

Le Linee Guida contengono elementi di dettaglio di tipo interpretativo o procedurale per facilitare l'utente nella dimostrazione di rispondenza ai requisiti normativi. Sono generalmente associate a Circolari. Dato il loro carattere non regolamentare, i contenuti delle Linee Guida (LG) non possono essere ritenuti di per se obbligatori. Quando l'utente interessato sceglie di seguire le indicazioni fornite nelle LG, ne accetta esplicitamente le implicazioni sul proprio impianto organizzativo da esse come risultante ed esprime il proprio forte impegno a mantenersi aderente ad esse ai fini della continua rispondenza al requisito normativo interessato. I destinatari sono invitati ad assicurare che le presenti Linee Guida siano portate a conoscenza di tutto il personale interessato.

## ***Airport Pavement Management System***

### **Linee guida sulla implementazione del sistema di gestione della manutenzione delle pavimentazioni**



#### **DIREZIONE CENTRALE INFRASTRUTTURE AEROPORTI E SPAZIO AEREO**

##### **RIFERIMENTI REGOLAMENTARI**

##### **APPLICABILITÀ**

##### **PREMESSA**

- 1. INTRODUZIONE**
- 2. ASPETTI ORGANIZZATIVI E STRUMENTALI**
- 3. LA BANCA DATI**
- 4. ANALISI**
- 5. POLITICHE MANUTENTIVE E RIABILITATIVE**
- 6. LO SVILUPPO DI UN PROGRAMMA PLURIENNALE DI MANUTENZIONE**

##### **7. ULTERIORI NORME DI RIFERIMENTO**

##### **APPENDICE A - DATI DI INVENTARIO**

##### **APPENDICE B - DATI SULLO STATO PRESTAZIONALE E STRUTTURALE**

##### **APPENDICE C - MODALITÀ DI ARCHIVIAZIONE E GEOREFERENZIAZIONE DEI DATI**

##### **APPENDICE D - SPECIFICHE TECNICHE SOFTWARE PER GLI APMS**

##### **APPENDICE E - PARTECIPANTI AL GRUPPO DI LAVORO**

Riferimenti Regolamentari	Paragrafo	Titolo
<p>- <i>Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti, Edizione 2, Emendamento 9 del 23 ottobre 2014;</i></p> <p>- <i>Circolare Enac APT 10A "Criteri per la valutazione delle condizioni superficiali di una pista", 2014;</i></p> <p>- <i>Circolare Enac APT 16 "La certificazione dell'aeroporto", 2004</i></p> <p>- <i>Circolare Enac APT 21 "Approvazione di progetti e varianti di opere e impianti aeroportuali", 2006;</i></p>		

APPLICABILITÀ	
APT	<i>Gestore Aeroportuale</i>
ATM	
EAL	
LIC	
MED	
NAV	
OPV	
SEC	

## PREMESSA

Le presenti linee guida, in sede di prima applicazione, sono utilizzabili per gli aeroporti sui quali si svolge trasporto aereo commerciale con velivoli di massa al decollo superiore a 5700 Kg. o con 10 o più posti passeggeri e interessati da un numero di operazioni annue superiori a 10.000 movimenti.

Le linee guida definiscono criteri ritenuti accettabili dall'Enac per la pianificazione ed esecuzione dei controlli e della manutenzione necessaria.

I tempi ritenuti accettabili per l'implementazione di un nuovo sistema sono fino a 12 mesi per l'acquisizione della banca dati, e 36 mesi per l'entrata in esercizio del sistema.

Alcune disposizioni riportate nelle linee guida sono già contenute in altre normative ENAC e rispetto a queste ultime le linee guida sono da intendersi esplicative e integrative ma non sostitutive.

## 1. INTRODUZIONE

Un sistema complesso come quello aeroportuale richiede attente verifiche dei requisiti di accettabilità da parte delle autorità di controllo, e più in generale pone il problema del corretto esercizio delle infrastrutture e degli annessi servizi per il raggiungimento degli obiettivi (ad esempio il mantenimento dei requisiti indicati dal regolamento ENAC). Tale verifica può essere perseguita attraverso la certificazione del gestore.

La certificazione implica l'esistenza all'interno dell'organizzazione di un processo per la gestione delle pavimentazione e la verifica che tale processo contenga alcuni elementi essenziali atti a garantire la sua qualità.

Il sistema di gestione delle pavimentazioni aeroportuali "APMS" (Airport Pavement Management System) è un insieme di procedure sistematiche ed obiettive per :

- istituire e mantenere un inventario delle pavimentazioni;
- monitorare le loro prestazioni, pianificare e programmare le attività di manutenzione e riabilitazione;
- valutare l'efficacia ed i costi delle attività di manutenzione da svolgere nonché di quelle effettuate nel passato;

Alla luce di quanto detto, le presenti linee guida si prefiggono le finalità di definire gli elementi ed i requisiti essenziali degli APMS e le condizioni per una loro efficace

implementazione all'interno delle organizzazioni aziendali dei gestori, nell'ambito del processo di gestione delle pavimentazioni degli aeroporti certificati.

## 1.1. RUOLO, FINALITÀ E COMPONENTI DEGLI APMS

Gli APMS costituiscono un sistema di supporto alle decisioni relative alle strategie di gestione tecnicamente ed economicamente sostenibili per il mantenimento delle ottimali condizioni delle pavimentazioni aeroportuali in conformità a quanto prescritto dalla normativa vigente e per un prefissato periodo temporale.

Il sistema consente di determinare le priorità di intervento, programmare ed allocare le risorse attraverso procedure esaustive, obiettive e sistematiche.

Nella gestione delle infrastrutture si è soliti individuare due livelli gestionali: **livello di rete e livello di progetto**.

Gli APMS svolgono la loro funzione nella gestione sia a livello di rete che a livello di progetto.

Nel primo caso, si considera l'intero patrimonio di pavimentazioni controllate dal gestore (ad esempio tutte le pavimentazioni dell'aeroporto o di più aeroporti), e gli obiettivi principali sono:

- determinare lo stato attuale delle pavimentazioni;
- determinare le condizioni delle pavimentazioni a breve e lungo termine;
- individuare gli elementi che richiedono interventi di manutenzione e/o riabilitazione.

A livello di progetto il sistema prende in esame una specifica sezione, fra quelle individuate nella gestione a livello di rete come bisognose di interventi, e la decisione riguarda fondamentalmente:

- il confronto tecnico-economico tra interventi di manutenzione o riabilitazione (costi/benefici);
- l'individuazione di uno specifico intervento di manutenzione o riabilitazione, compresa la scelta dei materiali e le modalità di realizzazione.

Per funzionare correttamente, l'APMS deve essere quindi in grado di effettuare le seguenti macro-operazioni:

- raccolta e archiviazione dei dati inerenti alle pavimentazioni;
- valutazione obiettiva e ripetibile delle condizioni delle pavimentazioni con l'ausilio di indicatori;
- valutazione previsionale dell'evoluzione delle prestazioni / degrado delle pavimentazioni attraverso modelli matematici;
- valutazione delle conseguenze sullo stato delle pavimentazioni e sul costo dell'intero ciclo di vita dei diversi livelli di budget;
- valutazione del budget necessario per assicurare il raggiungimento di predeterminati obiettivi (ad esempio livelli minimi di prestazione attesi);
- individuazione delle strategie di manutenzione consigliate e definizione delle relative priorità.

Per svolgere le attività e perseguire gli obiettivi prima menzionati il sistema di gestione dovrà essere uno strumento capace di:

- effettuare la raccolta e l'archiviazione sistematica delle informazioni necessarie alla gestione;
- effettuare la valutazione dello stato delle pavimentazioni;
- effettuare la valutazione previsionale dello stato futuro della rete;
- determinare attraverso modelli di riferimento l'evoluzione nel tempo delle prestazioni delle pavimentazioni
- determinare degli effetti in termini di condizioni e di costi sul ciclo di vita delle pavimentazioni considerando le diverse strategie di manutenzione e riabilitazione;
- determinare degli impegni economici (budget) necessari a mantenere le pavimentazione a predeterminati livelli di prestazione;
- formulare una pianificazione delle attività di manutenzione e riabilitazione (formulare strategie manutentive) economicamente e tecnicamente vantaggiosa; valutazione obiettiva e ripetibile delle condizioni delle pavimentazioni con l'ausilio di indicatori;

A partire dalle attività sopra elencate si possono quindi individuare le macro-componenti del sistema di gestione delle pavimentazioni aeroportuali di seguito elencate sinotticamente e rappresentate nella Figura 1.1:

- Database;
- Modelli
- Strumenti di analisi;
- Strumenti per la presentazione dei risultati;

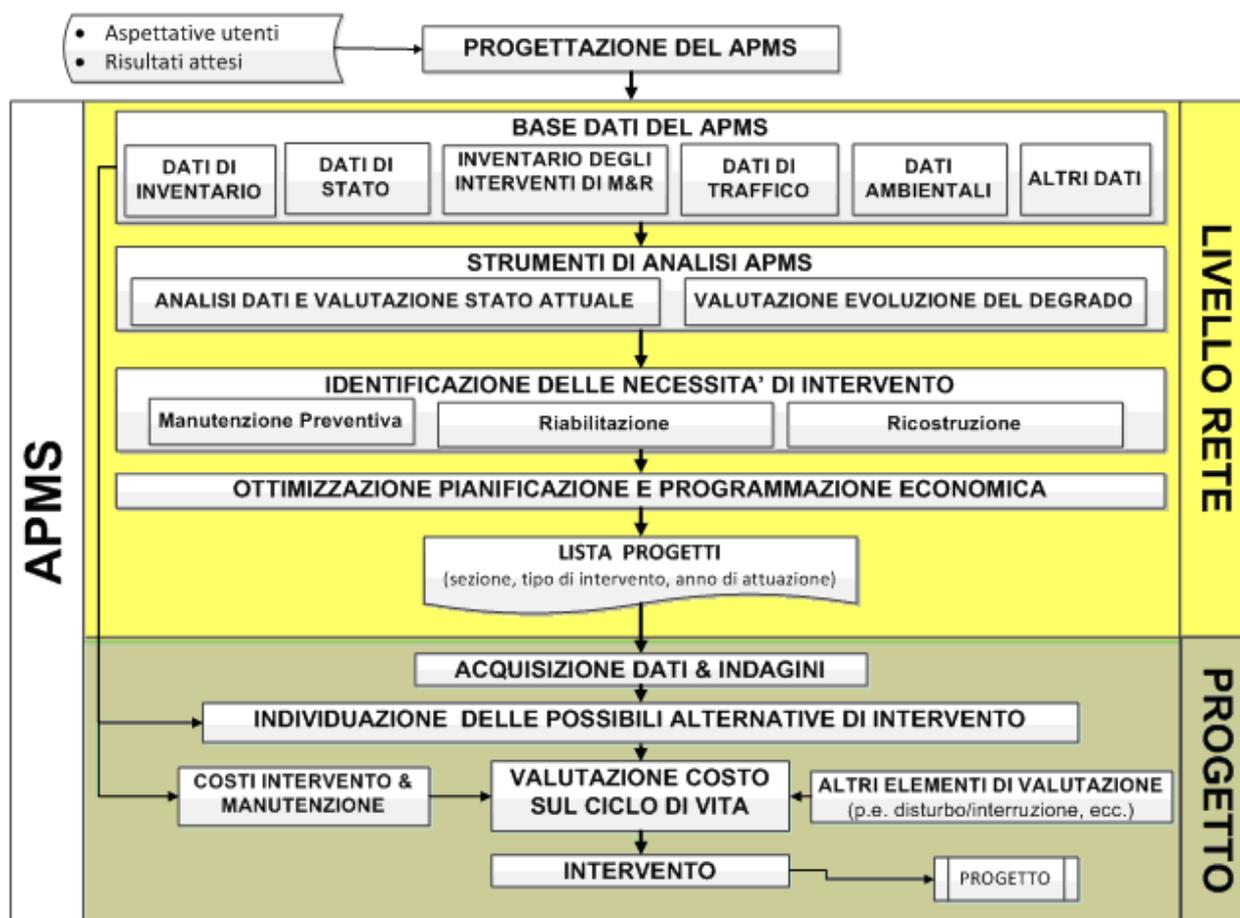


Figura 1.1 – Articolazione componenti del sistema di gestione delle pavimentazioni aeroportuali.

La strutturazione di un APMS include aspetti sia di tipo organizzativo che tecnico.

Gli aspetti di tipo organizzativo riguardano l'internalizzazione o esternalizzazione del servizio, le risorse economiche ed umane assegnate per il funzionamento del sistema, le relazioni (reporting) tra lo staff che gestisce il sistema e le altre strutture aziendali, la ripartizione di ruoli e responsabilità all'interno dello staff, ecc., temi che saranno affrontati nel **Capitolo 2**. A tale riguardo è necessario sottolineare che per un corretto funzionamento del processo generale di gestione è necessario che l'APMS sia ben integrato nei processi decisionali del gestore e sia adeguatamente supportato dal management aziendale.

Gli aspetti di carattere tecnico riguardano la strutturazione della base dati, la definizione degli strumenti e delle procedure di analisi, la definizione dei criteri di ottimizzazione, le modalità di rappresentazione dei risultati, nonché la risoluzione delle problematiche computazionali e di sistema connesse agli aspetti menzionati (vedi **Capitoli 4,5,6,7**).

## 1.2. BENEFICI E COSTI DEGLI APMS

Uno degli elementi caratterizzanti gli APMS non è tanto la capacità di rappresentare le attuali condizioni delle pavimentazioni, quanto quella di prevedere quelle future. Ciò permette a tali sistemi di valutare il costo sul ciclo di vita delle pavimentazioni, dei differenti interventi manutentivi e di individuare il momento in cui sia più opportuno realizzarli.

