

4° corso di Alta Formazione alla Ricerca S.I.V. "Pavimentazioni, materiali e metodi per le infrastrutture stradali ed aeroportuali"



## ***La gestione delle sovrastrutture aeroportuali***

*Alcuni elementi di riflessione*



## INDICE DELLA LEZIONE

1. La classificazione delle sovrastrutture aeroportuali
2. LCN – Load Classification number
3. ACN – PCN Pavement Classification number
4. I limiti di funzionalità delle sovrastrutture aeroportuali imposti dal regolamento ENAC
5. Analisi critica del regolamento
6. Ipotesi di lavoro per nuove specifiche nel settore dell'analisi dello stato di efficienza delle sovrastrutture
7. APMS – Airport Pavement Management System

**SAPERE BENE DIMENSIONARE UNA SOVRASTRUTTURA  
SIGNIFICA**



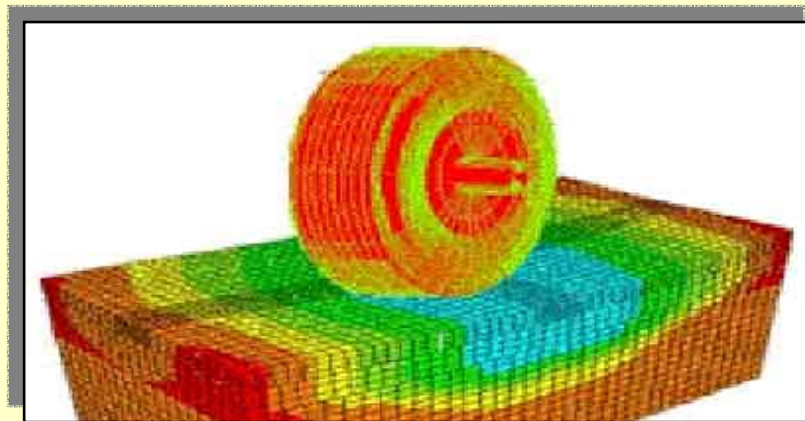
**SAPERE DIMENSIONARE GLI STRATI ED I  
MATERIALI CHE LA COMPONGONO IN MODO  
DA GARANTIRE - PER TUTTA LA DURATA  
DELLA VITA UTILE - CHE LA PIATTAFORMA  
ABBIA CARATTERISTICHE OTTIMALI PER IL  
MOTO DEL VEICOLO**



- ADERENZA
- REGOLARITA'

## NON VI SONO "BUONE O "CATTIVE" PAVIMENTAZIONI

Tutte le pavimentazioni - sia rigide che flessibili - sono destinate ad ammalorarsi per effetto dell'azione dei carichi che vi transitano



Gli effetti del movimento degli aeromobili sulla pavimentazione determinano, inevitabilmente e sempre:

- La perdita della regolarità
- La riduzione dei valori di aderenza;

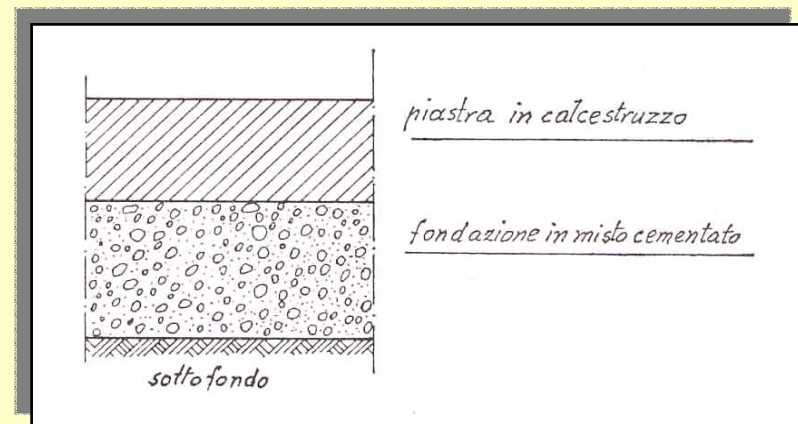
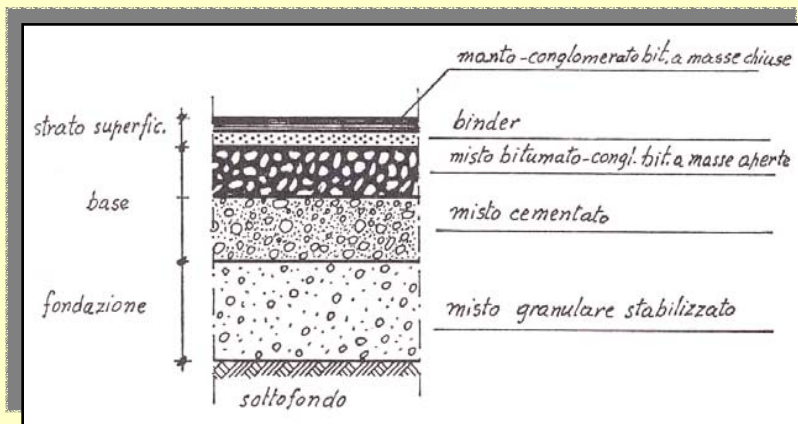
**ALLORA:**

