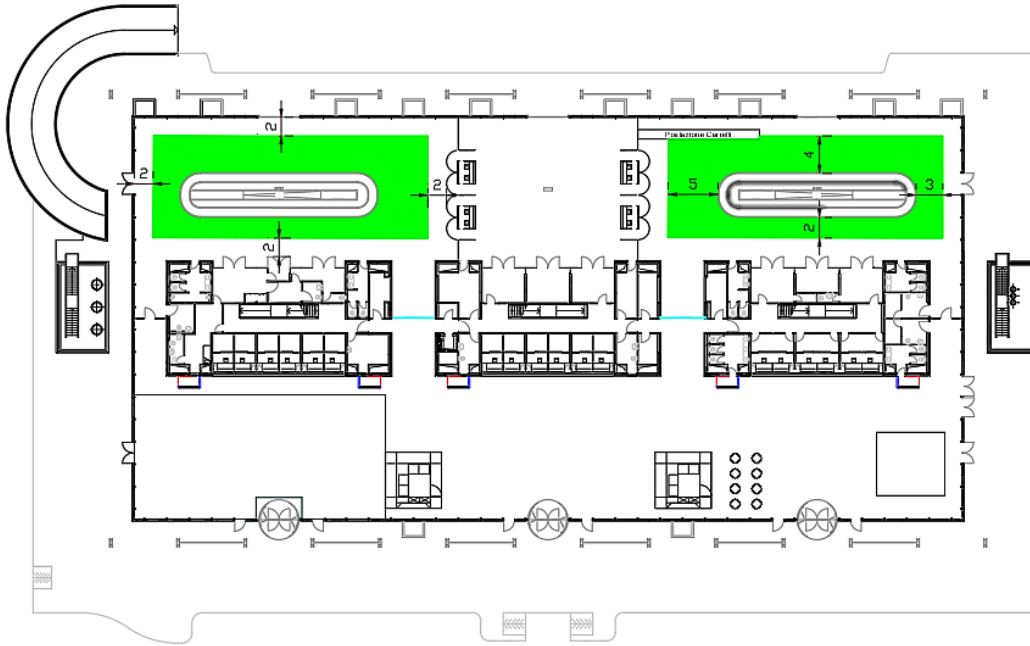


Figura 4.22. Area riservata al ritiro dei bagagli.

Nella Tabella 4.17 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

Tabella 4.17. Valutazione del livello di servizio della sala ritiro bagagli relativo al 2021.

Lunghezza del nastro necessaria [m]	Lunghezza del nastro disponibile [m]	Numero caroselli necessari	Numero caroselli disponibili	Superficie necessaria [m ²]	Superficie disponibile [m ²]	Superficie per pax [m ² /pax]	LdS Optimum [m ² /pax]
28.9	42.4	1	1	245	222	4.0	1.5 – 1.7

Il grafico in Fig. 4.23 mostra come varia la superficie disponibile per ciascun passeggero all'aumentare del numero di passeggeri nell'ora di punta (DPHP). Si può osservare che l'area destinata al ritiro dei bagagli dell'Aeroporto Internazionale di Ancona resta sovradimensionata fino ad un DPHP pari a 522 pax/h e risulta nel livello di servizio ottimale con un DPHP compreso tra 522 pax/h e 592 pax/h. Considerando l'apertura anche dell'altra sala, nelle stesse condizioni di utilizzo descritte in precedenza, indipendentemente dalla tipologia di volo (Schengen/Extra-Schengen) e dalla tipologia di aeromobile (Narrow/Wide), la superficie disponibile per passeggero raddoppia, dunque in questo caso l'area disponibile per il ritiro dei bagagli è sovradimensionata anche con un valore del DPHP superiore a 800 pax/h.