I benefici principali di un sistema di gestione delle pavimentazioni aeroportuali sono i seguenti:

- promuovere la creazione di una banca dati computerizzata che renda più agevole l'organizzazione, la conservazione e la consultazione dei dati relativi alle pavimentazioni (Banca Dati Elettronica);
- promuovere il monitoraggio delle pavimentazioni e l'acquisizione sistematica ed oggettiva dello stato di degrado;
- rappresentare l'evoluzione del degrado, quindi individuare: quando saranno necessari gli interventi di manutenzione e riabilitazione, la vita utile degli interventi di manutenzione e riabilitazione, gli interventi che presentano un tasso di evoluzione del degrado anomalo, il rapporto benefici/costi degli interventi;
- selezionare ed ottimizzare la lista degli interventi di manutenzione e riabilitazione da attuare in rapporto alle risorse economiche stanziare;
- rendere sistematica e documentabile l'identificazione delle necessità di intervento, supportando la richiesta di stanziamenti economici per le attività di manutenzione e riabilitazione delle pavimentazioni;
- consentire una maggiore flessibilità e capacità di adattamento ai cambiamenti, soprattutto ai cambiamenti relativi alle risorse umane interne ed esterne all'azienda che gestiscono o supportano la gestione operativa del sistema;

Di contro i costi associati alla realizzazione e gestione di un APMS comprendono:

- i costi per la raccolta, l'archiviazione e l'aggiornamento dei dati (di inventario e di stato);
- i costi per la realizzazione e la manutenzione della base dati;
- i costi per la realizzazione/acquisto del software di gestione;
- i costi per l'analisi dei dati e il funzionamento del sistema (risorse umane, studi, ecc);

## 2. ASPETTI ORGANIZZATIVI E STRUMENTALI

### 2.1 IL MANUALE DELL'AEROPORTO

Il Manuale dell'Aeroporto deve contenere una specifica sezione riservata all' APMS in cui devono essere definiti processi e metodologie destinati alla realizzazione del suddetto sistema. Nella specifica sezione del manuale è indispensabile elencare e descrivere:

- il Responsabile e l'eventuale struttura di supporto per l'implementazione e l'esercizio dell' APMS
- i criteri per la formulazione dei piani, dei programmi e le procedure che si intendono attuare. A titolo esemplificativo e non esaustivo:
  - i criteri per la formulazione del piano dei rilievi, delle procedure di archiviazione e pubblicazione dei dati;
  - i modelli di calcolo e di previsione;
  - il catalogo dei dissesti e degli interventi;
  - le tecniche di ottimizzazione e i criteri adottati per la scelta degli scenari di intervento;
  - eventuale altra documentazione esplicativa;
- i mezzi materiali di cui si dispone (software, veicoli, attrezzature varie);

### 2.2 RESPONSABILI E PERSONALE

#### **APMS Manager**

Il Gestore individua il responsabile dell'implementazione e del funzionamento dell'APMS, denominato APMS Manager esso si identifica con una figura subordinata al Post Holder Manutenzione.

L' APMS Manager è opportuno che sia una figura dotata di profilo professionale tecnico che abbia esperienza e conoscenza delle metodologie di manutenzione/realizzazione in ambito aeroportuale, nonché possieda conoscenza di base nella gestione di budget di commessa.

L'APMS Manager avrà a disposizione un budget specificamente assegnato alle attività di competenza della propria struttura.

Il nominativo del APMS Manager verrà sottoposto all'approvazione da parte di ENAC. Se il giudizio dell'autorità di controllo è favorevole il nominativo dell'APMS Manager potrà essere inserito nel Manuale di Aeroporto nella sezione riservata all'APMS.

#### **Struttura**

**Il predetto responsabile della struttura dedicata all' APMS deve disporre delle risorse che consentano di svolgere sempre tutte le attività previste;** eventualmente si possono individuare dei responsabili di area, che si occupino di

specifici settori o aspetti del APMS. La dotazione del personale, la struttura gerarchica e l'attribuzione dei compiti avverranno secondo le esigenze dell'azienda in funzione delle attività da gestire.

Le attribuzioni dei compiti delle varie figure che si occupano dell'APMS (all'interno della struttura aziendale) sono riportati nel seguente schema:

INCARICO / ATTRIBUZIONI
-------------------------

<i>APMS Manager</i>
---------------------

STRUTTURA DI PROCESSO
a) raccolta e gestione dei dati
b) pianificazione degli interventi di manutenzione - riabilitazione
c) gestione economica - finanziaria

<i>STRUTTURA DI PROCESSO: RACCOLTA DATI</i>
programmazione della campagna rilievi, progetto rilievo, esecuzione rilievi, raccolta altre informazioni e raccordo con eventuali sottosistemi

<i>STRUTTURA DI PROCESSO: GESTIONE DATI</i>
implementazione del GIS, trattamento e archiviazione dati, aggregazione ed analisi statistiche, pubblicazione report e relative comunicazioni, implementazione modelli previsionali

<i>STRUTTURA DI PROCESSO:PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE - RIABILITAZIONE</i>
analisi del sistema, definizione degli scenari di intervento

<i>STRUTTURA DI PROCESSO:ANALISI ECONOMICO-FINANZIARIA</i>
analisi economica degli interventi, computo metrico-estimativo, bilanci consuntivo e preventivo

### 2.3 STRUMENTI CONTRATTUALI

Il ricorso ad imprese e personale esterno per la fornitura abituale o eccezionale di mezzi e/o servizi oggetto del presente documento deve essere tracciata.

### 3. LA BANCA DATI

La creazione di un archivio dei dati finalizzato alla gestione richiede che vengano affrontate una serie di problematiche concernenti:

- la strutturazione della banca dati (architettura del sistema, organizzazione, utenti, caratteristiche dei dati, ecc.);
- la scelta dei dati in essa contenuti;
- le modalità di aggiornamento;

Per quanto concerne l'architettura generale quella più diffusamente impiegata è quella di tipo relazionale la quale è peraltro compatibile con l'utilizzazione di sistemi GIS, dei quali si suggerisce l'impiego, anche ai fini di una integrazione della banca dati del sistema di manutenzione delle infrastrutture con le altre banche dati esistenti all'interno dell'organizzazione aziendale.

#### 3.1 STRUTTURA DEI DATI

La banca dati delle pavimentazioni aeroportuali deve essere organizzata secondo una struttura in cui la rete, che rappresenta l'intero patrimonio di sovrastrutture sotto il controllo del gestore aeroportuale, deve essere suddivisa nelle seguenti entità fisiche:

**Ramo (branch):** parte della rete che svolge una specifica funzione, tipicamente i rami sono rappresentati dalle piste, dalle vie di rullaggio dalle bretelle di collegamento e dai piazzali, a titolo di esempio ogni pista costituisce un ramo.

**Sezione (section):** una parte di un ramo che può essere considerata omogenea sotto il profilo manutentivo (ad esempio stessa pavimentazione, modulo, spessore, traffico, ecc.), e costituisce l'elemento minimo sulla quale programmare gli interventi di manutenzione e riabilitazione;

**Unità di monitoraggio (sample unit):** una parte della sezione considerata nelle attività di monitoraggio e sulla quale sono eseguiti i rilievi degli ammaloramenti [ASTM-D-5340-11].

La definizione delle sezioni (sezionamento) può essere effettuata sia in modo statico che dinamico. Nel sezionamento statico, sicuramente più frequente negli APMS, le sezioni sono stabilite inizialmente durante l'implementazione della base dati e non subiscono variazioni se non in casi eccezionali. Nel sezionamento dinamico si

definiscono i criteri (dati da considerare ed eventuali campi di variazione) ed è il sistema ad effettuare la segmentazione prima di iniziare le analisi: le sezioni scaturiscono come minimo comun denominatore degli attributi presi in esame.

### 3.2 CATEGORIE DI DATI

I tipi di dati da acquisire per il funzionamento nel sistema di gestione delle pavimentazioni devono essere classificati in due macro-insiemi:

- dati di inventario;
- dati relativi allo stato strutturale e prestazionale.

### 3.3 DATI DI INVENTARIO

Le categorie dei dati di inventario, devono includere:

- i dati relativi agli interventi/attività di costruzione e manutenzione;
- i dati di traffico;
- i dati geometrici;
- i dati relativi ai costi;
- i dati ambientali;
- i dati legati alle politiche di gestione.

Le indicazioni relative alle categorie di dati sopra riportati sono specificate in Appendice A

### 3.4 DATI SULLO STATO PRESTAZIONALE E STRUTTURALE DELLE PAVIMENTAZIONI

I dati sullo stato prestazionale e strutturale delle pavimentazioni devono includere:

- Regolarità longitudinale;
- Regolarità trasversale;
- Aderenza
- Macrotessitura;
- Indicatore dei dissesti superficiali;
- Portanza Strutturale

Le indicazioni relative ai dati sopra riportati sono specificate in Appendice B

Per quanto concerne la frequenza temporale delle misure, queste devono essere effettuate secondo quanto indicato nella Tabella 3.1 sotto riportata

	Movimenti di aerei (giornalieri per elemento)	Rilievo e verifica Aderenza su bagnato	Rilievo e verifica Macro-tessitura	Rilievo e verifica Regolarità Longitudinale e trasversale	Rilievo ottico e verifica PCI	Verifica portanza (ACN/PCN)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Piste</b>	<30	Vedi circolare ENAC APT10A	48	48	48	60
	30-60		36	36	36	
	61-180					
	181-300		24	24	24	36
	301-420					
	>420					
<b>Taxiway e apron</b>	<30	X	X	60	48	60
	30-60			48	36	
	61-180					
	181-300			24	24	36
	301-420					
	>420					

*Tabella 3.1- Quadro sinottico della frequenza temporale minima dei controlli delle caratteristiche delle pavimentazioni aeroportuali (air side) espressa in mesi*

Nota: per le pavimentazioni rigide le frequenze di indagini riportate in tabella sono incrementate di 24 mesi

In via eccezionale e per motivate esigenze, sono fatte salve diverse prescrizioni sancite da disposizioni di ENAC.

### 3.5 UTENTI DELLA BANCA DATI

Ciascun APMS Manager dovrà definire le categorie di utenti della banca dati, con la funzione di individuare chiaramente i compiti nella gestione dell'archivio e le modalità di fruizione. Ciò in definitiva consente un uso ed un controllo più efficiente della banca dati attraverso la possibilità di definire i diritti di accesso all'archivio.

### 3.6 ARCHIVIAZIONE E GEOREFERENZIAZIONE DEI DATI DELL' APMS

E' opportuno che il Gestore Aeroportuale definisca ed adotti una specifica procedura per l'archiviazione, la gestione e l'aggiornamento dei dati. Tale procedura potrà essere inserita nel Manuale d'Aeroporto, tenendo in considerazione quanto inserito in **Appendice C**.

## 4. ANALISI

Al fine di poter pianificare gli interventi necessari per il mantenimento delle condizioni di sicurezza ed efficienza della rete partendo dai dati definiti nei precedenti paragrafi, il Gestore Aeroportuale deve procedere a:

- a) identificare gli strumenti più opportuni per effettuare l'analisi e la valutazione dei differenti scenari tecnico economici (software e hardware) ;
- b) definire un arco temporale di riferimento rispetto al quale pianificare gli interventi; tale periodo sarà di riferimento per la redazione dei piani di manutenzione;
- c) definire i modelli di degrado rappresentativi delle pavimentazioni;
- d) definire le proprie soglie di riferimento al fine di pianificare i relativi interventi di manutenzione preventiva e di manutenzione e riabilitazione all'interno dell'arco temporale di riferimento.
- e) definire le tipologie di interventi manutentivi e riabilitativi eseguibili attraverso la redazione di un catalogo degli interventi. In tale catalogo dovranno essere riportate le caratteristiche dell'intervento (specifiche costruttive, costi, campi di impiego, benefici apportati in termini di durata dell'intervento e di estensione della vita utile della pavimentazione ecc.);
- f) pianificare gli interventi in funzione di una semplice prioritizzazione o di una vera e propria ottimizzazione;
- g) definire il programma degli interventi relativo al periodo di riferimento considerato in fase di analisi.

#### 4.1 MODELLI PREVISIONALI DI DEGRADO

Lo sviluppo di modelli di degrado è una fase fondamentale per il funzionamento del sistema di gestione e per la personalizzazione del software che il gestore ha scelto di adottare. I modelli di degrado sono usati per predire la condizione della pavimentazione nel tempo e per assistere l'APMS manager ad individuare il momento in cui risulta più opportuno realizzare un certo intervento, in funzione degli obiettivi che sono stati preventivamente selezionati (politica del gestore). Grazie ai modelli di degrado il gestore può quindi ottenere informazioni circa le condizioni future della rete e valutare quali interventi risultano essere tecnicamente ed economicamente più vantaggiosi rispetto al periodo di analisi considerato (Life Cycle Cost Analysis). Esistono diversi metodi per la creazione dei modelli di degrado. La scelta del metodo deve essere svolta dal Gestore Aeroportuale e dipende soprattutto dalla quantità e dalla qualità dei dati (parametri significativi per la condizione della pavimentazione) di cui esso dispone.

Nel caso in cui il gestore disponga già di un archivio storico di dati, possono essere utilizzati anche modelli creati a partire dai dati di archivio.

L'utilizzo di modelli previsionali richiede che questi vengano aggiornati continuamente in funzione dei nuovi dati rilevati poiché da tale aggiornamento dipende l'affidabilità e l'accuratezza delle analisi svolte. Più il periodo di analisi è lungo (> 15 anni), meno attendibili sono le previsioni.