Noi avremo progettato una buona  
pavimentazione quando il decadimento  
dei suoi parametri funzionali  
(*regolarità ed aderenza*)

sarà avvenuto al termine del suo  
periodo di vita utile (durata della  
sovrastruttura).

## ATTENZIONE A QUESTO CONCETTO

Una stessa pavimentazione può avere un diverso dimensionamento in funzione alla vita utile che si stabilisce e, quindi, in funzione del piano manutentorio che avrò scelto.





Un buon progetto deve quindi:

Garantire che il traffico previsto negli n anni di vita utile che ho fissato mi determini deformazioni plastiche nei limiti imposti dal mantenere una adeguata regolarità ed aderenza.

La capacità di limitare le deformazioni sotto carico è misurata mediante la

**"PORTANZA DELLA PAVIMENTAZIONE"**





SI DEFINISCE "PORTANZA" :

QUEL VALORE DEL CARICO CHE MI DETERMINA UN PRESTABILITO CEDIMENTO PER FISSATE MODALITA' DI PROVA.

ATTENZIONE, QUINDI:

La portanza non è una grandezza univoca perché dipende dal valore del cedimento che impongo per la misura e dalle modalità di prova.

## IN CONCLUSIONE:

LA SOVRASTRUTTURA DEVE  
GARANTIRE ADEGUATI VALORI DI  
REGOLARITA' ED ADERENZA PER TUTTA  
LA DURATA DEL PERIODO DI VITA CHE  
HO FISSATO.

A TAL FINE DEVO DIMENSIONARLA CON  
ADEGUATE CARATTERISTICHE DI  
PORTANZA.

La capacità di una sovrastruttura a sostenere il carico trasmesso dagli aeromobili era definita dall' ICAO nell' Annesso XIV attraverso il numero **LCN (Load Classification Number)**.

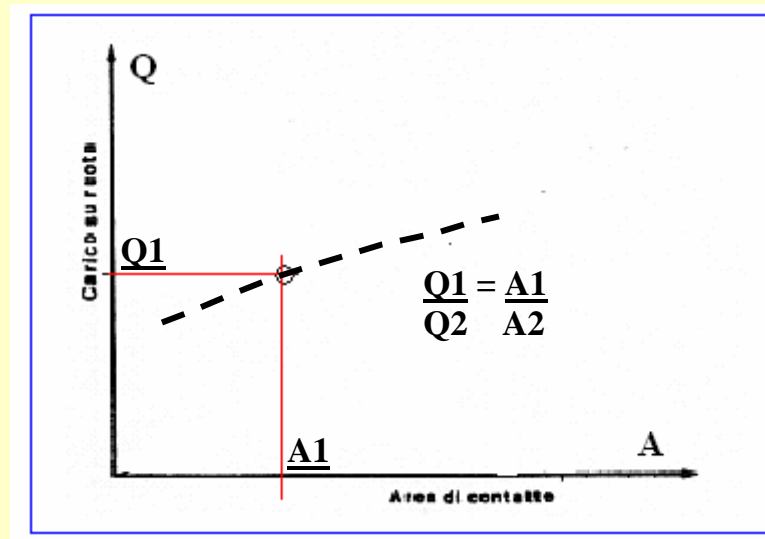
Ogni aeroporto doveva classificare le sue piste con il numero LCN.

