



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI "MEDITERRANEA" DI REGGIO CALABRIA  
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

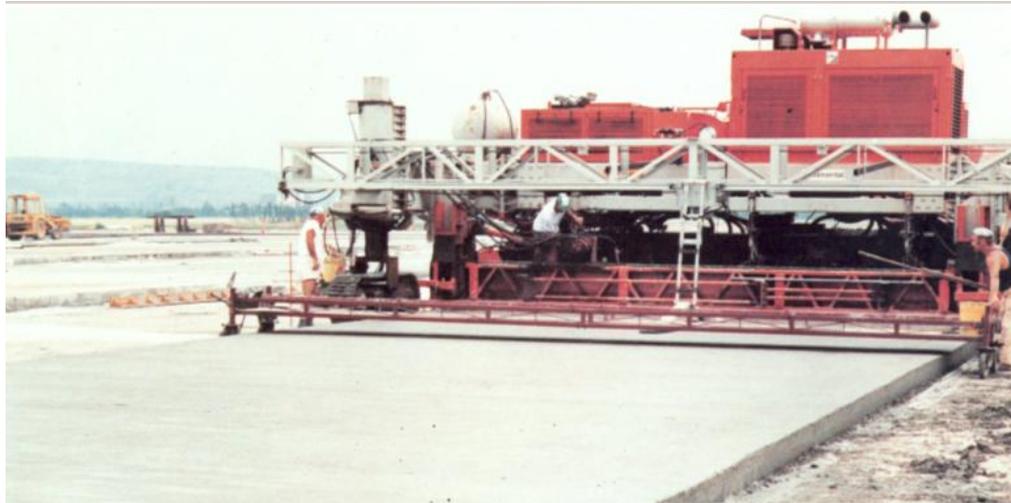
**LAUREA MAGISTRALE  
INGEGNERIA CIVILE**