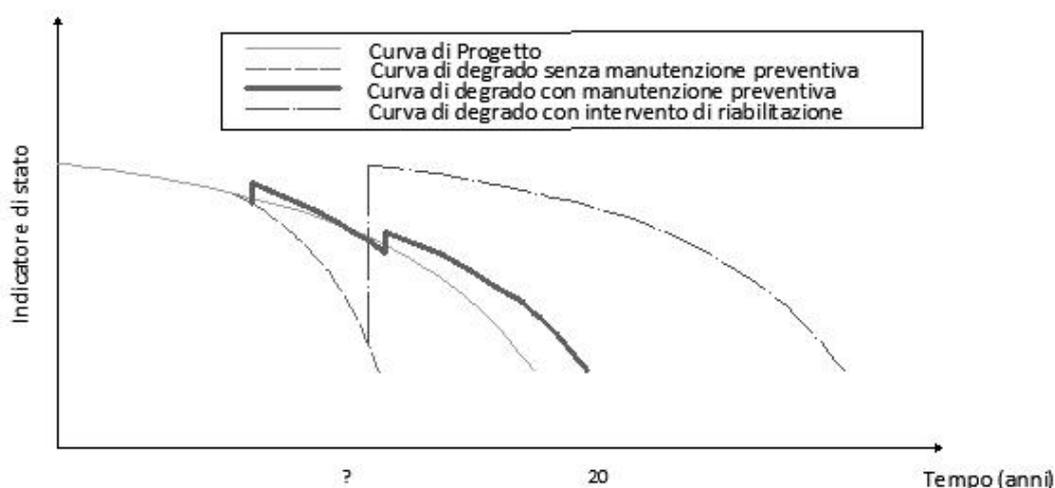


Figura 4.1 - Esempio di curve di degrado

## 5. POLITICHE MANUTENTIVE E RIABILITATIVE

E' opportuno che il gestore aeroportuale definisca la propria politica manutentiva e rediga un **Catalogo degli Interventi** di riferimento in cui include gli interventi manutentivi e riabilitativi che reputa applicabili e realizzabili sulle infrastrutture di propria competenza. Nel Catalogo degli Interventi dovranno essere distinti gli interventi di manutenzione preventiva da quelli di manutenzione curativa, dagli interventi di riabilitazione localizzati e da quelli di riabilitazione estesi all'intera sezione.

Gli interventi previsti nel **Catalogo degli Interventi** devono essere i soli che vengono considerati (anche dal software) in fase di analisi. Per ciascuno di essi devono essere specificate le condizioni che attivano l'intervento (trigger) in funzione della tipologia, entità e severità di dissesti presenti e le conseguenze, in termini di evoluzione della condizione della pavimentazione apportabili dallo specifico intervento. Sia nel **Catalogo degli Interventi** sia in fase di analisi devono essere definiti i costi associati a ciascun intervento al fine di permettere la valutazione tecnico-economica delle diverse strategie manutentive applicabili alle pavimentazioni della rete.

E' opportuno che il Gestore Aeroportuale sviluppi linee guida che facilitino la prioritizzazione di un intervento rispetto ad un altro attribuendo differenti "livelli di priorità" agli elementi che costituiscono la rete e diversi "livelli di priorità" agli interventi (nel caso sia necessario un intervento per il quale non siano presenti sufficienti fondi, il sistema deve essere in grado di individuare una valida alternativa).

### 5.1 ESEMPIO DI STRUTTURA DI UN CATALOGO DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE E RIABILITAZIONE

Nell'ambito dei sistemi di gestione della manutenzione gli interventi che possono essere messi in atto, al fine di assicurare funzionalità, comfort e sicurezza della circolazione, sono generalmente distinti in due macro-categorie: manutenzione e riabilitazione (M&R). Questa distinzione riflette il campo di applicazione degli interventi appartenenti a ciascuna macro-classe, in particolare: gli interventi di manutenzione trovano applicazione in presenza di un modesto o trascurabile degrado strutturale degli strati costituenti la pavimentazione, mentre gli interventi di riabilitazione sono finalizzati all'adeguamento strutturale.

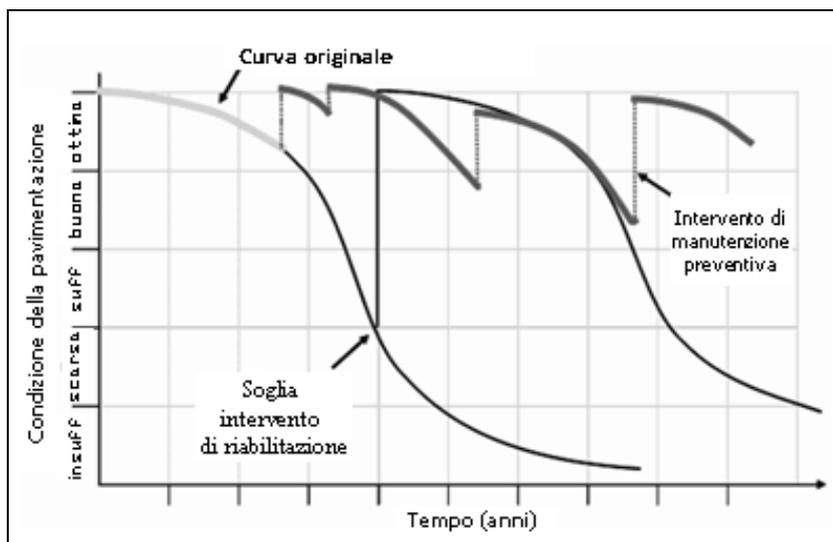


Figura 5.1 – Interventi manutentivi e riabilitativi

La determinazione degli interventi è caratterizzata da una certa libertà di scelta, influenzata dall'urgenza dell'intervento, dai mezzi disponibili, dalla durata dell'intervento ed infine da disposizioni di carattere "strategico" che indirizzino gli obiettivi principali della manutenzione della infrastruttura di competenza. Facendo riferimento alle strategie di manutenzione la scelta ricade tra interventi di manutenzione preventiva, i quali si realizzano in genere prima che si evidenzino danni importanti, e interventi di manutenzione di tipo curativo, che mirano a risanare situazioni che presentano già un danno evidente.

Nel contesto dell'analisi del danno e della scelta delle soluzioni di intervento si dovranno anche valutare la presenza ed il funzionamento dei sistemi di drenaggio della pavimentazione. I difetti legati al drenaggio possono costituire infatti la causa principale del danno e devono essere eliminati nell'ambito dell'esecuzione dell'intervento.

La scelta dei criteri di intervento rappresenta un aspetto di estrema importanza ai fini della strutturazione di un sistema di gestione della manutenzione delle sovrastrutture aeroportuali, in particolare è necessario:

- Scegliere i tipi di intervento di cui si prevede l'impiego (catalogo degli interventi);
- Definire le caratteristiche dell'intervento (specifiche costruttive, costi, campi di impiego ecc.);
- Assegnazione delle famiglie di intervento agli elementi della rete (in modo da particolareggiare le tipologie di intervento rispetto alla singola porzione di rete).

Le tecniche di manutenzione e di riabilitazione delle sovrastrutture sono molteplici ma gli interventi alternativi previsti in uno specifico sistema di gestione della manutenzione devono essere quelli che il Gestore Aeroportuale prevede di poter utilizzare nella pratica corrente. L'ente gestore per mantenere il proprio APMS efficiente deve provvedere ad aggiornare periodicamente le informazioni e le caratteristiche associate agli interventi (costi, evoluzione tecnica, esperienze proprie e di altre realtà aeroportuali).

A titolo esemplificativo, si riportano di seguito alcuni **interventi manutentivi** che possono essere considerati dal gestore in fase di redazione di un proprio e adeguato catalogo degli interventi:

- Sigillatura delle fessure;
- Rigenerazione dell'aderenza senza apporto di materiale;
- Riparazioni buche;
- Rappezzi;
- Trattamenti superficiali;
- Microtappeti a freddo;
- Rifacimento dello strato superficiale;

Tra i **trattamenti di riabilitazione** della pavimentazione che possono essere considerati:

- Ripristini profondi ma localizzati;
- Ricostruzione parziale;
- Risanamento profondo;

## 6. LO SVILUPPO DI UN PROGRAMMA PLURIENNALE DI MANUTENZIONE

Un programma efficiente ed efficace di manutenzione delle pavimentazioni richiede quindi:

- l'acquisizione di dati relativi allo stato delle pavimentazioni;
- la definizione di un periodo di analisi;
- la definizione delle curve di degrado di ciascun indicatore utilizzato per descrivere la condizione della pavimentazione;
- la definizione di un criterio di scelta delle strategie di intervento applicabili;
- l'adozione degli opportuni strumenti capaci di supportare il Gestore in fase di analisi e di decisione;

Note le suddette informazioni sarà possibile per il gestore effettuare una programmazione pluriennale degli interventi manutentivi necessari in relazione agli scenari di budget ed ai livelli di qualità delle pavimentazioni rispettivamente ipotizzati e desiderati.

Definiti i benefici ed i costi di ciascuna strategia manutentiva, la scelta degli interventi può avvenire sulla base di criteri di **“ottimizzazione”** attraverso i quali si seleziona la strategia, tra quelle tecnicamente ammissibili, di massima redditività.

Verso questo tipo di gestione deve tendere un Gestore aeroportuale, che realizza da tempo e continua a realizzare un appropriato monitoraggio della rete ed in particolare delle condizioni delle pavimentazioni.

In assenza di un monitoraggio siffatto, e dunque nell'impossibilità di stabilire un valore temporale di riferimento per l'effettuazione degli interventi, il sistema di gestione deve avere la funzione di proporre al Gestore le **“priorità d'intervento”**, cioè una lista ordinata (discendente) in funzione della condizione della pavimentazione delle sezioni della rete.

A titolo esemplificativo e non esaustivo nei paragrafi successivi vengono descritte le due modalità di approccio fondamentali per affrontare il problema della pianificazione della manutenzione delle pavimentazioni aeroportuali in modo razionale:

**Prioritizzazione:** tramite rilievo visivo e semplici algoritmi è possibile determinare, per ogni sezione monitorata, il valore di PCI che permette di definire la lista delle priorità di intervento.

**Ottimizzazione:** l'obiettivo dell'analisi è selezionare, su un arco temporale di riferimento, la strategia migliore per il soddisfacimento dell'obiettivo/degli obiettivi

preventivamente individuati (massimizzazione della condizione della rete, minimizzazione del budget, massimizzazione del rapporto beneficio/costi).

**Entrambe** le tecniche sopra menzionate garantiscono una scelta più razionale degli interventi anche se con modalità e vantaggi differenti; è evidente infatti che l'adozione di un semplice criterio di prioritizzazione contiene al suo interno una componente soggettiva più forte di quella di un sistema di gestione in grado di massimizzare il rapporto Benefici/Costi e che si basa su curve di degrado calibrate sulla rete di competenza e su un piano di monitoraggio continuo nel tempo. Ancorché sia sempre preferibile operare tramite ottimizzazione, la mancanza di risorse (per il monitoraggio per esempio) può imporre l'utilizzo di criteri di prioritizzazione.

## 6.1 DEFINIZIONE DELLE NECESSITÀ DI INTERVENTO

La conoscenza precisa dello stato di degrado di una pavimentazione è particolarmente importante per:

- a. la determinazione delle cause specifiche del degrado;
- b. la scelta del tipo di intervento più idoneo;
- c. la determinazione delle **priorità** e dell'urgenza di intervento.

Ogni Gestore è chiamato quindi ad implementare dei propri criteri di pianificazione che attribuiscono alle diverse infrastrutture diversa importanza e quindi diversa priorità.

In questo senso, come già accennato nella premessa, il criterio della prioritizzazione appare semplice e di immediata applicazione e, anche se non rappresenta una vera e propria programmazione pluriennale, permette quantomeno l'individuazione delle priorità di intervento, senza ripiegare su scelte discrezionali scarsamente motivate sotto il profilo tecnico economico. Il concetto della lista delle priorità fa riferimento a dei valori limite (minimo o massimo) oppure ad un campo di variazione, costituendo una soglia di allerta e una soglia di sicurezza oltre la quale non è possibile garantire le prestazioni minime della pavimentazione. In particolare la prioritizzazione, attraverso un'analisi multicriteria, definisce una lista ordinata delle sezioni in ragione della priorità di intervento (ad esempio in base al PCI o ad un indicatore di stato ed al grado di priorità dell'elemento), senza poter però pervenire ad alcuna indicazione circa la collocazione temporale ottimale dell'intervento stesso, circa la migliore tipologia di intervento sotto il profilo tecnico/economico e senza possibilità di ottimizzare il budget disponibile.

Ciò nonostante, in assenza dei dati utili e necessari per poter operare tramite ottimizzazione, la prioritizzazione costituisce un valido strumento di pianificazione.

## 6.2 OTTIMIZZAZIONE DELLE STRATEGIE DI INTERVENTO

L'obiettivo dell'ottimizzazione è individuare la migliore strategia per ogni elemento (sezioni omogenee o di progetto) senza superare i limiti imposti dalle risorse disponibili, ma ottimizzando su un arco temporale di riferimento le risorse e la condizione della rete in funzione di determinati obiettivi. Le strategie così selezionate vanno a comporre il programma di intervento che rappresenterà lo strumento a cui il gestore potrà fare riferimento per decidere dove, come e quando intervenire.