La determinazione dell'LCN avveniva mediante una misura di portanza seguendo il metodo HRB (prova di carico con piastra a cicli ripetuti) per le pavimentazioni flessibili e una prova di portanza a ciclo unico per le pavimentazioni rigide.

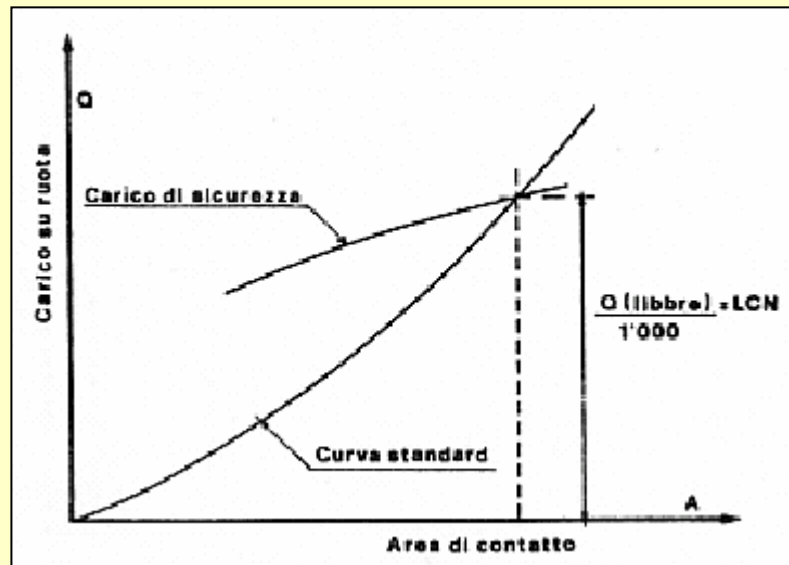
## *In particolare:*

Per le pavimentazioni flessibili si assume come valore del carico **Q** - caratterizzante la portanza - quello che dopo **10.000 ripetizioni** di carico mi determina un cedimento di 5 mm sulla pavimentazione, utilizzando una piastra di 45,7 cm di diametro,

Il carico  $Q$ , così determinato, insieme all'area della piastra (45,7 cm di diametro) permette di tracciare la curva  $Q(A)$  definita dalla equazione:



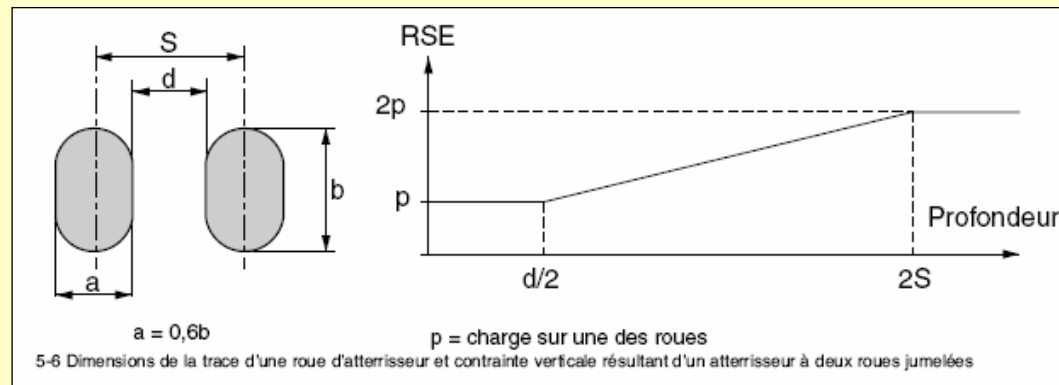
Il numero LCN è dato dalla intersezione con la curva standard espresso in libbre e diviso 1.000