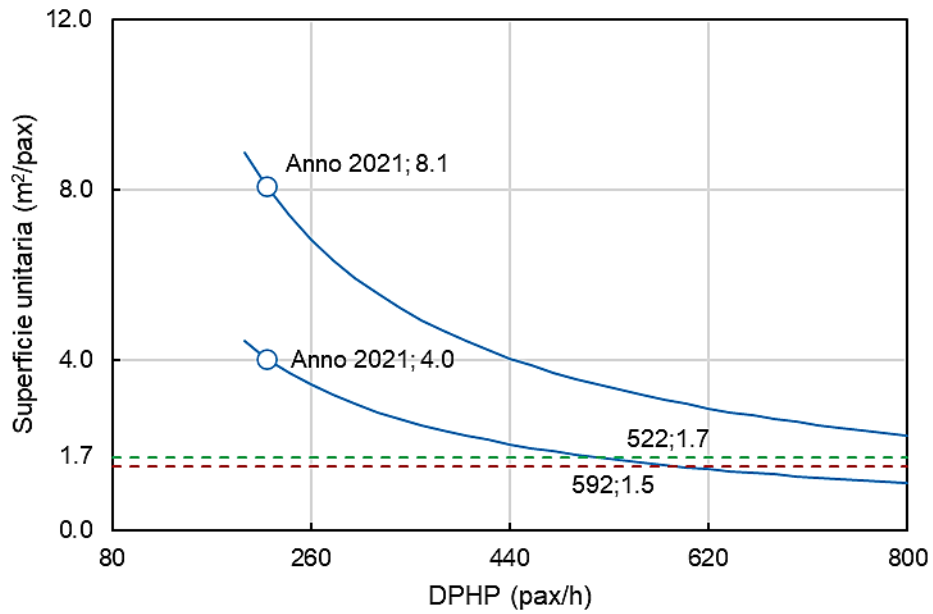


Figura 4.23. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHP per la sala ritiro bagagli dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Nella Fig. 4.24 si riporta un'immagine della sala ritiro bagagli precedentemente utilizzata per i voli Schengen.

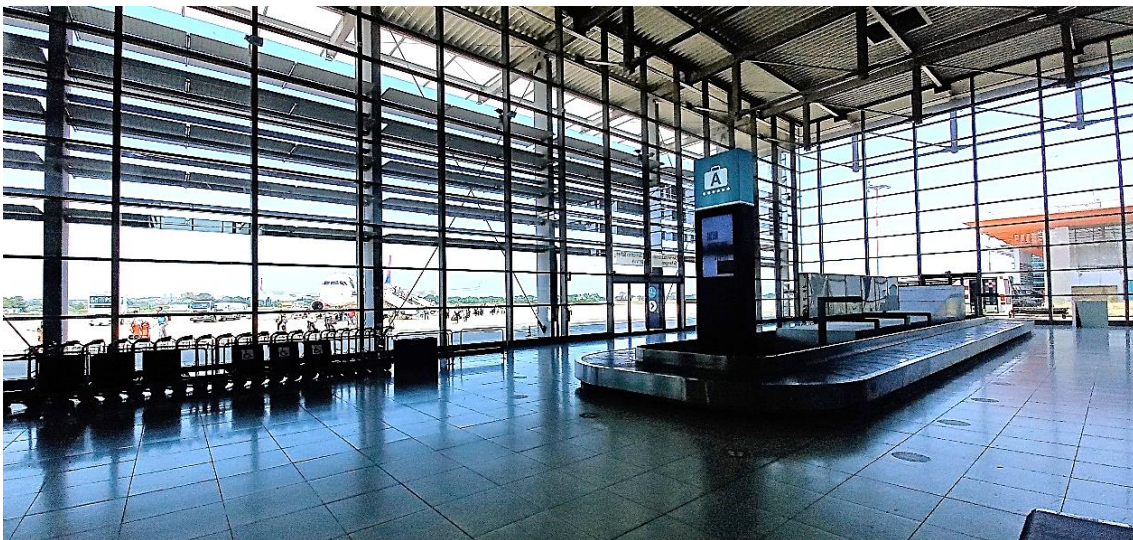


Figura 4.24. Sala ritiro bagagli Schengen dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

4.4.7. Controllo passaporti arrivi

Tramite le equazioni (2.37), (2.38) e (2.39) sono stati calcolati: il numero di postazioni necessarie, il massimo numero di passeggeri che attendono in coda e l'area necessaria ad

effettuare il controllo mantenendo un livello di servizio ottimale. Nella Tabella 4.18 sono riassunti tutti i parametri e i risultati ottenuti delle Equazioni (2.37), (2.38) e (2.39).