Per poter realizzare una pianificazione ottimizzata, il Gestore Aeroportuale deve univocamente definire all'interno del Manuale dell'Aeroporto **il criterio** secondo il quale intende realizzare l'ottimizzazione. La scelta di tale criterio rappresenta un aspetto di estrema importanza ai fini della strutturazione di un sistema di gestione della manutenzione delle pavimentazioni aeroportuali. L'analisi delle diverse strategie manutentive e dei diversi scenari di budget, realizzata attraverso l'applicazione di algoritmi, varia in funzione degli obiettivi fissati dal Gestore Aeroportuale il quale può desiderare:

- Il raggiungimento ed il mantenimento di determinate condizioni delle pavimentazioni della rete (massimizzazione della condizione) durante tutto il periodo di analisi secondo il criterio prescelto che potrebbe non garantire l'utilizzo ottimizzato del budget stanziato per la manutenzione.
- L'individuazione delle strategie manutentive che consentono l'utilizzo di tutto il budget (massimizzazione del budget) ma non sempre riescono a mantenere o a riportare la condizione di tutte le sezioni della rete al di sopra dei valori di accettabilità (scelta degli interventi in funzione delle risorse finanziarie disponibili ogni anno) il budget annuale stanziato infatti potrebbe essere: fisso per tutto il periodo di analisi, variabile di anno in anno, ecc....
- La massimizzazione del rapporto benefici - costi; in questo caso il beneficio è il miglioramento della condizione della pavimentazione ed il costo è quello associato alla strategia manutentiva considerata nel periodo di analisi. Grazie ai risultati scaturiti dall'analisi tecnico - economica, il Post Holder Manutenzione può richiedere o meno una rivalutazione del budget annuale stanziato per la manutenzione delle infrastrutture di volo. Tale richiesta è supportata dalle analisi che dimostrano quali siano le effettive necessità della rete per lo specifico anno. Poiché il raggiungimento di determinati standard prestazionali non può avvenire a prescindere dalle risorse disponibili è opportuno che i risultati derivanti dall'analisi tecnico - economica siano noti non solo al responsabile della Manutenzione bensì a tutti coloro ai quali vengono attribuite funzioni decisionali, di pianificazione e di spesa. L'individuazione di tali soggetti deve avvenire in funzione dell'organigramma adottato dal Gestore.

## 7. ULTERIORI NORME DI RIFERIMENTO

- Norme ICAO
  - Annex 14 “Aerodromes, volume I (Aerodrome Design and Operations), fifth edition”, 2009;
  - Doc 9157 “Aerodrome Design Manual, part 1 (Runways), third edition”, 2006;
  - Doc 9137 “Airport Service Manual, part 2 (Pavement Surface Conditions), fourth edition”, 2002;
  - Doc 9137 “Airport Service Manual, part 9 (Airport Maintenance Practices), first edition”, 1984;
  - Doc 9157 “Aerodrome Design Manual, part 3 (Pavements), second edition”, 1983.
  
- Norme UNI, EN, ISO
  - UNI EN 13036-6:2008 - Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 6: Misurazione dei profili trasversali e longitudinali nei settori e nei campi di lunghezza d onda della regolarità e della megatessitura.
  - UNI EN 13036-8:2008 - Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 8: Determinazione degli indici di irregolarità trasversale.
  - UNI EN 13036-7: 2004 - Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 7: Misurazione dell’irregolarità delle pavimentazioni: misura con il regolo.
  - UNI EN 13036-1:2010 - Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - metodi di prova - parte 1: misurazione della profondità della macrotestitura della superficie della pavimentazione tramite tecnica volumetrica ad impronta
  - UNI EN ISO 13473-5:2010 - Caratterizzazione della tessitura delle pavimentazioni mediante analisi dei profili - parte 5: determinazione della megatessitura.
  - UNI EN ISO 13473-3 - “Characterization of pavement texture by use of surface profiles, part3 (Specification and classification of profilometers)”, 2002;
  - UNI EN ISO 13473-1:2004 - Caratterizzazione della tessitura delle pavimentazioni mediante analisi dei profili - Parte 1: Determinazione del MPD (profondità media della macrotestitura).

- Altri documenti

- FAA AC-150/5300-16a, “General Guidance and Specifications for Aeronautical Surveys: Establishment of Geodetic Control and Submission to the National Geodetic Survey”, 2007;
- FAA AC-150/5300-17c “Standards for Using Remote Sensing Technologies in Airport Surveys ”, 2011;
- FAA AC-150/5300-18b “General guidance and specifications for submission of aeronautical surveys to ngs: field data collection and geographic information system (gis) standards”, 2009;
- FAA AC-150/5320-6e “Airport Pavement Design and Evaluation”, 2009;
- FAA AC-150/5320-12c “Measurement, construction, and maintenance of skid-resistant airport pavement surfaces”, 1997 (8 changes ultimo 2007);
- FAA AC-150/5320-17, “Airfield pavement surface evaluation and rating manuals”, 2004;
- FAA AC-150/5335-5B, “Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN”,2011;
- FAA AC-150/5380-6B “Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement”,2007;
- FAA AC-150/5380-7a “Airport pavement management program” , 2006;
- FAA AC-150/5380-9 “Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness”,2009;
- FAA AC-5370/11B “Use of nondestructive testing devices in evaluation of airport pavement”, 2011;
- ASTM E 950-98 “Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference”, 2004;
- ASTM E 1926-08 “Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”, 2008;
- ASTM E1703 E1703/M-95 “Standard Test Method for Measuring Rut-Depth of pavement Surfaces Using a Straightedge”, 2005;
- ASTM D5340-11 “Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys”,2011;
- ASTM D4695-03 “Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements”, 2008;
- ASTM D4694-96 “Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device Investigation”, 2003;
- ASTM D6432-99 “Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface”, 2005;
- ASTM E965-96(2006) – Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique

- Commercial Airplane Group Boeing, document D6-81746, “Runway Roughness Measurement, Quantification, and Application–The Boeing Method”, 2002.
- “*Guidelines Respecting the Measurement and Evaluation of Airfield Pavement Surface Roughness*”, Transport Canada - International Aviation and Technical Programs Branch - Engineering Reference Document No.236, p. 1-30. Ottawa, Ontario Canada 2005.

## APPENDICE A - DATI DI INVENTARIO

Le categorie dei dati di inventario devono includere:

- A.1 Dati relativi agli interventi/attività di costruzione e manutenzione;
- A.2 Dati di traffico;
- A.3 Dati geometrici;
- A.4 Dati sui costi;
- A.5 Dati ambientali;
- A.6 Dati legati alle politiche di gestione.

### A.1 I DATI RELATIVI AGLI INTERVENTI / ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE E MANUTENZIONE

I dati relativi alla costruzione ed agli interventi di manutenzione sono essenziali sia per l'impiego dei modelli per la valutazione previsionale delle prestazioni della sovrastruttura (impiegati per la pianificazione, la programmazione ed il progetto) che per lo sviluppo e l'aggiornamento dei modelli stessi.

I dati sulla costruzione devono fornire informazioni circa la configurazione strutturale iniziale delle pavimentazioni e nella loro forma più estesa essi pertanto devono comprendere:

- a) la tipologia di pavimentazione;
- b) gli spessori ed il tipo di materiale impiegato (p.e. conglomerato bituminoso, misto granulare, ecc.) nei vari strati costituenti la pavimentazione;
- c) la qualità dei materiali impiegati nella costruzione (p.e. resistenza alla trazione per flessione dei calcestruzzi, resistenza alla trazione indiretta o stabilità Marshall per conglomerati bituminosi, modulo resiliente dei misti granulari, ecc);

I dati sopramenzionati devono essere acquisiti all'atto di implementazione dell'APMS e integrati, qualora disponibili, con i dati storici.

Le informazioni concernenti gli interventi di manutenzione e riabilitazione delle pavimentazioni possono comprendere:

- a) la tipologia di intervento;
- b) le eventuali modifiche alla configurazione strutturale della pavimentazione (p.e. aumento spessore strati in CB, trasformazione di misti granulari in misti cementati ecc.) ;

- c) le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati (p.e. resistenza alla trazione per flessione dei calcestruzzi, resistenza alla trazione indiretta o stabilità Marshall per conglomerati bituminosi, modulo resiliente dei misti granulari, ecc;
- d) l'impresa esecutrice;
- e) i risultati dei controllo di qualità effettuati;
- f) i tempi di realizzazione dell'intervento;

## A.2 I DATI DI TRAFFICO

Per quanto concerne i dati di traffico la loro conoscenza è essenziale oltre che per la previsione dell'evoluzione del degrado, e quindi delle prestazioni, anche per la definizione delle priorità di esecuzione tra gli interventi di manutenzione e riabilitazione individuati (lista delle priorità).

I dati traffico per gli aeroporti devono essere costituiti almeno da:

- a) Volume di traffico: numero di movimenti giornalieri o annui sulle sezioni;
- b) Spettro del traffico: suddivisione del traffico in categorie di aeromobili e loro rappresentatività sul volume totale di traffico;

Lo spettro di traffico può essere rappresentato a vari livelli di dettaglio a partire dalla suddivisione in 6 categorie operata dall'Annesso 14 dell'ICAO (basata sulla sola apertura alare, a cui corrispondono approssimativamente caratteristiche simili in termini di massa e configurazione dei carrelli), fino ad arrivare ad una rappresentazione in base ai tipi di aeromobile.

Altri dati che possono essere inseriti nella sezione traffico sono:

- c) l'incremento medio annuo del volume di traffico;
- d) la variazione dello spettro di traffico negli scenari futuri;
- e) la variabilità delle traiettorie o il numero di ricoprimenti riferita ai singoli rami "branch".

L'incremento medio annuo del traffico attuale, è valutato sulla base dei dati storici, quello futuro dipende dalle politiche di espansione e dagli scenari del trasporto aereo e può essere eventualmente stimato sulla base dei dati storici (proiettando nel futuro i trend storici misurati).

Analoghe considerazioni possono essere svolte per gli spettri di traffico, tenendo conto comunque che la dinamica di evoluzione di questi è influenzata del rinnovamento dei

velivoli con sostituzione dei tipi di aeromobili tecnologicamente obsoleti, oltre che ovviamente dalle politiche di sviluppo dell'aeroporto (ad esempio evoluzione del traffico da nazionale a regionale su scala europea, ecc.).

### A.3 I DATI GEOMETRICI

I dati sulla geometria servono per definire le caratteristiche fisiche delle sovrastrutture e costituiscono elemento essenziale dell'inventario. I dati che devono essere registrati sono: lunghezza (ramo, sezione, unità di monitoraggio), classificazione funzionale delle piste, larghezza, tipo e larghezza delle shoulders, pendenza longitudinale, pendenza trasversale. Tali dati vengono impiegati in modo particolare nelle attività di pianificazione degli interventi ma contribuiscono anche alla valutazione dei costi complessivi degli interventi stessi in quanto ne determinano l'estensione.

### A.4 I DATI SUI COSTI

I dati relativi ai costi devono comprendere le seguenti categorie:

- Costi degli interventi di costruzione riabilitazione e manutenzione;
- Costi patrimoniali.

*I costi degli interventi di costruzione riabilitazione e manutenzione* vengono generalmente espressi per metro quadrato di intervento o per metro cubo di materiale compresi tutti gli oneri relativi alla esecuzione del lavoro. La loro valutazione può essere effettuata sulla base degli elenchi prezzi stabiliti dalle amministrazioni, tenuto conto della media dei ribassi normalmente praticati, per i lavori appaltati a terzi. Mentre per i lavori di manutenzione eseguiti da unità interne all'ente gestore dovranno essere effettuate opportune analisi sulla base della ripartizione ai vari centri di costo ed alle quantità di lavori eseguiti negli anni precedenti.

*Il costo, o meglio il valore patrimoniale* può essere stimato attraverso vari approcci:

- Valore storico di acquisizione;
- Valore contabile (p.e. il valore storico svalutato);
- Valore di sostituzione (p.e. il costo di un nuovo bene meno il costo svalutato dell'esistente);

- Valore di mercato (p.e. il prezzo che sarebbe pagato vendendolo l'infrastruttura in un mercato libero);
- Valore attualizzato dei futuri guadagni generati dal bene.

Per le pavimentazioni aeroportuali usualmente si utilizza l'approccio del valore di sostituzione, valutato attraverso i seguenti passi:

- a) Valutazione del valore lordo di sostituzione "VLS";
- b) Valutazione della vita utile;
- c) Calcolo del costo di sostituzione svalutato "VNS";

E' auspicabile che vengano acquisiti anche i costi relativi agli utenti. I dati che vengono impiegati per la valutazione dei *costi sostenuti dagli utenti* possono estremamente ampi, quelli che in misura maggiore possono essere legati alla gestione della manutenzione delle sovrastrutture sono il degrado degli aeromobili ed i perditempo indotti dalle attività di manutenzione/riabilitazione; i primi non sono normalmente presi in considerazione vista la difficoltà di quantificarli, anche se alcuni studi sono stati condotti ed in futuro si potrebbe giungere ad una definizione di tali costi per alcuni elementi dell'aeromobile (p.e. carrelli). I costi relativi ai perditempo indotti dai lavori sui movimenti degli aeromobili sono invece quantificabili in termini di maggior consumo di carburante, costo dell'equipaggio e costo utenti (costo ora lavorativa x maggiore tempo impiegato).

## A.5 I DATI AMBIENTALI

Le condizioni ambientali hanno un indubbio effetto sul comportamento delle pavimentazioni e sull'evoluzione del degrado che in esse si verifica. In aggiunta esse possono influenzare la scelta delle tipologie di interventi manutentivi che vengono presi in considerazione dal sistema di gestione, poiché incidono sulle prestazioni attese e limitano la libertà di esecuzione di un determinato intervento.

I dati ambientali minimi che devono essere rilevati sono riportati nella tabella seguente.

Nome	Descrizione	Unità di Misura
Tm-m	Temperatura media mensile	°C
Tx-m	media della temperatura massima dell'intero mese	°C
Tn-m	media della temperatura minima dell'intero mese	°C
Tn < 0	numero medio di giorni al mese con temperatura minima inferiore o uguale a 0 °C	(conteggio)
Rtot	media della quantità di precipitazione cumulata mensile	mm
Rmin	minimo della precipitazione cumulata mensile	mm
Rmax	massimo della precipitazione cumulata mensile	mm

*Tabella A-1: Dati ambientali minimi*

A livello di progetto è invece spesso necessaria un'informazione più completa del quadro climatico che può comprendere ulteriori dati quali ad esempio: media della radiazione globale annua o mensile, velocità del vento al suolo, ecc.