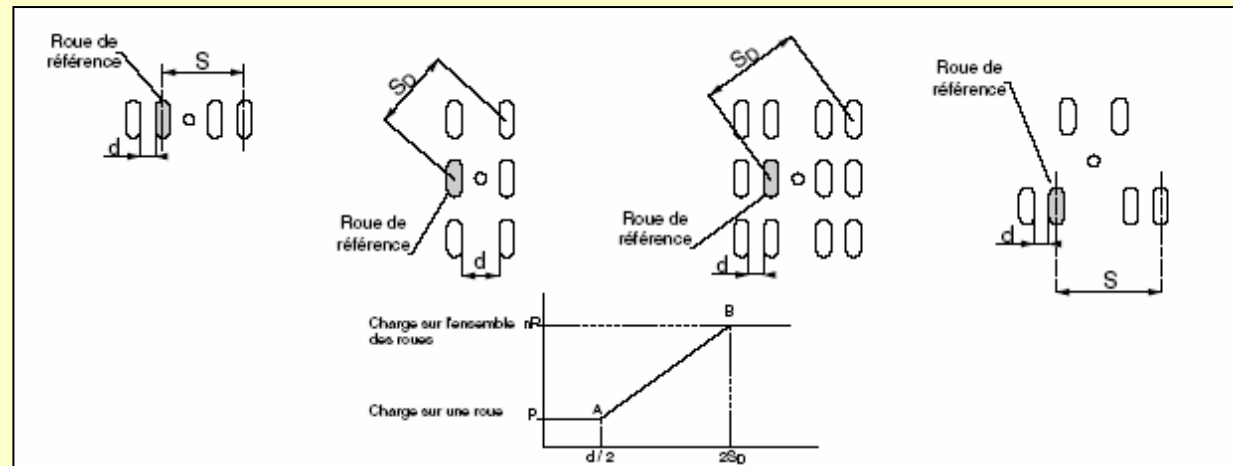
# Carico equivalente su ruota singola

E' il carico, agente su una ruota fittizia che, a parità di pressione di gonfiaggio o di area di impronta, riproduce sulla pavimentazione identiche sollecitazioni ed effetti, provocati dalle ruote della gamba di forza.

## Carrello a ruote gemelle:

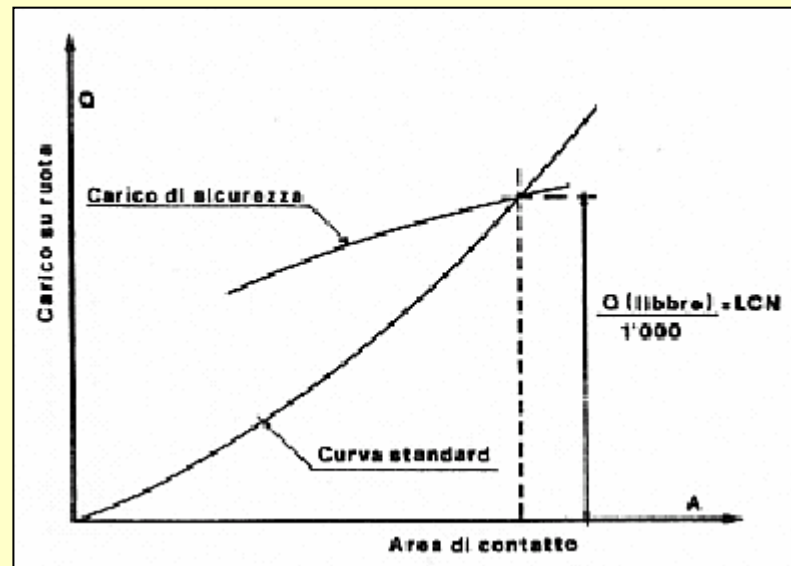


## Carrello a ruote multiple:

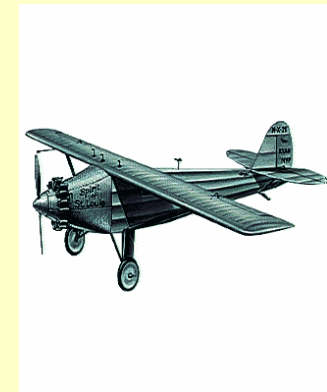




Il numero LCN dell'aeromobile si ottiene tracciando la curva  $Q(A)$  adottando come coppia di valori di partenza il carico equivalente su ruota singola e l'area di impronta