Tabella 4.18. Parametri delle equazioni (2.37), (2.38) e (2.39).

Valori di Input		Risultati
Design Peak Hour Passengers Extra-Schengen [pax/h]	$DPHPes = 154$	$PC = 2$
Fattore dei 30 min di picco [%]	$PK = 70\%$	
Tempo di processamento per pax [s/pax]	$PT = 30$	$QMAX = 108 pax$
Tempo massimo in coda [min/pax]	$MQT = 15$	
Profondità di un banco [m]	$PC_d = 3$	$A_6 = 137 m^2$
Larghezza di un banco [m]	$PC_w = 2.2$	
Superficie per una persona [m ² /pax]	$SP = 1$	
Larghezza dietro il banco [m]	$W = 3.5$	

Nella Fig. 4.25 si riporta la pianta del padiglione arrivi, in cui è stata messa in evidenza l'area riservata ai controlli passaporti.

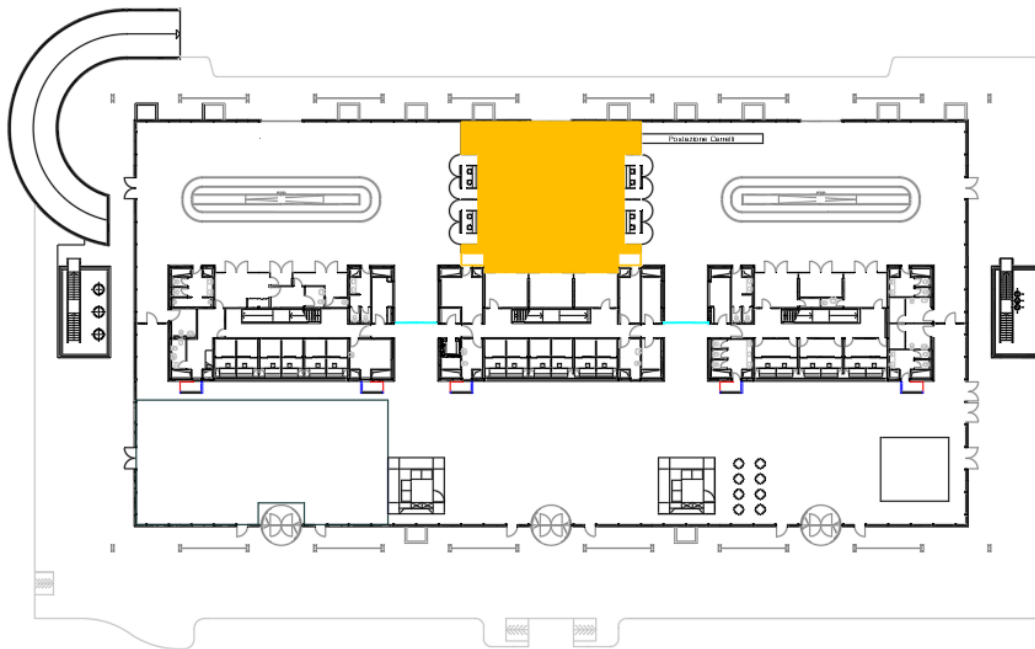


Figura 4.25. Area riservata al controllo passaporti.

Nella Tabella 4.19 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

Tabella 4.19. Valutazione del livello di servizio dell'area controllo passaporti relativo al 2021.

Massimo numero di pax in coda [pax]	Numero banchi necessari	Numero banchi disponibili	Superficie necessaria [m ²]	Superficie disponibile [m ²]	Superficie per pax [m ² /pax]	LdS Optimum [m ² /pax]
108	2	3	137	263	2.4	1.0 – 1.2

La superficie per passeggero risulta molto maggiore rispetto al livello di servizio ottimale, dunque l'area disponibile per i passeggeri al controllo passaporti risulta sovradimensionata per il numero di passeggeri Extra-Schengen del 2021.