**CORSO DI  
INFRASTRUTTURE AEROPORTUALI ED ELIPORTUALI**

**LECTURE 13  
DIMENSIONAMENTO DELLE PAVIMENTAZIONI RIGIDE**

**Docente: Ing. Marinella GIUNTA**

# LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE



**STESA CON MACCHINA A CASSEFORME SCORREVOLI**



**Giunto di costruzione  
con barre**



# **LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – TIPOLOGIE COSTRUTTIVE**

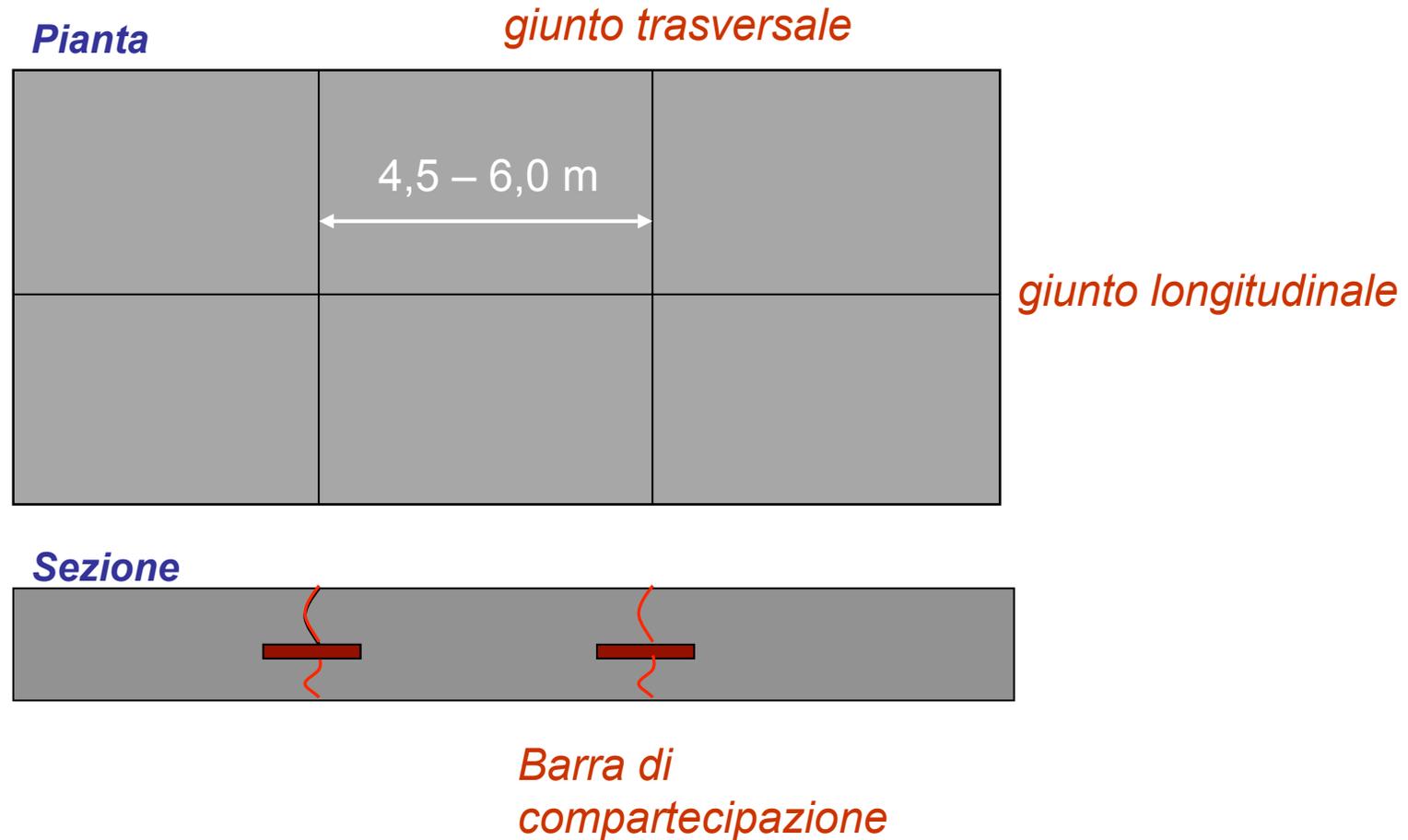
**PIASTRE NON ARMATE CON GIUNTI (Jointed Plain Concrete Pavement JPCP)**