LE NORME ICAO STABILIVANO  
L'AGIBILITA' DELLA PISTA  
SOLTANTO PER GLI AEROMOBILI  
CHE AVEVANO LCN INFERIORE A  
QUELLO DICHIARATO PER LA  
PAVIMENTAZIONE





## LA INCONGRUENZA DEL METODO LCN

La classificazione della pavimentazione era ottenuta mediante una prova di portanza (prova di carico con piastra) per 10.000 ripetizioni del carico, imponendo di fatto, un piano manutentorio indipendente dal traffico e dalla scelta della vita utile

## LA INCONGRUENZA DEL METODO LCN

Inoltre, come se non bastasse l'Annesso XIV non dava alcuna precisa indicazione sui limiti da assegnare ai parametri funzionali della pavimentazione -  
**regolarità ed aderenza -**



## IL NUOVO METODO PCN - ACN

**PCN** (Pavement Classification Number)



“Numero che esprime la capacità portante della *sovrastuttura*”  
(*Stabilito dalle società di gestione degli Aeroporti*)

**ACN** (Aircraft Classification Number)



“Numero che esprime l’effetto relativo di un dato *aeromobile* sulla sovrastuttura”  
(*Case costruttrici*)

$$ACN \leq PCN$$

## IL NUOVO METODO PCN - ACN

### IL PCN (Pavement Classification Number)

E' il doppio del carico equivalente su ruota singola dell'aeromobile che viene ammesso alle operazioni al suolo.

**IL PCN viene stabilito attraverso:**

- Metodo analitico
- Valutazione tecnica
- Valutazione basata sulla esperienza

L'amministrazione dovrà, inoltre, fornire i seguenti elementi che caratterizzano la pavimentazione:

➤ Tipo di pavimentazione

**R – Rigida    F – Flessibile**

➤ portanza del sottofondo

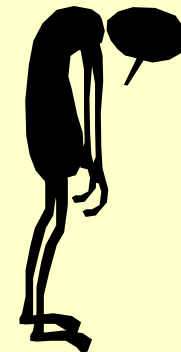
**A – Elevata    B – Media    C – Bassa    D - Scarsa**

➤ Pressione di gonfiaggio

**W – Elevata    X – Media    Y – Bassa    Z - Scarsa**

➤ Metodo di valutazione del PCN adottato

**T – Tecnica    U – Diretta**



$$PCN = 75 / F / B / X / U$$

## ACN (Aircraft Classification Number)

L' ACN è pari a due volte il Qes non riferito alla pavimentazione reale ma ad una pavimentazione standard ottenuta sulla base del valore di portanza del sottofondo e della pressione di gonfiaggio dichiarato con il PCN.



Il Metodo ACN - PCN lascia libertà alla Amministrazione di scegliere la tipologia di aerei da accettare in termini di carico sulla propria pavimentazione in funzione del PIANO MANUTENTORIO CHE AVRA' ADOTTATO.

## IN ALTRI TERMINI:

L'amministrazione aeroportuale può dichiarare i valori di PCN programmando interventi di manutenzione nell'ambito di un periodo di vita utile che si sarà prefigurato più o meno lungo.

**L'ICAO ed oggi la normativa italiana  
ENAC impongono però:**

- a) Limiti ben precisi alla regolarità**
- b) Limiti ben precisi all'aderenza**

Il significato di tale nuova scelta rispetto all' LCN diventa chiaro:

L'amministrazione aeroportuale si scelga la pavimentazione che vuole in funzione del suo PMS e, quindi, raggiunga i valori di portanza che ritiene necessari per il traffico previsto durante la vita utile ma **garantisca Aderenza e Regolarità!**

**DIFFIDATE DA COLORO CHE DICHIARANO DI CALCOLARE IL NUMERO PCN ATTRAVERSO PROVE DI PORTANZA SENZA CHIARIRE CON L'AMMINISTRAZIONE:**