Il grafico in Fig. 4.26 mostra come varia la superficie disponibile per ciascun passeggero all'aumentare del numero di passeggeri Extra-Schengen nell'ora di punta (DHPes) per l'area destinata al controllo passaporti. Si può osservare che l'area destinata al controllo passaporti dell'Aeroporto Internazionale di Ancona resta sovradimensionata fino ad un DHPes pari a 312 pax/h, risulta nel livello di servizio ottimale per un DHPes tra 312 pax/h e 375 pax/h, mentre risulta sottodimensionata per valori superiori a 375 pax/h.

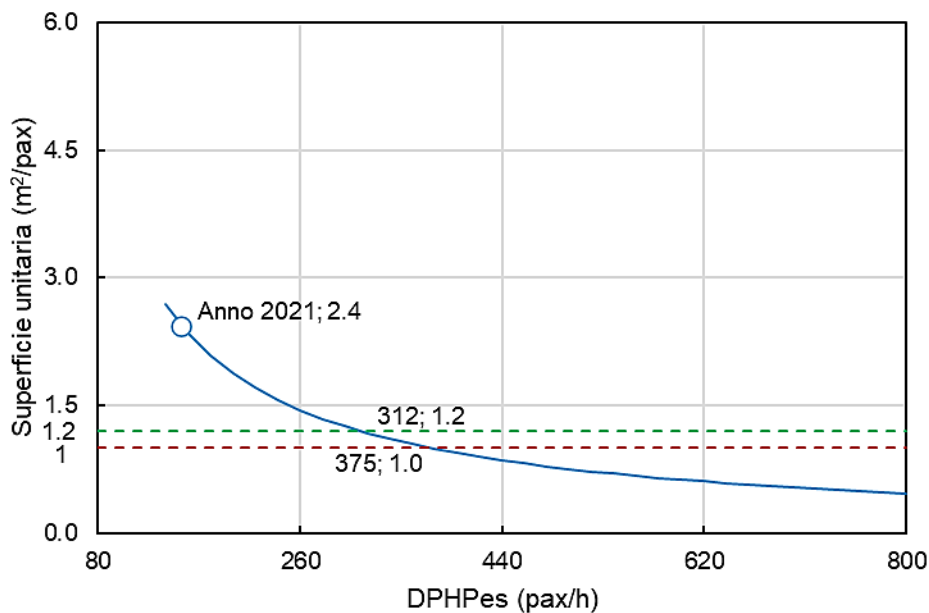


Figura 4.26. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DHPes per l'area controllo passaporti dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Nella Fig. 4.27 si riporta un'immagine dell'area controllo passaporti del padiglione arrivi.



Figura 4.27. Area controlli passaporti padiglione arrivi.

4.4.8. Atrio arrivi

Utilizzando le equazioni (2.46) e (2.47) sono state valutate il numero di persone presenti nell'atrio arrivi e l'area necessaria a garantire un livello di servizio ottimale. I parametri delle equazioni e i risultati ottenuti sono riassunti nella Tabella 4.20:

Tabella 4.20. Parametri delle equazioni (2.46) e (2.47).

Valori di Input		Risultati
Design Peak Hour Passengers [pax/h]	$DPHP = 220$	
Tempo di permanenza medio dei pax [min/pax]	$T_p = 5$	$P_A = 55$ pers
Percentuale di accompagnatori per pax [%]	$VR_A = 50\%$	
Tempo di permanenza medio degli accompagnatori [min/pers]	$T_V = 20$	
Percentuale di persone sedute [%]	$SR = 20\%$	
Superficie per una persona seduta [m ²]	$SP_S = 2.3$	$A_7 = 113$ m ²
Superficie per una persona in piedi [m ²]	$SP_{ST} = 2.0$	

Nella Fig. 4.28 si riporta una pianta del padiglione arrivi, in cui è stata messa in evidenza l'area relativa all'atrio.

Tabella 4.21 si riporta il confronto tra i valori calcolati considerando un livello di servizio ottimale e le strutture a disposizione.