**PIASTRE ARMATE CON GIUNTI (Jointed Reinforced Concrete Pavement JRCP)**

**PAVIMENTAZIONE AD ARMATURA CONTINUA (Continuously Reinforced Concrete Pavement CRCP)**

# LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

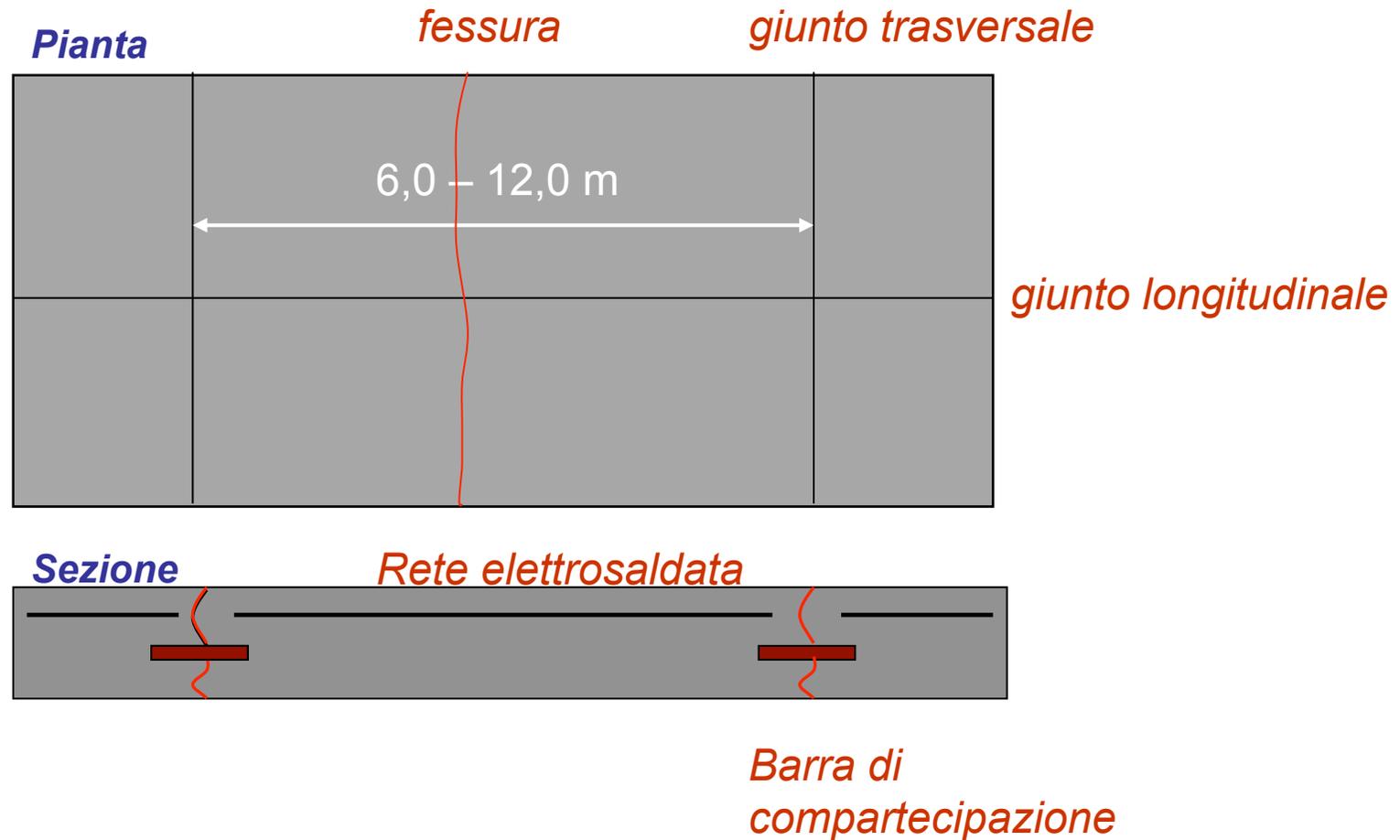
## PIASTRE NON ARMATE CON GIUNTI (Jointed Plain Concrete Pavement JPCP)



*La presenza dei giunti consente di controllare la fessurazione limitando le sollecitazioni di origine meccanica, termica e igrometrica.*

# LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

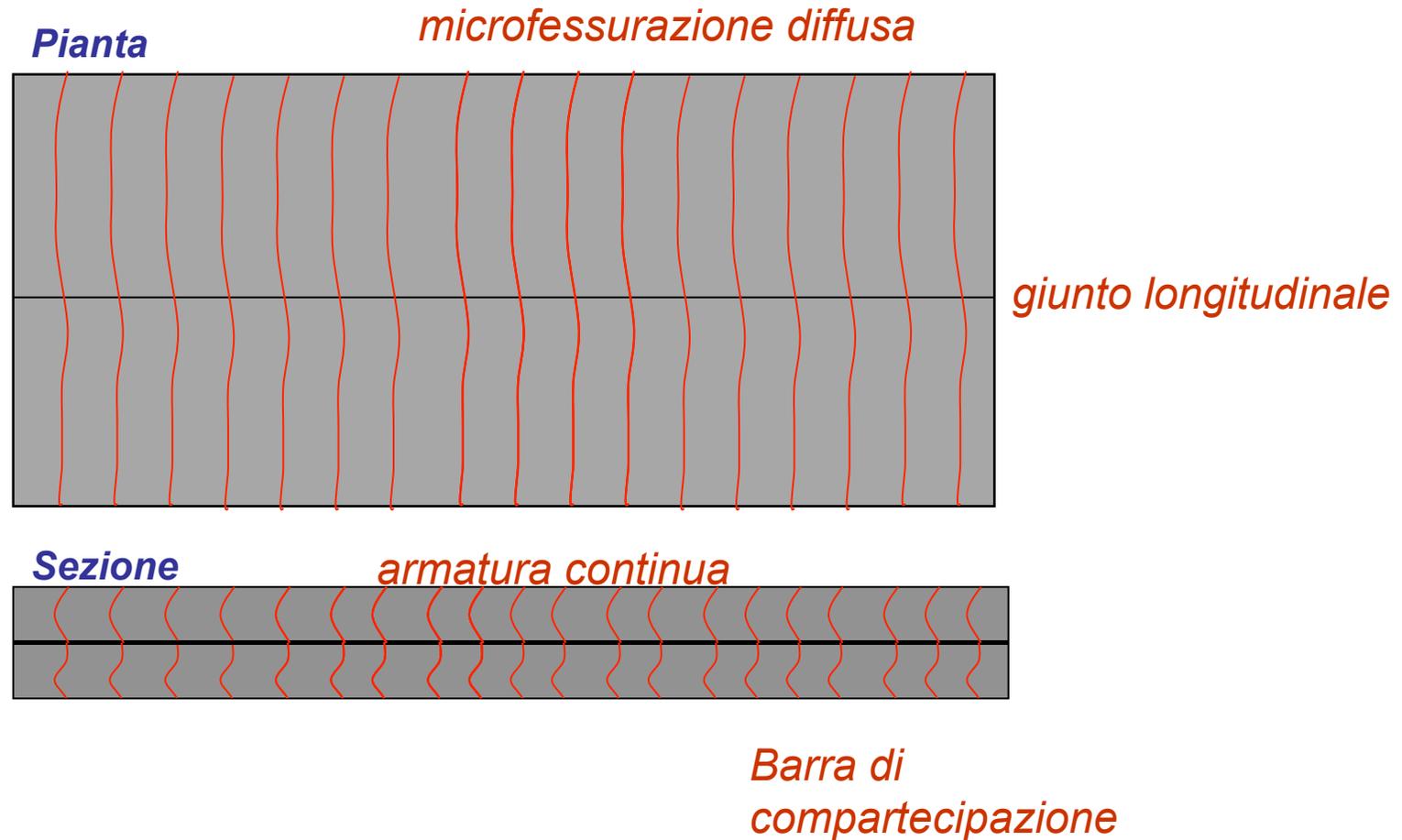
## PIASTRE ARMATE CON GIUNTI (Jointed Reinforced Concrete Pavement JRCP)



*La presenza dell'armatura consente un maggiore distanziamento dei giunti e controllo l'apertura della fessura.*

# LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

## PAVIMENTAZIONE AD ARMATURA CONTINUA (Continuously Reinforced Concrete Pavement CRCP)



*L'armatura ha il compito di guidare la formazione del quadro fessurativo.  
Le fessure sono distribuite, ravvicinate e di piccola ampiezza.*

# LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – I GIUNTI

## CLASSIFICAZIONE DEI GIUNTI

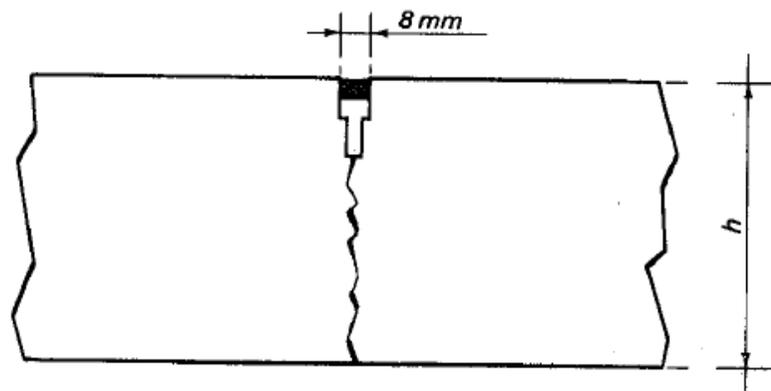
*rispetto alla posizione*

- ✓ **GIUNTO LONGITUDINALE** (nel senso dell' avanzamento della macchina stenditrice)
- ✓ **GIUNTO TRASVERSALE** (nel senso ortogonale all' avanzamento della macchina stenditrice)

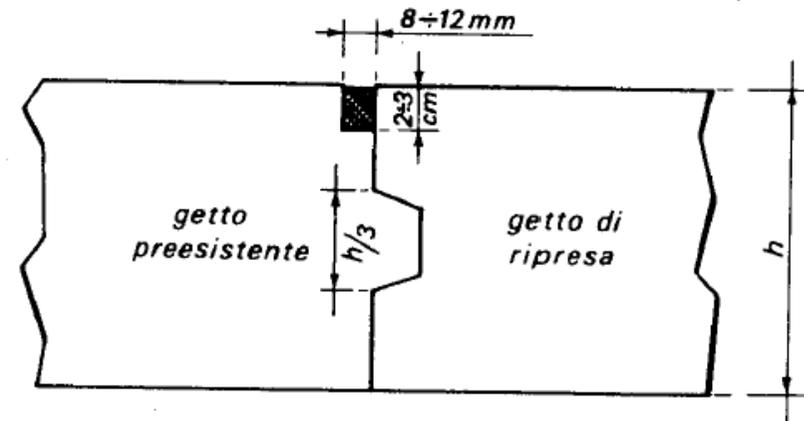
*rispetto alla funzione*

- ✓ **GIUNTO DI CONTRAZIONE** (per limitare le tensioni di trazione)
- ✓ **GIUNTI DI DILATAZIONE** (per limitare le tensioni di contrazione)
- ✓ **GIUNTO DI COSTRUZIONE** (si realizzano quando si arresta il getto)

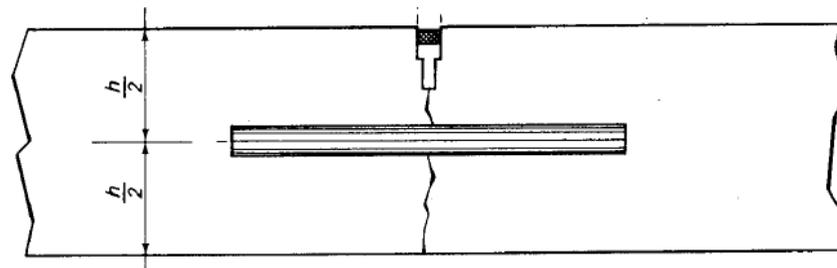
# LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – I GIUNTI



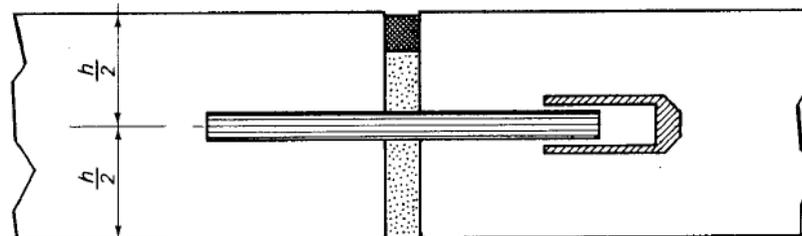
GIUNTO DI CONTRAZIONE CON SIGILLATURA



GIUNTO DI COSTRUZIONE



a.