- a) **QUALE E' IL TRAFFICO PREVISTO**
- b) **QUALE E' IL PROGRAMMA MANUTENTORIO ADOTTATO**
- c) **AVERE DEFINITO MODALITA' DI PROVA**
- d) **CHIARITO LE IPOTESI DI DECADIMENTO FUNZIONALE**

Il PCN determina, quindi, la esigenza di avere chiari i seguenti concetti:

1. la valutazione della portanza ci permette di comprendere come "reagirà la pavimentazione" all'azione ripetuta dei carichi;
2. in funzione del valore della portanza e del traffico aereo è possibile "prevedere" la vita utile della pavimentazione;
3. In funzione della vita utile occorre realizzare il proprio piano manutentorio;

4. l'amministrazione dovrà controllare periodicamente i parametri funzionali della pavimentazione (regolarità ed aderenza) per il rispetto delle norme
5. i risultati della regolarità e dell'aderenza associati a quelli del traffico determinano lo studio di curve di decadimento che permettono di verificare le ipotesi del PMS

## Le prescrizioni dell' ICAO e del Regolamento ENAC

Prima del 1983: l'ICAO prevedeva per le sovrastrutture il rispetto di valori di PORTANZA mediante la misura del valore LCN

Oggi sia l'ICAO che il regolamento dell'ENAC prevedono limiti severi sulla REGOLARITA' e sui valori di ADERENZA. Il valore della portanza non deve essere dichiarato dall'Amministrazione portuale perché strettamente connesso con il piano manutentorio.



## I limiti sui valori di aderenza

Nella circolare APT-10 del 2001, relativa alla rilevazione dei valori di aderenza delle piste di volo in presenza di acqua, e facendo riferimento all'Annex 14 dell'ICAO ed alla JAR OPS 1 Commercial Air Transportation, l'ENAC definisce i criteri per la verifica delle reali condizioni di aderenza della pavimentazione in condizioni wet (bagnate) e individua metodologie, strumenti di misura e valori numerici per la valutazione del parametro di aderenza.



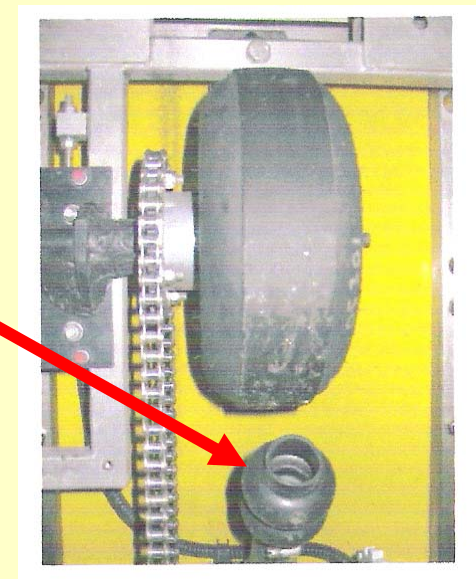
La tabella riporta i livelli minimi al di sotto dei quali le piste sono considerate sdrucciolevoli; il livello minimo è riferito ai diversi tipi di dispositivo utilizzato per le misurazioni ed ai relativi parametri di impiego quali velocità del mezzo, tipo e pressione del pneumatico di prova.

Test equipment	Type	Pressure (kPa)	Test speed km/h	Test water depth (mm)	Design objective for new surface	Maintenance planning level	Minimum friction level
Mu Meter Trailer	A	70	65	1.00	0,72	0,52	0,42
	A	70	95	1.00	0,66	0,38	0,26
Skiddometer Trailer	B	210	65	1.00	0,82	0,6	0,5
	B	210	95	1.00	0,74	0,47	0,34
Surface Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.00	0,82	0,6	0,5
	B	210	95	1.00	0,74	0,47	0,34
Runway Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.00	0,82	0,6	0,5
	B	210	95	1.00	0,74	0,54	0,41
Tatra Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.00	0,76	0,57	0,48
	B	210	95	1.00	0,67	0,52	0,42
Griptester trailer	C	140	65	1.00	0,74	0,53	0,43
	C	140	95	1.00	0,64	0,36	0,24