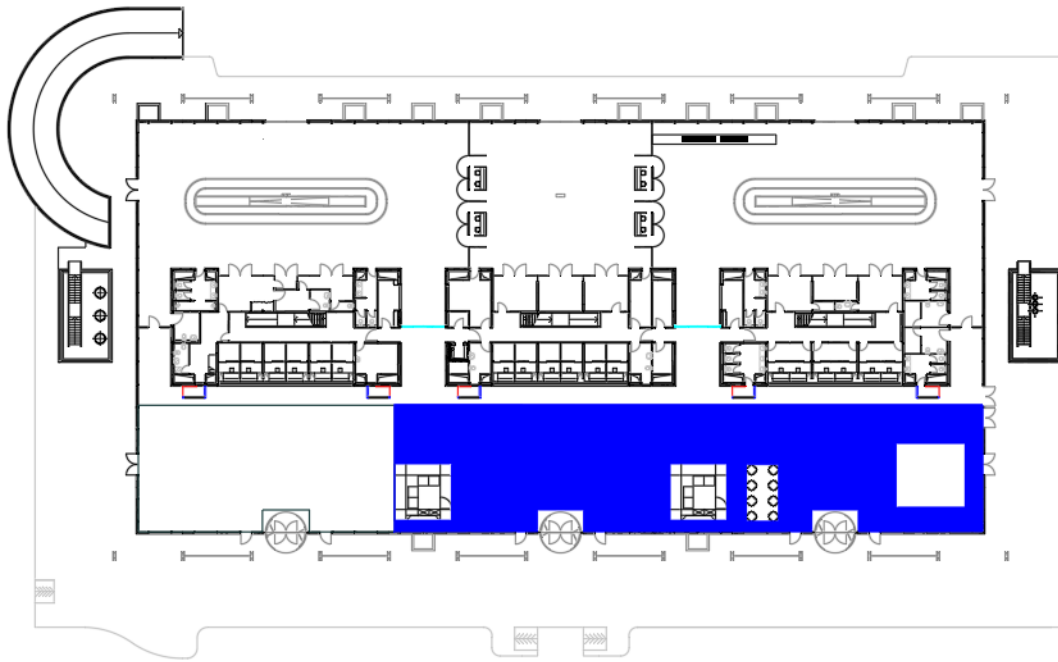


Figura 4.28. Area relativa all'atrio arrivi.

Tabella 4.21. Valutazione del livello di servizio dell'atrio arrivi relativo al 2021.

Pers. nell'atrio [pers]	Superficie necessaria [m ²]	Superficie disponibile [m ²]	Superficie per pax [m ² /pax]	LdS Optimum [m ² /pax]
55	113	655	11.9	2.0 – 2.3