I dati relativi alle opere complementari per lo smaltimento ed il drenaggio delle acque sono inclusi in tale categoria, in quanto, pur non essendo dei dati climatici in senso stretto, influenzano in misura significativa l'effetto che i dati climatici stessi possono avere sul comportamento delle sovrastrutture. Tali dati riguardano in particolare la presenza di dreni e cunette per la raccolta delle acque. Spesso a tali dati non viene dedicata particolare attenzione anche se tali informazioni possono essere determinanti per la scelta degli interventi manutentivi più appropriati. Bisogna però osservare che la raccolta dei dati inerenti i sistemi di smaltimento e drenaggio delle acque è spesso complessa e riguarda sia il rilievo e l'identificazione dei sistemi eventualmente presenti sia la valutazione delle loro condizioni di funzionalità. La presenza di tali dati all'interno dell'archivio deve pertanto essere valutata con particolare attenzione soprattutto in

relazione all'impiego che di tali dati si intende fare all'interno del sistema di gestione della manutenzione.

#### A.6 I DATI LEGATI ALLE POLITICHE DI GESTIONE

Svariati possono essere i vincoli che vengono imposti per effetto di predeterminate politiche di gestione e non appare opportuno qui analizzarle. Appare però opportuno segnalare alcuni aspetti ricorrenti.

Uno di questi riguarda l'individuazione del budget (o stanziamento di fondi) destinato alla gestione delle pavimentazioni, e la sua eventuale suddivisione fra attività di manutenzione e riabilitazione/costruzione. Questa suddivisione tende generalmente ad evitare il sopravvento di politiche di gestione interamente tese al mantenimento in esercizio e finalizzate a garantire la costanza o l'incremento dei livelli di funzionalità nel breve termine senza tenere in debita considerazione i problemi della gestione di tipo patrimoniali e realizzando così una progressiva perdita di valore del bene infrastruttura. Un altro punto riguarda la scelta del tasso di sconto che viene impiegato per ridurre i costi quanto più questi sono sostenuti in anni futuri rispetto a quello di analisi e che non deve essere confuso con il tasso di interesse. Tale parametro riveste una notevole importanza quando si effettuano analisi in cui la funzione da ottimizzare contiene i costi, e la sua scelta deve essere effettuata con particolare attenzione.

## APPENDICE B - DATI SULLO STATO PRESTAZIONALE E STRUTTURALE

I dati sullo stato prestazionale e strutturale devono includere:

- B.1 Regolarità longitudinale;
- B.2 Regolarità trasversale;
- B.3 Aderenza
- B.4 Macrotessitura;
- B.5 Indicatore dei dissesti superficiali;
- B.6 Portanza Strutturale

### B.1 LA REGOLARITÀ LONGITUDINALE

#### Definizione ed effetti dell'irregolarità

La irregolarità della superficie della pavimentazione è definita come la variazione lungo la verticale di una porzione della superficie reale della pavimentazione, rispetto ad un piano ideale di riferimento, caratterizzata da ondulazioni con lunghezze d'onda maggiori di 500 mm [ISO 13473-2 02].

Le irregolarità delle pavimentazioni vengono classificate in due categorie:

- **Irregolarità concentrate “Single Event Bump”** che si sviluppano su distanze relativamente contenute, inferiori ai 100 m, e possono essere più o meno accentuate (la capacità del sistema di sospensioni di attenuare le accelerazioni indotte dalle irregolarità di questo tipo varia in funzione della velocità degli aeromobili e della lunghezza e ampiezza delle irregolarità stesse).
- **Irregolarità distribuite “Profile Roughness”** sono non planarità della superficie della pavimentazione distribuite su lunghezze significative che producono fatica nei componenti strutturali, riducono l'azione frenante, pregiudicano le operazioni in cabina e causano una diminuzione del confort per i passeggeri (gli effetti dipendono dalla velocità oltre che dalla massa e dalle dimensioni del velivolo ed in alcuni casi e possono indurre nel sistema di sospensione sollecitazioni prossime alle frequenze di risonanza, producendo una amplificazione delle vibrazioni e accelerazioni sull'aeromobile).

La irregolarità delle pavimentazioni influenza sia la sicurezza che i costi utente ed il confort dei passeggeri, quest'ultimo aspetto è ritenuto però trascurabile vista la breve durata delle operazioni di atterraggio e decollo. In particolare la scarsa regolarità delle piste di volo influenza la sicurezza ed i costi poiché:

- induce moti di rollio e di beccheggio che possono pregiudicare il controllo dell'aeromobile;
- produce vibrazioni a bordo che possono pregiudicare la corretta lettura degli strumenti di volo;
- induce negli elementi strutturali elevate sollecitazioni dinamiche che possono pregiudicare l'integrità strutturale e indurre fenomeni di fatica in alcuni elementi dell'aeromobile (p.e. gambe di forza dei carrelli);

In fase di costruzione le norme ICAO [ICAO Annex 14 99], ed il regolamento ENAC che da queste ultime deriva, stabiliscono la necessità di effettuare controlli di regolarità tramite un regolo di lunghezza pari a 3m poggiato sulla superficie della pavimentazione (con qualsiasi orientamento), verificando che non vi siano scostamenti (differenze di quota) tra superficie e regolo superiori a 3mm. Fanno eccezione le zone di colmo di un profilo a schiena d'asino o di un raccordo verso un canale di drenaggio. Tali procedure di controllo della qualità in fase di costruzione non possono essere applicate per il monitoraggio delle pavimentazioni eseguito nell'ambito dei sistemi di gestione della manutenzione, dove è necessario eseguire misure speditive ed estensive, ed utilizzare indici sintetici. Pertanto di seguito sono indicati le modalità di misura e gli indici tra i quali può ricadere la scelta del Gestore Aeroportuale. Una volta fatta una scelta questa deve essere mantenuta ai fini di una maggior confrontabilità del dato nel tempo.

#### Apparecchiature di misura

Le apparecchiature di misura sono classificate nella norma UNI EN 13036-6, oltre che nella ASTM E950 e dalla Banca Mondiale (WTP-46 ); ai fini del rilievo dell'irregolarità longitudinale per gli APMS si devono impiegare dispositivi aventi le caratteristiche di seguito indicate:

Descrizione	Classe secondo la UNI EN 13036-6 (sec. la ASTM E950)
Classe di accuratezza della distanza percorsa	1 o 2
Classe di risoluzione verticale longitudinale	1 o 2 (class 1 ASTM)
Classe dell'intervallo di campionamento di acquisizione longitudinale	3 (class 2 ASTM)
Classe dell'intervallo di campionamento di registrazione longitudinale	2
Classe dell'intervallo di ripetizione dell'acquisizione	2

*Tabella B-1: Caratteristiche apparecchiature di misura*

## Procedure di misura

**Per le piste di volo e le vie di rullaggio (taxiway) le misure devono essere eseguite su almeno tre allineamenti.** Si consiglia di eseguire le misure sugli allineamenti coincidenti con le traiettorie prevalenti percorse dai carrelli degli aeromobili (ad esempio traiettorie su cui si verificano il numero più elevato di ricoprimenti); in assenza di analisi specifiche tese ad individuare le traiettorie su cui si verificano il numero più elevato di ricoprimenti, si può fare riferimento a quanto suggerito nella norma FAA AC-150/5380-9, di seguito sinteticamente illustrato:

### **Un allineamento centrale:**

Linea di mezzzeria o meglio la traiettoria prevalente dei carrelli anteriori degli aeromobili;

**Due allineamenti laterali simmetrici** rispetto all’allineamento centrale e posti ad una distanza da quest’ultimo funzione della categoria prevalente di aeromobile presente, con riferimento alla classificazione introdotta nelle norme di progettazione (vedi paragrafo 2 delle norme [FAA 5300-13 11] e paragrafo 1.7 dell’annesso 14 ICAO [ICAO Annex 14 09]).

Caso a) allineamenti posti a  $\pm 3.05$  m dall’allineamento centrale per categorie prevalenti di aeromobile appartenente ai gruppi ADG II e III della norma FAA e codice B e C della norma ICAO;

Caso b) allineamenti posti a  $\pm 5.22$  m dall’allineamento centrale per categorie prevalenti di aeromobile appartenente ai gruppi ADG IV, V e VI della norma FAA e codice D, E ed F della norma ICAO.

FAA					ICAO		
Group	Massima altezza coda “Tail Height”		Massima Apertura alare “Wingspan”		Code Letter	Massima Apertura alare “Wingspan”	Massima distanza gambe di forza carrello principale “Outer main gear wingspan”
	[ft]	[m]	[ft]	[m]			
I	20	6,1	49	14,9	A	15	4,5
II	30	9,1	79	24,1	B	24	6
II	45	13,7	118	36,0	C	36	9
IV	60	18,3	171	52,1	D	52	14
V	66	20,1	214	65,2	E	65	14
VI	80	24,4	262	79,9	F	80	16

Tabella B-2: Categorie di aeromobili nelle norme di progettazione FAA e ICAO

Nel caso in cui non si potesse individuare una netta prevalenza degli aeromobili dei gruppi II e III o dei gruppi IV, V e VI è necessario aumentare da 3 a 5 il numero minimo di allineamenti su cui effettuare le misure, non potendosi a priori stabilire quali allineamenti risultino essere i più critici.

In base alle caratteristiche di traffico e a quelle della pavimentazione specifiche, ogni Gestore Aeroportuale può utilizzare, ai fine della gestione, gli indicatori valutati sugli allineamenti che ritiene più significativi oppure impiegare i valori massimi o medi degli indicatori ottenuti sui diversi allineamenti.

La scelta del numero di allineamenti e della localizzazione degli stessi deve essere effettuata nella fase iniziale (in fase di definizione della base dati) al fine di mantenere costanti le procedure di monitoraggio. In caso vi sia la necessità di rilevare l'irregolarità su altri allineamenti (p.e. per mutate condizioni di traffico) si consiglia di aumentare il numero di allineamenti monitorati mantenendo, almeno per un periodo transitorio, la misurazione sugli allineamenti oggetto delle precedenti valutazioni.

#### Piazzali (Apron)

Sui piazzali la definizione del numero e della localizzazione degli allineamenti su cui effettuare le misure sarà definita dal Gestore Aeroportuale in accordo con l'APMS Manager. Si consiglia di effettuare tale scelta tenendo conto delle traiettorie impegnate.

#### Gli indicatori di regolarità longitudinale da impiegare negli APMS

- Gli indicatori per l'irregolarità distribuita

Negli APMS si deve prevedere l'impiego di almeno un indicatore di regolarità distribuita tra quelli di seguito elencati procedendo alla loro valutazione secondo la norma di riferimento indicata:

NOME BREVE	NOME ESTESO INDICATORE	NORMA DI RIFERIMENTO
RMSVA	Scarto quadratico medio dell'accelerazione	Transport Canada Engineering Reference Document No.236
IRI	International Roughness Index	ASTM E1926 (1)

(1) La lunghezza minima del profilo da utilizzare per il calcolo dell'indice IRI deve essere  $\geq 100$  m.

*Tabella B-3: Indicatori di regolarità distribuita*

– Indicatori dell'irregolarità localizzate "single Event Bump"

Negli APMS si suggerisce l'impiego di un indicatore di irregolarità localizzata ed in particolare dell'indicatore denominato **BOEING BUMP INDEX** (BBI) proposto dalla FAA [FAA AC-150/5380-9]. Per quanto concerne le procedure di calcolo si rimanda alla norma di riferimento.

## B.2 LA REGOLARITÀ TRASVERSALE

### Definizione ed effetti dell'irregolarità trasversale

L'irregolarità trasversale è definita come lo scostamento del profilo trasversale di una superficie di pavimentazione da una linea retta di riferimento virtuale che scorre sulla superficie del profilo entro i limiti della larghezza analizzata [UNI EN 13036-8]. L'irregolarità trasversale del profilo comprende una varietà di aspetti, quali per esempio: la pendenza del profilo trasversale, le irregolarità o i differenti difetti presenti nel profilo trasversale (dislivelli, creste/avvallamenti e bordi discendenti) e le ormaie longitudinali nelle tracce delle ruote dei carrelli causate dal transito degli aeromobili.

### Apparecchiature di misura

I dispositivi di misurazione della regolarità trasversale si possono suddividere in:

- attrezzature stazionarie, quali per esempio i regoli o i metodi topografici;
- attrezzature dinamiche, quali per esempio i profilometri.

La misura con l'ausilio di regolo è utilizzata prevalentemente per i controlli di qualità in fase di realizzazione/collaudato ed è codificata nella norma UNI EN 13036-7.

Le apparecchiature profilometriche ad alto rendimento sono classificate nella norma UNI EN 13036-6, e sono largamente impiegate nei rilievi finalizzati alla gestione della manutenzione. Ai fini del rilievo dell'irregolarità trasversale per gli APMS si devono impiegare dispositivi aventi le caratteristiche di seguito indicate:

Descrizione	Classe minima secondo la norma UNI EN 13036-6
Classe di accuratezza della distanza percorsa	2
Classe di risoluzione verticale trasversale	1
Classe dell'intervallo di campionamento di acquisizione trasversale	3
Classe dell'intervallo di ripetizione dell'acquisizione	3
Classe dell'intervallo di ripetizione di rapporto trasversale	3
Classe di accuratezza di misurazione della pendenza	2

*Tabella B-4: Caratteristiche dispositivi*

### Procedure di misura

La regolarità trasversale deve essere misurata solo per le piste di volo e le vie di rullaggio (taxiway) e l'acquisizione del profilo può essere limitata alla fascia dove avviene in misura prevalente il transito degli aeromobili (vedi anche indicazioni fornite per gli allineamenti di misura dei profili longitudinali).