## Aderenza

### ICAO (ANNESSO 14 )

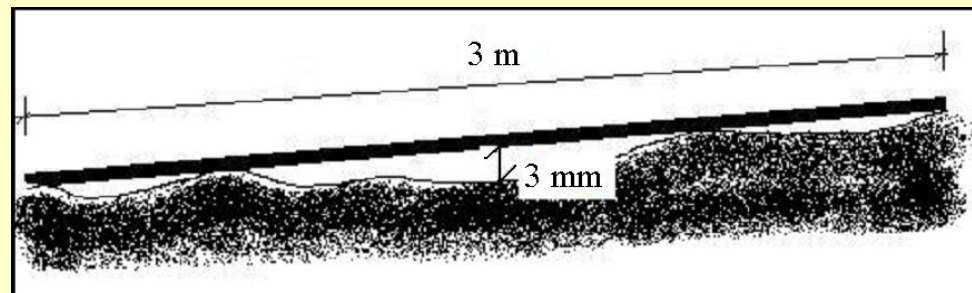
- ❑ Pista divisa in tre parti uguali (A, B e C)
- ❑ Velocità di prova 65 o 95 Km/h
- ❑ presenza di un sistema autobagnante



## I limiti sui valori di regolarità

Lo stesso Regolamento ENAC riguardo alla verifica della regolarità della sovrastruttura, stabilisce che:

“La pavimentazione non deve presentare irregolarità o caratteristiche che possano deteriorare le capacità di controllo direzionale dell'aeromobile, la capacità frenante dei sistemi antislittamento o condizionare la corsa di un velivolo. Quindi la superficie di pista deve soddisfare oltre i requisiti di pendenza e quelli relativi al coefficiente d'attrito anche le verifiche di regolarità superficiale del manto. **In particolare il manto deve essere tale che posto un regolo di 3 m di lunghezza in qualsiasi punto del manto stesso, ed in ogni direzione, non si rilevino avallamenti o rialzi superiori a 3 mm.** Fanno eccezione le zone di colmo di un profilo a schiena d'asino o di un raccordo verso un canale di drenaggio. ”



## Analisi critica del Regolamento ENAC

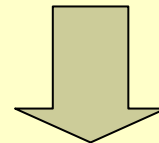
Tale riferimento normativo determina:

- indeterminatezza nelle posizioni e nei metodi di misura;
- Indeterminatezza sulla periodicità delle misure;
- Indeterminatezza sulla ripetibilità delle misure;
- Impossibilità di ottenere le curve di decadimento dei parametri funzionali.

Nasce, quindi, l'esigenza di individuare linee guida per il rilevamento del parametro di regolarità, che abbiano carattere di univocità e di facile applicazione.

## Ipotesi di lavoro per nuove specifiche nel settore dell'analisi dello stato di efficienza delle sovrastrutture

Come è noto, soltanto una porzione della pista risulta sollecitata dal carrello dell'aeromobile (6 - 15 m in asse alla pista), mentre la rimanente area pavimentata viene occupata soltanto nei rari casi di errato allineamento o di svio.



la misura periodica della regolarità della sovrastruttura, dovrebbe, per lo più, concentrarsi su tale striscia.

## PROPOSTA di LAVORO :

Effettuare misure periodiche di regolarità lungo linee longitudinali per tutta la lunghezza della pista distanti dall'asse 3 e 6 m per ciascuno lato. A tali linee andrebbe aggiunta quella a 9 m per gli aeroporti che adottano come aereo critico quelli destinati alla lunga distanza.

**N.B.**

Le misurazioni devono però essere *confrontabili* e *ripetibili*.



Inoltre, per effettuare le misurazioni è preferibile (forse necessario!!!) utilizzare strumenti ad alto rendimento al fine di limitare l'operatività delle infrastrutture aeroportuali.



La cadenza temporale con cui effettuare le misurazioni dipende dal traffico aeroportuale.