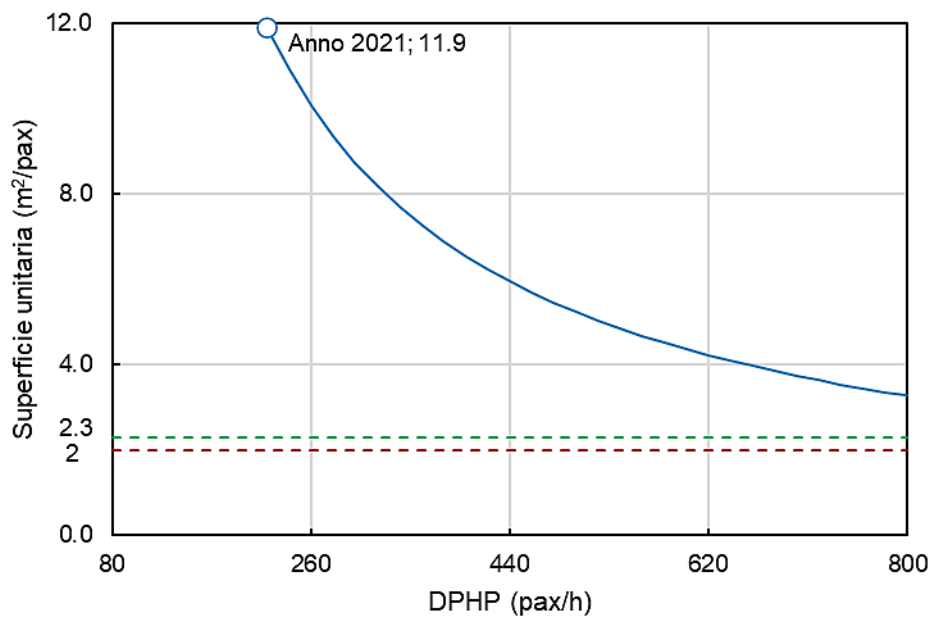


Figura 4.29. Andamento del livello di servizio all'aumentare del DPHP per l'atrio arrivi dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Dalla Tabella 4.21 si può notare che la superficie per passeggero risulta molto maggiore rispetto al livello di servizio ottimale, dunque l'atrio arrivi risulta sovradimensionato per il numero di passeggeri del 2021.

Lo stesso si può osservare nel grafico riportato in Fig. 4.29, l'atrio arrivi dell'Aeroporto Internazionale di Ancona resta sovradimensionato anche per valori del DPHP molto grandi.

La Fig. 4.30 mostra un'immagine dell'atrio arrivi.

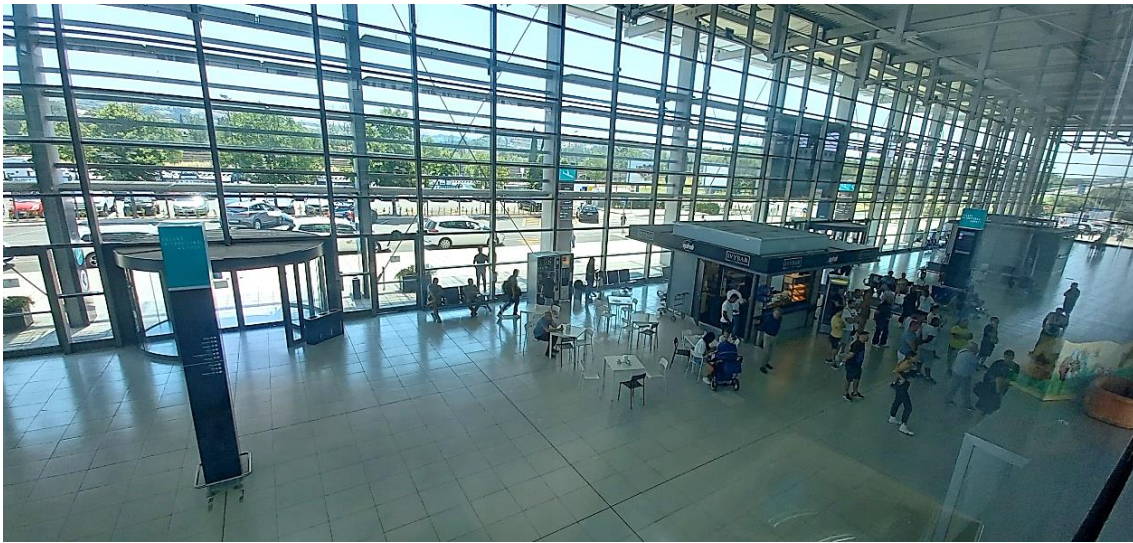


Figura 4.30. Atrio arrivi Aeroporto Internazionale di Ancona.

4.4.9. Riepilogo dei risultati

Nella Tabella 4.22 sono riassunti i risultati ottenuti per ciascun sottosistema dell'aerostazione passeggeri dell'Aeroporto Internazionale di Ancona.

Tabella 4.22. Riepilogo livello di servizio aerostazione passeggeri dell'Aeroporto Internazionale di Ancona relativo al 2021

Sottosistema	LdS Optimum [m ² /pax]	LdS calcolato [m ² /pax]
Atrio partenze	2.0 – 2.3	5.2
Check-in	1.3 – 1.8	3.8
Controlli di sicurezza	1.0 – 1.2	0.5
Controllo passaporti partenze	1.0 – 1.2	2.8
Sala imbarchi Schengen	Pax seduti 1.5 – 1.7	1.8
	Pax in piedi 1.0 – 1.2	10.2
Sala imbarchi Extra-Schengen	Pax seduti 1.5 – 1.7	1.8
	Pax in piedi 1.0 – 1.2	3.0
Ritiro bagagli	1.5 – 1.7	4.0