### Gli indicatori di regolarità trasversale da impiegare negli APMS

Negli APMS si deve prevedere l'impiego di almeno un indicatore di regolarità **trasversale** tra quelli indicati nella tabella seguente, nella quale sono segnalati anche utilizzabili per il loro rilievo. Ulteriori dettagli circa la valutazione dei parametri sono contenuti nella norma UNI EN 13036-8

Parametri (*)	Profilometro	Regolo	Livellazione topografica
Pendenza trasversale media	X	X	X
Profondità media dell'ormaja	X	X	
Media della profondità teorica dell'acqua	X		

(\*) Le medie devono essere effettuate ogni 100m

*Tabella B-5: Indicatori di regolarità trasversale*

### B.3 ADERENZA

La caratterizzazione della qualità della superficie delle pavimentazioni, dal punto di vista dell'aderenza deve essere effettuata secondo quanto previsto dagli standard in vigore: Circolare ENAC APT 10A nonché del documento 9137 dell'ICAO "Airport service manual – Pavement surface condition" (si può fare riferimento anche all'Advisory Circular della Federal Aviation administration 5320-12c).

Per le misure di "friction" la circolare APT 10A indica, nell'appendice A, una lista di apparecchiature di cui è suggerito l'impiego, nonché la frequenza temporale delle misure e le soglie minime da considerare.

L'indicatore da considerare negli APMS è il valore medio dell'aderenza su tronchi omogenei, misurato in condizioni di assenza di contaminanti (p.e. dopo l'esecuzione delle operazioni di sgommatura), secondo le procedure indicate nella Circolare ENAC APT 10A.

## B.4 MACROTESSITURA

La macrotelessitura può essere misurata con strumentazioni sia ad alto che a basso rendimento ottenendo indicatori tra loro correlati. Negli APMS si deve prevedere il rilievo di almeno un indicatore di macrotelessitura tra quelli indicati nella tabella di seguito riportata, in cui è indicata anche la norma di riferimento da seguire per effettuare le misure.

NOME BREVE	NOME ESTESO	TIPO DI MISURA	NORMA DI RIFERIMENTO	Ambito di validità (in termini di MPD) [UNI EN13036-3]
MPD	“Mean Profile depth”	Misura ad alto o basso rendimento con profilometri	UNI EN ISO 13473-1 (o ASTM E1845 e ASTM E 2157)	da 0 a 5 mm
HS o MTD	Altezza in sabbia e “Mean texture depth”	Misura a basso rendimento attraverso metodi volumetrici	UNI EN 13036-1 (oppure CNR 94, ASTM E965)	da 0,25 a 5 mm
ATD	Average Texture Depth	Misura a basso rendimento attraverso metodi volumetrici	FAA Advisory Circular n. 150/5320-12C	-
OT <sub>p</sub>	Misurazione della drenabilità orizzontale della superficie della pavimentazione	Misura a basso rendimento	UNI EN 13036-3	da 0 a 0,4 mm

*Tabella B-6: Indicatori di macrotelessitura*

La frequenza delle misure di macrotelessitura è riportata nella tabella 3.1, è opportuno osservare che la frequenza delle misure di macrotelessitura della pavimentazione ai fini della gestione della manutenzione non va confusa con i controlli periodici finalizzati a individuare la necessità di interventi per la rimozione dei depositi di gomma (“sgommatura”) prevista dalle procedure ICAO (riportate nella tabella A2-1 del documento 9137 dell’ICAO). A tale riguardo è anzi opportuno che, ai fini della valutazione degli indicatori inseriti nel APMS, le misure di macrotelessitura, come quelle di “friction”, siano effettuate in condizioni uniformi, dal punto di vista della quantità di depositi di gomma presenti sulla superficie, e quindi si consiglia di prendere in considerazione solo le misure effettuate immediatamente dopo le operazioni di sgommatura.

## B.5 INDICATORE DEI DISSESTI SUPERFICIALI

Gli ammaloramenti superficiali costituiscono uno degli elementi maggiormente significativi ai fini della valutazione dello stato di degrado delle pavimentazioni soprattutto per quanto concerne gli aspetti strutturali e **si deve acquisire all'interno del APMS almeno un indicatore calcolato a valle dei rilievi superficiali.**

### Apparecchiature di misura, procedure ed indicatori

Il rilievo dei degradi superficiali viene effettuato attraverso ispezioni visive che possono essere manuali o automatizzate. Le prime sono effettuate da tecnici con l'ausilio di semplici apparecchiature di misura (odometro, metro, stadia di 3m, ecc.), i rilievi visivi automatizzati sono effettuati acquisendo immagini digitalizzate ad alta risoluzione della pavimentazione con velocità anche di 60 km/h, le quali sono poi analizzate in ufficio attraverso software di riconoscimento delle immagini e da personale formato.

In ogni caso è necessario standardizzare le procedure di rilievo attraverso dei cataloghi degli ammaloramenti in cui sono classificati e descritti e tutti gli ammaloramenti e sono indicati criteri per valutare la severità e l'estensione di ciascuno dei tipi di ammaloramento introdotti.

Negli APMS si consiglia l'impiego di uno degli indici, e delle relative procedure di rilievo, di seguito indicati:

NOME BREVE	NOME ESTESO INDICATORE	NORMA DI RIFERIMENTO (Catalogo ammaloramenti e procedure di rilievo e misura)
PCI	Pavement Condition Index	ASTM D5340-11
PS	PASER Rating	FAA Advisory Circular 5320-17

*Tabella B-7: Indicatori di ammaloramento*

Per quanto concerne la frequenza temporale del rilievo i valori sono riportati nella tabella 3.1.

## B.6 PORTANZA STRUTTURALE

Le prove per determinare le caratteristiche strutturali delle pavimentazioni possono essere distruttive o non distruttive, inoltre possono essere tese alla definizione: della sola configurazione, delle caratteristiche meccaniche di portanza della pavimentazione nel suo complesso o delle caratteristiche meccaniche dei materiali che costituiscono i vari elementi della pavimentazione stessa .

Le indagini tese alla caratterizzazione della configurazione sono svolte nell’ambito dei controlli di qualità in fase di costruzione, oppure si effettuano nella fase iniziale di implementazione dell’archivio quando non si dispone delle informazioni storiche sulla configurazione della pavimentazione. I dati sulla configurazione sono peraltro necessari per effettuare l’analisi e l’interpretazione delle prove di portanza attraverso le quali si ricavano in alcuni casi gli indici sintetici da impiegare nel sistema di gestione della manutenzione.

### Apparecchiature di misura e procedure

Le prove per determinare la configurazione della pavimentazione, ed in particolare gli spessori degli strati, sono condotte con l’ausilio di apparecchiature georadar (non distruttive) e carotaggi o micro carotaggi, mentre le apparecchiature più impiegate per effettuare le misure di portanza sono quelle di tipo deflettometrico statiche o dinamiche (vedi tabella B-2), ed in particolare sono largamente impiegate in ambito aeroportuale le apparecchiature deflettometriche a carico impulsivo (Falling Weight Deflectometer “FWD” o Heavy-Falling Weight Deflectometer “HWD”).

Standard	Tipo di apparecchiatura deflettometrica		
	Statica	Vibrante	Impulsiva
D 1195, Standard Test Method for Repetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements	X		
D 1196, Standard Test Method for Nonrepetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements	X		
D 4602, Standard Guide for Nondestructive Testing of Pavements Using Cyclic-Loading Dynamic Deflection Equipment		X	
D 4694, Standard Test Method for Deflections with A Falling-Weight-Type Impulse Load Device			X
D 4695, Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements	X	X	X

*Tabella B-8: Standard ASTM per le apparecchiature di tipo deflettometrico per la valutazione di portanza delle pavimentazioni.*

Le apparecchiature, le procedure per la calibrazione e l'esecuzione delle prove sono, allo stato attuale, standardizzate solo nelle norme ASTM; per le apparecchiature FWD esiste una proposta di norma europea sviluppata nell'ambito della ricerca COST 336.

Per quanto concerne le apparecchiature impulsive (HWD e FWD) si consiglia l'uso di dispositivi:

- dotati di almeno 7 sensori di misura posti ad una distanza non superiore ai 30 cm, fatta eccezione per l'ultimo sensore che può essere posto a 60 cm,
- in grado di trasmettere carichi impulsivi compresi tra 90 e 120 kN.

Per quanto concerne la localizzazione è necessario fissare, in sede di implementazione del sistema di gestione:

- la posizione degli allineamenti di misura,
- la frequenza spaziale da utilizzare nel monitoraggio strutturale a livello di rete.

Sulle piste di volo, le vie di rullaggio le misure devono essere eseguite su almeno tre allineamenti mentre nei piazzali la scelta della localizzazione delle prove è lasciata al gestore.

Per le piste di volo e le vie di rullaggio si consiglia di eseguire le misure sugli allineamenti coincidenti con le traiettorie prevalenti percorse dai carrelli degli aeromobili (ad esempio traiettorie su cui si verificano il numero più elevato di ricoprimenti).

In assenza di analisi specifiche, tese ad individuare le traiettorie su cui si verificano il numero più elevato di ricoprimenti, si può fare riferimento a quanto suggerito nella norma FAA AC-150/5370-11B.

Per le pavimentazioni rigide con o senza ricoprimenti in conglomerato bituminoso è consigliabile inoltre effettuare prove di portanza, oltre che sulle traiettorie prevalenti dei carrelli degli aeromobili, anche in corrispondenza dei giunti longitudinali e trasversali prossimi alle traiettorie stesse.

Per quanto concerne il numero di prove da eseguire si suggerisce di utilizzare le frequenze spaziali indicate nella norma FAA AC-150/5370-11B (tabella 5 runway e taxiway e tabella 6 apron).

È inoltre consigliato di sfalsare la posizione dei siti di prova lungo gli allineamenti di sinistra e di destra seguendo gli esempi riportati nella figura B-1 per le pavimentazioni flessibili e semi-rigide e nella figura B-2 per le pavimentazioni rigide.

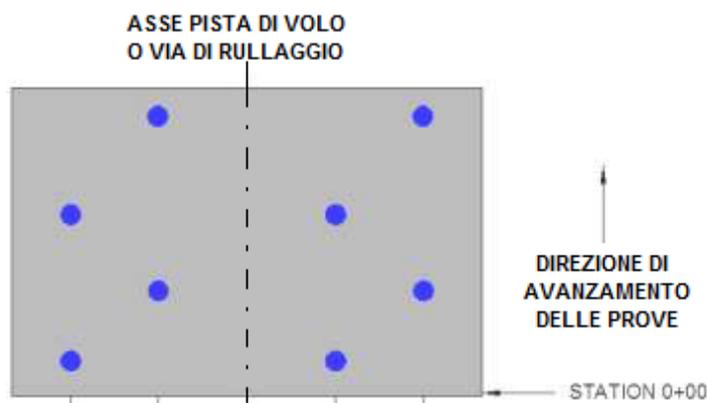


Figura B-1 - Posizionamento indicativo dei punti di misura delle deflessioni nelle pavimentazioni flessibili e semi-rigide di piste di volo e vie di rullaggio

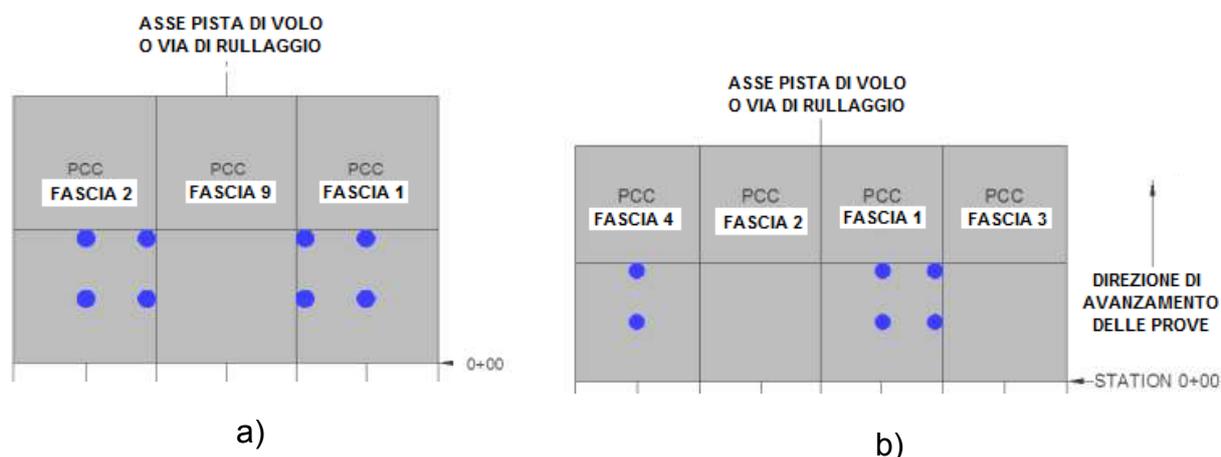


Figura B-2 – Posizionamento indicativo dei punti di misura delle deflessioni nelle pavimentazioni rigide di piste di volo e vie di rullaggio: a) con asse non coincidente a) e coincidente b) con giunti longitudinali

### Gli indicatori di portanza strutturale da impiegare negli APMS

I dati di deflessione, acquisiti con le apparecchiature precedentemente descritte, devono essere analizzati per trarne indicatori utili sia alla individuazione delle tratte omogenee (in cui le caratteristiche strutturali appaiono costanti) che per la caratterizzazione del degrado strutturale ai fini della valutazione delle necessità di intervento. Dalle prove deflettometriche si possono ricavare due categorie di indicatori:

- indicatori che rappresentano e sintetizzano le caratteristiche dei bacini di deflessione;
- indicatori ricavati attraverso procedure di Forwardcalculation o Backcalculation.

Gli indicatori che rappresentano i bacini di deflessione, più noti ed utilizzati sono sinteticamente riassunti nella tabella B-9. Tra questi ultimi la deflessione e la deflessione normalizzata sono gli indicatori più frequentemente impiegati ai fini della individuazione delle tratte omogenee.