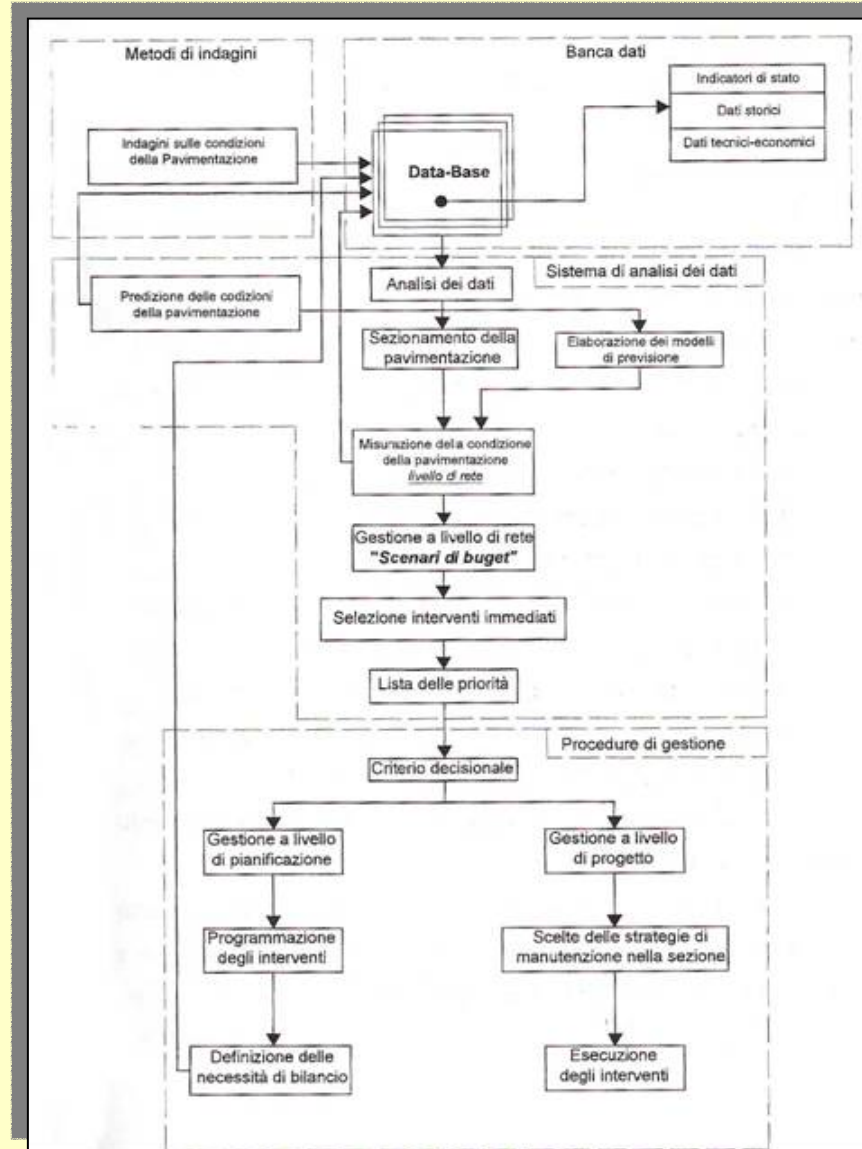
4° corso di Alta Formazione alla Ricerca S.I.I.V. "Pavimentazioni, materiali e metodi per le infrastrutture stradali ed aeroportuali"



## Airport Pavement Management System

# “Struttura logica di un APMS”

4° corso di Alta Formazione alla Ricerca S.I.V. "Pavimentazioni, materiali e metodi per le infrastrutture stradali ed aeroportuali"



## **“Struttura logica di un APMS”**

Lo schema logico si compone quindi di un:

- ✓ data-base contenente le informazioni le pavimentazioni;
- ✓ metodi di indagine sullo stato (o condizione) delle pavimentazioni;
- ✓ sezionamento della pavimentazione;
- ✓ gestione della rete "scenari di budget";
- ✓ Individuazione degli interventi immediati;
- ✓ liste delle priorità;
- ✓ criterio decisionale;
- ✓ procedure applicative.

### **OBIETTIVI:**

**poter analizzare strategie alternative identificando quella ottimale;  
basare il processo decisionale su procedure razionali che rispettino  
determinati vincoli opportunamente quantificati;**

4° corso di Alta Formazione alla Ricerca S.I.V. "Pavimentazioni, materiali e metodi per le infrastrutture stradali ed aeroportuali"