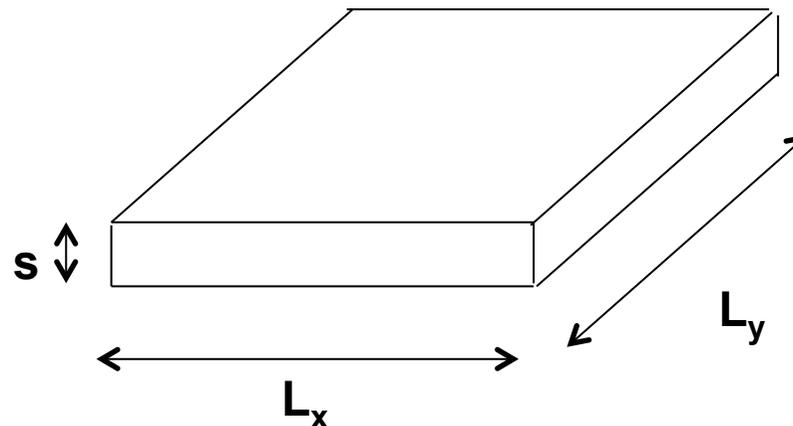


b.

GIUNTO DI CONTRAZIONE E DILATAZIONE CON BARRE DI TRASFERIMENTO DEGLI SFORZI DI TAGLIO

# DIMENSIONAMENTO PAVIMENTAZIONI RIGIDE

Dimensionare una pavimentazione rigida significa definire lo spessore della piastra  $s$ , lo spessore della fondazione  $sf$  ed il distanziamento dei giunti longitudinali e trasversali  $L_x$  ed  $L_y$



## DISTANZIAMENTO GIUNTI

Organizzazione aeronautica	Spessore piastra [cm]	Di stanziamento [m]	
		longitudinale	trasversale
FAA	Minore di 23 cm	3,80	4,60
	Fra 23 e 30 cm	6,10	6,10
	Più di 30 cm	7,60	7,60
PCA	Minore di 30 cm	3,80 max	4,60 ÷ 6,10
	Fra 30 e 38 cm traffico canalizzato	3,80 max	7,60 ÷ 9,15
	Più di 38 cm e fra 30 e 38 cm traffico non canalizzato	variabile	7,60 ÷ 9,15
Corps of Engineers	Minore di 23 cm	3,80	4,60 max
	Fra 23 e 30 cm	6,10	6,10 max
	Più di 30 cm	7,60 max	7,60 max

# DIMENSIONAMENTO PAVIMENTAZIONI RIGIDE

## CALCOLO SPESSORE PIASTRA E FONDAZIONE

### 1° CRITERIO

Eseguire congiuntamente il dimensionamento della piastra in cls e della fondazione, utilizzando le teorie per lo studio dei sistemi a strato.

### 2° CRITERIO

Verificare la piastra per dato valore della portanza del piano di posa e dimensionare la fondazione affinché questa possa garantire la capacità portante richiesta.

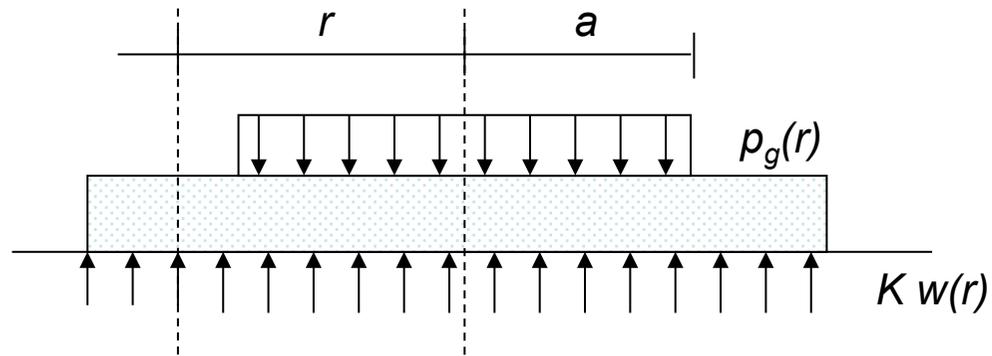
***Si adotta generalmente il 2° criterio***