Parametro	Formula	Apparecchiature
Deflessione Massima (Maximum Deflection)	$D_0$	Benkelman Bean, Lacroix Deflectometer, FWD
Raggio di curvatura (Radius of Curvature)	$R = \frac{r^2}{2 \cdot D_0 \cdot (D_0 / D_r - 1)}$ $r = 127 \text{ mm}$	Curvature Meter
(Spreadability)	$S = \left[ \frac{((D_0 + D_1 + D_2 + D_3) / 5) \cdot 100}{D_0} \right]$ $D_1 \dots D_3$ distanza tra i sensori 305 mm	Dynalect
Area Bacino (Area)	$A = 6 [ 1 + 2(D_1 / D_0) + 2(D_2 / D_0) + (D_3 / D_0) ]$ distanza tra i sensori = 305 mm (12")	FWD
Fattore di Forma (Shape Factors)	$F_1 = (D_0 - D_2) / D_1$ $F_2 = (D_1 - D_3) / D_1$	FWD
Indice di Curvatura Superficiale (Surface Curvature Index)	$SCI = D_0 - D_r$ dove: $r = 305 \text{ mm}$ , o $r = 500 \text{ mm}$	Benkelman Beam Road Rater FWD
(Base Curvature Index)	$BCI = D_{610} - D_{915}$	Road Rater
(Base Damage Index)	$BCI = D_{305} - D_{610}$	Road Rater
Rapporto delle Deflessioni (Deflection Ratio)	$Q_r = D_r / D_0$ , dove $D_r \cong D_0 / 2$	FWD
Indice di Curvatura (Bending Index)	$BI = D / a$ dove $a$ = Deflessione bacino	Benkelman Beam
Pendenza del Bacino (Slope of Deflection)	$SD = \tan^{-1} ( D_0 - D_r ) / r$ dove $r = 610 \text{ mm}$	Benkelman Beam

Legenda:  $D_0$  = deflessione al centro dell'area di carico ( $r = 0$ ),  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  = deflessioni misurate sui sensori 1, 2, 3 ecc posti a varie distanze dal centro dell'area di carico,  $D_{305}$  = deflessione misurata a 305 mm dal centro dell'area di carico, etc

Tabella B-9: Indicatori di portanza tratti da valori di deflessione

Le informazioni che si possono ottenere con l'ausilio delle analisi attraverso forwardcalculation e backcalculation sono:

- Moduli degli strati delle pavimentazioni,
- Trasferimento di carico ai giunti delle pavimentazioni Rigide,
- Perdita di supporto ai giunti,
- Carico sopportabile,
- Vita Residua,
- Indice PCN.

La vita residua e l'indice PCN sono, tra gli indicatori ricavati attraverso forwardcalculation e backcalculation, quelli più frequentemente impiegati.

Negli APMS si deve impiegare almeno un parametro strutturale sia esso rappresentativo del solo bacino di deflessione o ricavato on l'ausilio di forwardcalculation e backcalculatio. Nel caso di impiego di parametri ottenuti con procedure di forwardcalculation o backcalculation è necessario esplicitare in modo dettagliato, nel manuale o in opportuni sezioni del database (metadata), le procedure di calcolo impiegate, anche se si utilizzano software commerciali, in modo da rendere il dato registrato nel sistema indipendente da vincoli commerciali.

## APPENDICE C - MODALITÀ DI ARCHIVIAZIONE E GEOREFERENZIAZIONE DEI DATI

### C.1 IL SISTEMA DI COORDINATE ED IL DATO SPAZIALE

In conformità con l'Annesso 15 dell'ICAO le coordinate geografiche (indicanti latitudine ed longitudine) è preferibile che siano espresso in termini di WGS-84 *“published aeronautical geographical coordinates (indicating latitude and longitude) shall be expressed in terms of the WGS-84 geodetic reference datum”*.

Altri riferimenti sono contenuti nello standard FAA AC 150/5300-18 (vedi par. 9-5).

### C.2 METODI DI RACCOLTA DEI DATI SPAZIALI

Tutti i metodi per la raccolta dei dati spaziali possono essere considerati accettabili purché rispettino l'accuratezza della misura stabilita.

### C.3 ACCURATEZZA E PRECISIONE DEI DATI

Nella strutturazione della base dati è necessario definire le caratteristiche metrologiche dei dati in termini di:

- Accuratezza (UNI ISO 3534-1, 3.11);
- Incertezza/precisione di misura (UNI ISO 3534-1).

L'accuratezza è il grado di corrispondenza tra la localizzazione o il valore reale di un attributo di un oggetto e la sua rappresentazione nella banca dati, ovvero la differenza statistica (media o percentile assegnato) tra il valore archiviato ed il valore “vero” o di riferimento. Si definisce quindi l'errore di accuratezza  $E_{acc}$  come:

$$E_{acc} = V_{arch} - V_{vero}$$

dove  $V_{arch}$  è il valore registrato nella banca dati ed  $V_{vero}$  è il valore vero o di riferimento.

In assenza di particolari indicazioni l'accuratezza dei dati spaziali riferiti a elementi di pavimentazioni può essere scelta facendo riferimento all'Appendice 5 del Annesso 14 ICAO [ICAO A14 09].

I dati spaziali non riferiti non ad elementi di pavimentazione possono avere un'accuratezza diversa da quella precedentemente indicata la quale deve però essere documentata nel metafile associato. Si suggerisce in ogni caso di utilizzare un'accuratezza non superiore a quella garantita dai dispositivi GPS commerciali.

Gli attributi numerici che rappresentano dati sulle condizioni delle pavimentazioni o sui risultati delle indagini devono avere un'accuratezza pari a quella richiesta nei rispettivi standard di misura.

La precisione del dato rappresenta la sua esattezza e può essere scissa in due componenti: la precisione di misura e la precisione di archiviazione:

La precisione di misura dipende dalla risoluzione dell'apparecchiatura utilizzata per la misura, è legata alla ripetibilità, ed è illustrata nella norma internazionale ISO ENV 13005 "*Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*" (sviluppata dal Joint Committee for Guides in Metrology).

La precisione di archiviazione dipende dal formato impiegato per la registrazione del dato (p.e. numero di cifre significative per i dati numerici). È necessario che sia definita la precisione delle misure desiderata e che la risoluzione prevista per la registrazione del dato sia pari alla precisione richiesta per le misure.

#### C.4 REQUISITI DELLE SOCIETÀ/LABORATORI CHE RILEVANO I DATI

Ai fini dell'acquisizione di tutti i dati da inserire in un APMS (di archivio, di stato, etc) è preferibile che le società/laboratori esecutrici dei servizi di rilevamento siano in possesso di certificazione ai sensi della norma UNI-EN ISO 9001:2015 e successivi aggiornamenti.

## APPENDICE D – SPECIFICHE TECNICHE SOFTWARE PER GLI APMS

È suggerito l'utilizzo di software dedicati per la gestione dell'APMS. Tale software deve essere strutturato in modo tale da prevedere:

- Data Base
- Solutore

### D.1 DATABASE

Il Data Base deve essere strutturato in modo da prevedere la suddivisione di tutte le infrastrutture di volo di un singolo aeroporto (Network) in sezioni con caratteristiche omogenee (Sections). Per Sezioni Omogenee si intendono quei tratti di infrastruttura per i quali il coefficiente di variazione (dato dal rapporto tra la deviazione standard e la media di un numero statisticamente significativo di dati), preferibilmente determinato per le caratteristiche strutturali della pavimentazione (moduli elastici degli strati costituenti la pavimentazione e il relativo sottofondo) sia inferiore al 20%. In tale sezione dovranno essere costanti anche il numero di movimenti annui, la tipologia di aeromobili che la percorrono e la data dell'ultimo intervento manutentivo eseguito. In ogni momento dovrà essere possibile creare, eliminare o modificare una sezione all'interno del database.

La sezione omogenea sarà caratterizzata anche dai valori medi degli spessori degli strati che costituiscono la pavimentazione, dai valori delle caratteristiche funzionali (regolarità, tessitura, aderenza), dalle condizioni superficiali di ammaloramento (indice PCI) e da numero ed entità dei singoli ammaloramenti complessivamente rilevati all'interno della sezione.

Al fine di poter considerare tale sezione come la minima area sulla quale intervenire, per ogni sezione dovranno poter essere gestite le seguenti informazioni tramite box di dialogo dedicati:

#### D1.1. Informazioni di carattere generale (General Data)

Le informazioni di carattere generale possono essere riassunte a titolo indicativo e non limitativo come riportato di seguito:

- D1.1.1. Nome dell'aeroporto soggetto ad analisi (Area Name): Es. Ciampino
- D1.1.2. Nome dell'infrastruttura soggetta ad analisi (Facility Name): Es. Alfa
- D1.1.3. Tipologia di infrastruttura analizzata: Es. Taxiway
- D1.1.4. Nome della Sezione Omogenea soggetta ad analisi (Section Name): Es. CIAMPINOAlfa01
- D1.1.5. Lunghezza della Sezione Omogenea soggetta ad analisi: Es. 420 m
- D1.1.6. Larghezza della Sezione Omogenea soggetta ad analisi: Es. 15 m
- D1.1.7. Area della Sezione Omogenea soggetta ad analisi: Es. 6.300 mq

- D1.1.8. Progressive iniziale e finale della Sezione Omogenea soggetta ad analisi:  
Es. 0.00m a 420.00 m
- D1.1.9. Coordinate WGS 84 degli spigoli della Sezione Omogenea soggetta ad analisi
- D1.1.10. Tipologia di pavimentazione della Sezione Omogenea soggetta ad analisi:  
Es. Asphalt
- D1.1.11. Allineamento di riferimento delle indagini (Track)

## D1.2. Informazioni relative al traffico (Traffic Data)

Le informazioni relative al traffico aereo dovranno contenere tipologia e numero di movimenti annui di ogni classe di aeromobile che percorre la Sezione Omogenea analizzata. Per ogni aeromobile è auspicabile possano essere gestite le seguenti informazioni:

- D1.2.1. Tipologia aeromobile (Aircraft Type)
- D1.2.2. Numero di movimenti annui aeromobile
- D1.2.3. Tasso di crescita percentuale annuo ipotizzato (Yearly Traffic Increase %)
- D1.2.4. Configurazione del carrello principale (N. Axle)
- D1.2.5. Rapporto di Copertura (Pass to Coverage Ratio) su pavimentazione flessibile e rigida
- D1.2.6. Carico sul carrello principale (Axle Load)
- D1.2.7. Pressione degli pneumatici (Tire Pressure)
- D1.2.8. Distanza tra le ruote del carrello principale

Dovrà essere possibile creare nuove configurazioni di carrelli. Le informazioni sul numero di movimenti annui, sulla tipologia degli aeromobili e sulle previsioni di crescita dei movimenti nell'arco del periodo coperto dal piano di manutenzione dovranno poter essere aggiornate ad ogni variazione significativa delle stesse.

In ogni caso, qualora alcune delle sopraindicate informazioni non fossero disponibili all'atto dell'implementazione dell' APMS, è possibile che il Gestore possa fare assunzioni giustificate con differenti valori per aeromobile in modo di avere una molteplicità di differenti elaborazioni e consentire un'analisi di sensitività sul risultato finale.

### **D1.3. Informazioni relative alla struttura della pavimentazione (Structure)**

A seguito dell'individuazione delle sezioni omogenee, per ciascuna sezione dovranno essere riportate tutte le informazioni strutturali relative alla sezione stessa, ed in particolare:

- D1.3.1. Numero di strati costituenti la pavimentazione (Layer)
- D1.3.2. Tipologia di ogni singolo strato costituente la pavimentazione (Layer Type)
- D1.3.3. Valor medio dello spessore di ogni singolo strato costituente la pavimentazione (Thickness)
- D1.3.4. Valor medio del modulo elastico di ogni singolo strato costituente la pavimentazione (Modulus)
- D1.3.5. Deviazione standard caratteristica dei valori dei moduli elastici di ogni singolo strato costituente la pavimentazione della sezione
- D1.3.6. Affidabilità percentuale dei valori dei moduli elastici rilevati

I valori medi dei moduli e degli spessori dovranno essere calcolati utilizzando tutti i punti e gli allineamenti di rilievo ricadenti all'interno di ogni singola sezione omogenea. Le informazioni relative alle caratteristiche strutturali della pavimentazione della sezione dovranno essere aggiornate ad ogni nuova esecuzione delle relative indagini, aggiungendo all'interno del database i nuovi valori.

### **D1.4. Informazioni relative alle caratteristiche superficiali della pavimentazione (Surface)**

Per ogni sezione omogenea dovranno essere gestiti i valori medi dei parametri funzionali rilevati per le pavimentazioni ricadenti all'interno della sezione stessa, ed in particolare:

- D1.4.1. International Roughness Index (I.R.I.)
- D1.4.2. Profondità delle ormaie (Rut Depth)
- D1.4.3. Aderenza (Friction)
- D1.4.4. PCI (Pavement Condition Index) calcolato come valor medio delle singole sample units ricadenti all'interno della sezione omogenea
- D1.4.5. Ammaloramenti superficiali con relativo grado di severità ed estensione all'interno della sezione omogenea: tra gli ammaloramenti da gestire dovranno poter essere inseriti Alligator cracking, Block cracking, L&T cracking, Joint reflection cracking, Patching, Weathering and Raveling, Rutting, Depression, Corrugation, Shoving, Swelling, Oil Spillage, Slippage cracking.

Le informazioni relative alle caratteristiche superficiali dovranno essere aggiornate ad ogni nuova esecuzione delle relative indagini, aggiungendo all'interno del database i nuovi valori.