Controllo passaporti arrivi	1.0 – 1.2	2.4
Atrio arrivi	2.0 – 2.3	11.9

Quasi tutti i sottosistemi risultano sovradimensionati per la domanda di traffico del 2021. L'unico sottosistema molto sottodimensionato risulta essere i controlli di sicurezza, ma l'area riservata potrebbe essere facilmente ampliata sottraendo area all'atrio partenze, che risulta essere molto sovradimensionato. Per quanto riguarda l'area riservata ai passeggeri seduti nelle sale imbarchi Schengen e Extra-Schengen, risulta appena sovradimensionata. Anche in questo caso si potrebbe suddividere meglio l'area totale a disposizione e assegnare una maggiore area destinata ai passeggeri seduti piuttosto che a quelli in piedi.

Bibliografia

- [1] International Air Transport. Association, Airport Development Reference Manual, 10th ed.; IATA: Montreal, QC, Canada, 2014.
- [2] Ashford N. J., Mumayiz S. and Wright P. H., Airport Engineering, Planning, Design, and Development of 21st Century Airports, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2011.
- [3] Federal Aviation Administration, Airport Capacity and Delay Advisory Circular AC 150/5060-5, FAA: Washington, DC, 1983.

Conclusioni

Nell'ambito della revisione del Master Plan, la società di gestione dell'Aeroporto Internazionale di Ancona ha previsto la valutazione dello stato attuale dell'infrastruttura e, in particolare, la predisposizione di un metodo per valutare la capacità dell'infrastruttura, a fronte sia di un aumento dei passeggeri ma anche di possibili cambiamenti di configurazione.

Lo studio è stato condotto nell'ambito di un tirocinio curriculare svolto nelle strutture dell'ufficio tecnico dell'Aeroporto Internazionale di Ancona. Per la valutazione della capacità si è deciso di procedere dividendo l'aeroporto in sottosistemi e valutare la capacità di ciascuno di essi.

Alla luce di quanto emerso dallo studio possiamo concludere che:

- la *capacità massima dell'area di manovra* è di 8 op/h, e può raggiungere le 12 op/h in condizioni ideali. Ciò consente di stimare un volume massimo di operazioni l'anno di circa 70.000;
- la *capacità del piazzale* è stata valutata calcolando il numero di aeromobili di ciascuna categoria che possono essere ospitati nell'ora di punta: nella configurazione standard possono essere ospitati al massimo 9 aeromobili di categoria C e 4 aeromobili di categoria D. Nella configurazione per aeromobili di categoria E possono essere ospitati al massimo 6 aeromobili di categoria C, 4 aeromobili di categoria D e 1 aeromobile di categoria E;
- la *capacità dell'aerostazione passeggeri* è stata valutata tramite il calcolo del livello di servizio di ciascun sottosistema con riferimento alla procedura esposta nella decima edizione dell'ADRM IATA. Successivamente è stato valutato come il livello di servizio di ciascun sottosistema varia al variare della domanda di traffico;
- dall'analisi dell'aerostazione passeggeri è emerso che quasi tutti i sottosistemi risultano essere sovradimensionati per il volume di traffico attuale. Il livello di servizio ottimale, in generale, viene raggiunto per un volume di passeggeri nell'ora di punta compreso tra 300 e 600 pax/h;
- per le Sale imbarchi Schengen/Extra-Schengen, l'area riservata ai passeggeri seduti risulta appena sovradimensionata, al contrario di quelle destinate ai

passaggeri in piedi che risultano invece molto sovradimensionate. Sarebbe opportuno risuddividere gli spazi per assegnare una maggiore area ai passeggeri seduti piuttosto che a quelli in piedi;

- l'unico sottosistema sottodimensionato è quello dei controlli di sicurezza. Nonostante il numero dei varchi sia sufficiente a soddisfare la domanda, l'area destinata a tale sottosistema è circa la metà di quella che sarebbe necessaria. Il problema potrebbe essere risolto ampliando l'area sottraendo spazio all'atrio partenze che risulta molto sovradimensionato.