### **D1.5. Informazioni relative alle tipologie dei materiali**

All'interno del Data Base dovranno essere gestiti ed implementati tutti i materiali da costruzione tipici delle sovrastrutture aeroportuali (conglomerati bituminosi, misti cementati, misti granulari, terreni di sottofondo etc.), compresi quelli innovativi con prestazioni particolari (strati di fondazione e sottobase riciclati a freddo, manti superficiali ad elevata aderenza, ecc.). Per ogni materiale dovranno essere gestite le seguenti informazioni:

- D1.5.1. Nome del materiale
- D1.5.2. Tipologia del materiale
- D1.5.3. Modulo elastico di riferimento del materiale
- D1.5.4. Modulo elastico minimo accettabile del materiale
- D1.5.5. Coefficiente di Poisson del materiale
- D1.5.6. Curve di decadimento prestazionale degli indici di cui ai punti D1.3.4; D1.4.1; D1.4.2; D1.4.3; D1.4.4. per ogni materiale implementato. Per ogni curva di decadimento dovrà essere possibile modificare i parametri da cui essa dipende.
- D1.5.7. Curve di decadimento del materiale di cui al punto D1.3.4 qualora non soggetto all'azione sistematica dei carichi ma solo ad invecchiamento per effetto delle condizioni ambientali.

### **D1.6. Informazioni relative alle alternative di manutenzione**

Una volta definite le tipologie dei materiali dovrà essere possibile individuare e gestire una serie di alternative di manutenzione possibili, basate sulla combinazione dei materiali di cui al paragrafo D1.5.

Per ogni alternativa di manutenzione (fresatura dello strato superficiale e relativo ripristino, rinforzo della fondazione, stabilizzazione del sottofondo a calce o cemento etc.) dovranno essere gestite le seguenti informazioni:

- D1.6.1. Nome alternativa
- D1.6.2. Numero, tipologia e relativo spessore degli strati da cui essa è composta
- D1.6.3. Costo totale al mq
- D1.6.4. Vita utile attesa

- D1.6.5. Potenziali miglioramenti degli indici di cui ai punti D1.3.4; D1.4.1; D1.4.2; D1.4.3 (da definire in conformità con le Specifiche Tecniche di Capitolato relative a ciascuna alternativa di manutenzione individuata in D1.6.1.
- D1.6.6. Limiti di intervento
- D1.6.7. Tempi di realizzazione

### **D1.7. Informazioni relative ai modelli di costo**

Dovranno essere gestiti all'interno del Data Base modelli di costo relativi a:

- D1.7.1. Costi di esercizio degli aeromobili (Vehicle Operating Costs)
- D1.7.2. Costi Capitali (Capital Costs)
- D1.7.3. Costi degli utenti (User Costs)
- D1.7.4. Costi di agenzia (Agency Costs)

Per ogni modello dovrà essere possibile modificare i parametri da cui esso dipende.

### **D1.8. Informazioni relative alle pavimentazioni rigide (PCC Jointed)**

Il Data Base dovrà avere la possibilità di implementare informazioni relative a Sezioni Omogenee costituite da pavimentazioni rigide. A titolo indicativo e non limitativo dovrà essere possibile gestire le seguenti informazioni:

- D1.8.1. Dimensioni delle lastre in calcestruzzo
- D1.8.2. Numero di lastre contenute all'interno della sezione omogenea
- D1.8.3. Lunghezza totale dei giunti presenti nella sezione omogenea
- D1.8.4. Percentuale della sezione omogenea soggetta a fagliazione superficiale (Faulting) e relativa curva di decadimento con possibilità di modificarne i parametri da cui essa dipende
- D1.8.5. Percentuale della sezione omogenea soggetta a fessurazione longitudinale e/o trasversale (L&T cracks) e relativa curva di decadimento con possibilità di modificarne i parametri da cui essa dipende
- D1.8.6. Percentuale della sezione omogenea con rotture d'angolo (Corner breaks) e relativa curva di decadimento con possibilità di modificarne i parametri da cui essa dipende
- D1.8.7. Percentuale della sezione omogenea con vuoti sotto le lastre e relativa curva di decadimento con possibilità di modificarne i parametri da cui essa dipende
- D1.8.8. Valor medio del coefficiente di trasferimento dei giunti.

Le informazioni relative alle caratteristiche delle sezioni omogenee costituite da pavimentazione rigida dovranno poter essere aggiornate ad ogni nuova esecuzione delle relative indagini.

## D1.9. Altre informazioni

A titolo indicativo e non limitativo dovranno poter essere gestite le seguenti informazioni:

- D1.9.1. Elenco di eventuali interventi manutentivi eseguiti nel passato dei quali si abbia traccia e relativo anno di esecuzione
- D1.9.2. Anno di costruzione

## D.2 SOLUTORE

L'elaborazione dei dati dovrà poter essere condotta a livello di Sezione Omogenea o a livello di Rete. In entrambi i casi dovrà poter essere eseguita un'analisi tramite algoritmi costi/benefici. Tutte le elaborazioni dovranno poter essere condotte tramite la gestione di curve di decadimento di tutti i parametri di cui ai punti D1.3.4; D1.4.1; D1.4.2; D1.4.3; D1.4.4., la tipologia di interventi manutentivi precedentemente definita di cui al paragrafo D1.6. ed i modelli di costo.

Dovrà essere possibile utilizzare almeno due diverse tipologie di modelli prestazionali, Teorici o Empirici, ognuno dei quali interamente modificabile nei parametri da cui dipende con la possibilità di scegliere in automatico, in fase di calcolo, il modello più a favore di sicurezza.

I modelli empirici dovranno essere basati sui dati di traffico o in alternativa sull'età della pavimentazione.

I modelli teorici dovranno essere di tipo incrementali/ricorsivi basati sul calcolo di una previsione del danno sulla pavimentazione utilizzando come input i valori di tensioni e deformazioni calcolati per ogni strato costituente la pavimentazione e il numero di movimenti di aeromobili. Dovrà essere possibile utilizzare almeno uno dei seguenti metodi di calcolo per la valutazione di tensioni e deformazioni:

- Metodo degli spessori equivalenti basato sulla teoria di Odemark-Boussinesq (MET)
- Waterways Experiment Station's Program basato sul modello della teoria elastica lineare di Burmister (WESLEA)

## D1.10. Elaborazione a livello di Sezione Omogenea (Plans Section)

Questo tipo di elaborazione dovrà poter essere condotta per ogni singola sezione omogenea, a prescindere dal suo inserimento all'interno della rete infrastrutturale aeroportuale (Network). Essa dovrà individuare, tra tutte le soluzioni possibili, quella

con il più vantaggioso rapporto benefici/costi (E/C Analysis) nell'arco di un periodo di tempo prestabilito, definibile dall'utente, basandosi sulle informazioni proprie della sezione omogenea stessa, dei modelli di degrado degli indici di cui ai punti D1.3.4; D1.4.1; D1.4.2; D1.4.3; D1.4.4., delle alternative di manutenzione definite al paragrafo D1.6, e dei modelli di costo di cui al paragrafo D1.7. I risultati dovranno poter essere visualizzati in forma tabellare ed in forma grafica.

Dovrà essere possibile applicare differenti modelli prestazionali (ognuna con diversi parametri) per ogni singola sezione.

### **D1.11. Elaborazione a livello di Rete (Plans Section Group)**

Dovrà essere possibile condurre un'analisi costi benefici di tutte le sezioni omogenee contemporaneamente (Rete) o di singoli gruppi di sezioni omogenee definibili dall'utente. Al riguardo è necessario che il sistema software disponga di una articolata sezione provvista di opzioni di filtraggio in grado di selezionare agevolmente gruppi di sezioni (per tipi di pavimentazione, per tipo di infrastruttura, per anno di costruzione o manutenzione, per classi di valori di un determinato indice, ecc.) A seguito di tale analisi dovrà essere possibile assegnare un budget annuale a disposizione per gli interventi di manutenzione ed eseguire un'ottimizzazione dello stesso tramite almeno tre tipi diversi di algoritmi costi-effetti, valutando le conseguenze di determinati livelli di budget sulle prestazioni attese delle pavimentazioni, le eventuali differenze e stabilendo quindi la strategia di manutenzione da adottare.

La miglior strategia dovrà essere quella che ottimizza i costi di agenzia (Agency Costs), i costi degli utenti (Users Costs) ed i costi capitali (Capital Costs).

### **D1.12. Algoritmi di ottimizzazione**

Il piano di manutenzione che scaturisce dall'ottimizzazione economica costi-effetti, condotta valutando tutte le sezioni dell'aeroporto (o una parte selezionata di esse), potrà essere stabilito dopo che il solutore ha calcolato gli effetti, in termini di variazione dei parametri strutturali e funzionali delle pavimentazioni, applicando tutte le possibili combinazioni di manutenzione introdotte dall'utente per tutto il periodo coperto dal piano di manutenzione. Per l'analisi di ottimizzazione economica dovranno poter essere confrontati i risultati provenienti da più algoritmi in grado di stabilire quale intervento tra quelli previsti dall'utente debba essere applicato in un determinato anno e su quale sezione della rete (o della porzione di essa) presa in esame. Gli algoritmi di ottimizzazione economica per la definizione della priorità degli interventi manutentivi potranno essere:

- Cheapest Criteria (soluzione più economica): questo tipo di criterio non tiene conto del budget disponibile ma solo dei costi sostenuti dall'Ente gestore. L'algoritmo minimizza questi costi indipendentemente dalla valutazione sui costi capitali e sui costi aggiuntivi. Questa strategia non può essere considerata come l'ottimizzazione completa del processo ma solo l'individuazione della soluzione di manutenzione dal costo minore.
- Decremental Criteria (criterio decrementale): strategia che prevede la definizione di un piano di manutenzione sulla base della minimizzazione dei costi totali (quindi non solo i costi direttamente sostenuti dall'Ente gestore). Viene utilizzato un algoritmo basato sul metodo di Toyoda (effective gradient) per la ricerca della soluzione più economica che rispetta i vincoli annuali di budget fissati.
- Incremental Criteria (criterio incrementale): strategia simile a quella adottata con il criterio decrementale; in questo caso il piano di manutenzione viene definito minimizzando i costi di Agenzia (costi diretti dell'Ente gestore per la manutenzione), come avviene con il Cheapest Criteria. Per la natura "euristica" dell'algoritmo, il piano di ottimizzazione che scaturisce dal criterio incrementale è generalmente diverso da quanto si ottiene applicando il criterio decrementale.
- Genetic Criteria (criterio con algoritmo genetico): metodo di ottimizzazione che utilizza un algoritmo genetico per valutare i miglioramenti apportati da una determinata soluzione. Durante l'elaborazione, ad ogni step di calcolo viene selezionata la soluzione migliore dalla quale ripartire per le successive iterazioni di calcolo, effettuate ricombinando le diverse soluzioni manutentive.
- Fit Budget (rispetta i vincoli di budget): con questo criterio viene utilizzato un algoritmo genetico per ricercare il piano di manutenzione che minimizza la differenza tra il budget disponibile e quello calcolato per applicare le soluzioni di manutenzione durante gli anni coperti dal piano stesso. L'obiettivo di minimizzare la differenza di budget (necessaria e disponibile) viene confrontata con l'obiettivo di minimizzare i costi totali. Per ciascun parametro può essere impostato uno specifico "peso" e nel processo di ottimizzazione i costi vengono continuamente aggiornati in funzione del budget residuo.

### D1.13. Scenari

Il Sistema deve consentire di poter confrontare, sia a livello grafico che numerico, i risultati dei diversi tentativi di ottimizzazione. Questa procedura consente di creare diversi scenari "what if" (cosa succede se) in modo da poter valutare, sulla base delle effettive prestazioni attuali delle pavimentazioni, le conseguenze delle diverse strategie valutate per la manutenzione o, in altri termini, le conseguenze sulle prestazioni attese dalle pavimentazioni in funzione di diversi livelli di investimento.

## APPENDICE E – PARTECIPANTI AL GRUPPO DI LAVORO

Le linee guida sono state realizzate dal Gruppo di Lavoro previsto dal protocollo di intesa tra Enac e Osservatorio di Manutenzione degli Aeroporti a cui hanno partecipato:

Ing. Tamasi Galileo, Responsabile Tecnico Enac

Ing. Cottino Felice, Responsabile Tecnico Osservatorio Manutenzione Aeroporti

Ing. Leonfanti Paola, ENAC Direzione Operazioni Centro

Ing. Gusman Lorenzo, SAGAT Torino

Arch. De Falco Salvatore, SEA Milano

Ing. Dolci Stefano, SEA Milano

Sig.ra Dondi Paola, SEA Milano

Ing. Scip Marco, SEA Milano

Ing. Mistrini Francesco, SACBO Bergamo

Ing. De Gioia Jacopo, SACBO Bergamo

Arch. Bruno Matteo, SAVE Venezia

Ing. Rossetto Marco, SAB Bologna

Geom. Barboni Paolo, SAB Bologna

Ing. Tamarozzi Mattia, ADR Roma

Sig. Colucci Fabio, ADR Roma

Ing. Orru Mario, SOGAER Cagliari

Ing. Palumbo Antonio, SAC Catania

Ing. Liistro Giuseppe, GESAP Palermo

Ing. Mangiapane Salvatore, GESAP Palermo

Prof. Ing. Crispino Maurizio, POLITECNICO Milano

Ing. Malvicini Sara, POLITECNICO Milano

Prof. Ing. Nicolosi Vittorio, UNIVERSITA' "TOR VERGATA" Roma

Prof.ssa Ing. Di Mascio Paola, UNIVERSITA' "SAPIENZA" Roma

Prof. Ing. Marradi Alessandro, UNIVERSITA' Pisa

Prof. Ing. Losa Massimo, UNIVERSITA' Pisa

Prof. Ing. Giambanco Giuseppe, UNIVERSITA' Palermo

Ing. Celauro Clara, UNIVERSITA' Palermo