# TEORIA DEL CALCOLO DELLA PIASTRA

## WESTERGAARD

### Equazione di Lagrange per piastre sottili

*Piastra sottile poggiante  
su un suolo elastico alla Winkler*



$$D\nabla^2 w(r) = q(r)$$

$$\nabla^2 w(r) = \left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \right) \left( \frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} \right)$$

$$D = \frac{Es^3}{12(1-\mu^2)}$$

$$q(r) = p_g(r) - K \cdot w(r)$$

*D = rigidezza flessionale della piastra*

*W(r) = deformazione verticale alla distanza r*

*P<sub>g</sub>(r) = carico agente sulla piastra*

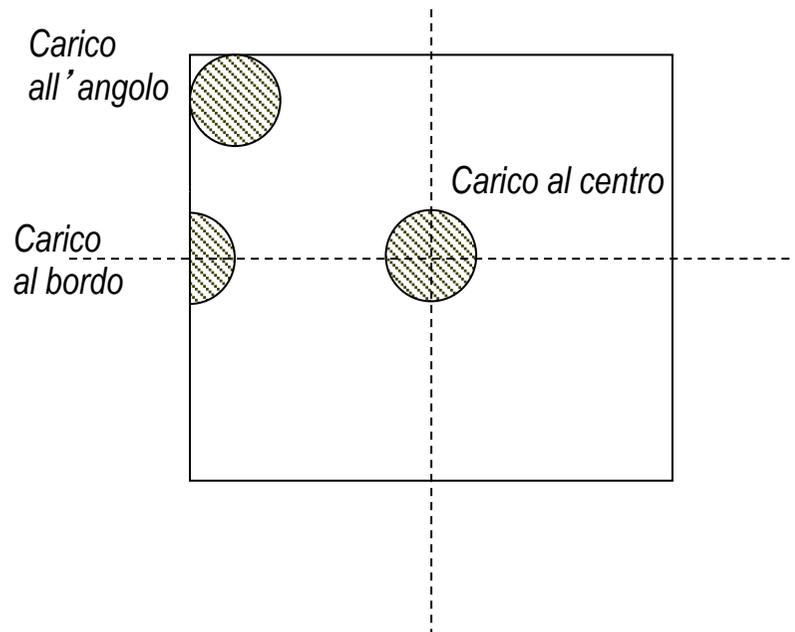
*K w(r) = reazione del terreno*

*E = modulo elastico del cls*

*μ = coefficiente di Poisson*

# TEORIA DEL CALCOLO DELLA PIASTRA

## WESTERGAARD



$Q = \text{carico agente} = p_g \pi a^2$

$\sigma = \text{tensione massima di trazione sulla piastra}$

$a = \text{raggio dell'area di carico}$

$l = \text{raggio di rigidità relativa} = (D/K)^{0,25}$

Carico al centro

$$\sigma = \frac{0,316}{s^2} Q \left( 4 \log \frac{l}{a} + 1,069 \right)$$

Carico al bordo

$$\sigma = \frac{0,572}{s^2} \frac{Q}{2} \left( 4 \log \frac{l}{a} + 0,359 \right)$$

Carico all'angolo

$$\sigma = \frac{3}{s^2} Q \left[ 1 - \left( \frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^{0,6} \right]$$

# CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

1. **Metodo LCN**
2. **Metodo che utilizza la nuova classificazione FAA**
3. **Metodo del Corps of Engineers**
4. **Metodo della Portland Cement Association**
5. **Nuovo metodo FAA**

# METODO LCN

## FORMULA DI TELLER E SUTHERLAND (carico applicato all' angolo)

$$s = \sqrt{\frac{3Q_{es}}{\sigma_c} \left[ 1 - \left( \frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^{1,2} \right]}$$

$Q_{es}$  = carico equivalente su ruota singola

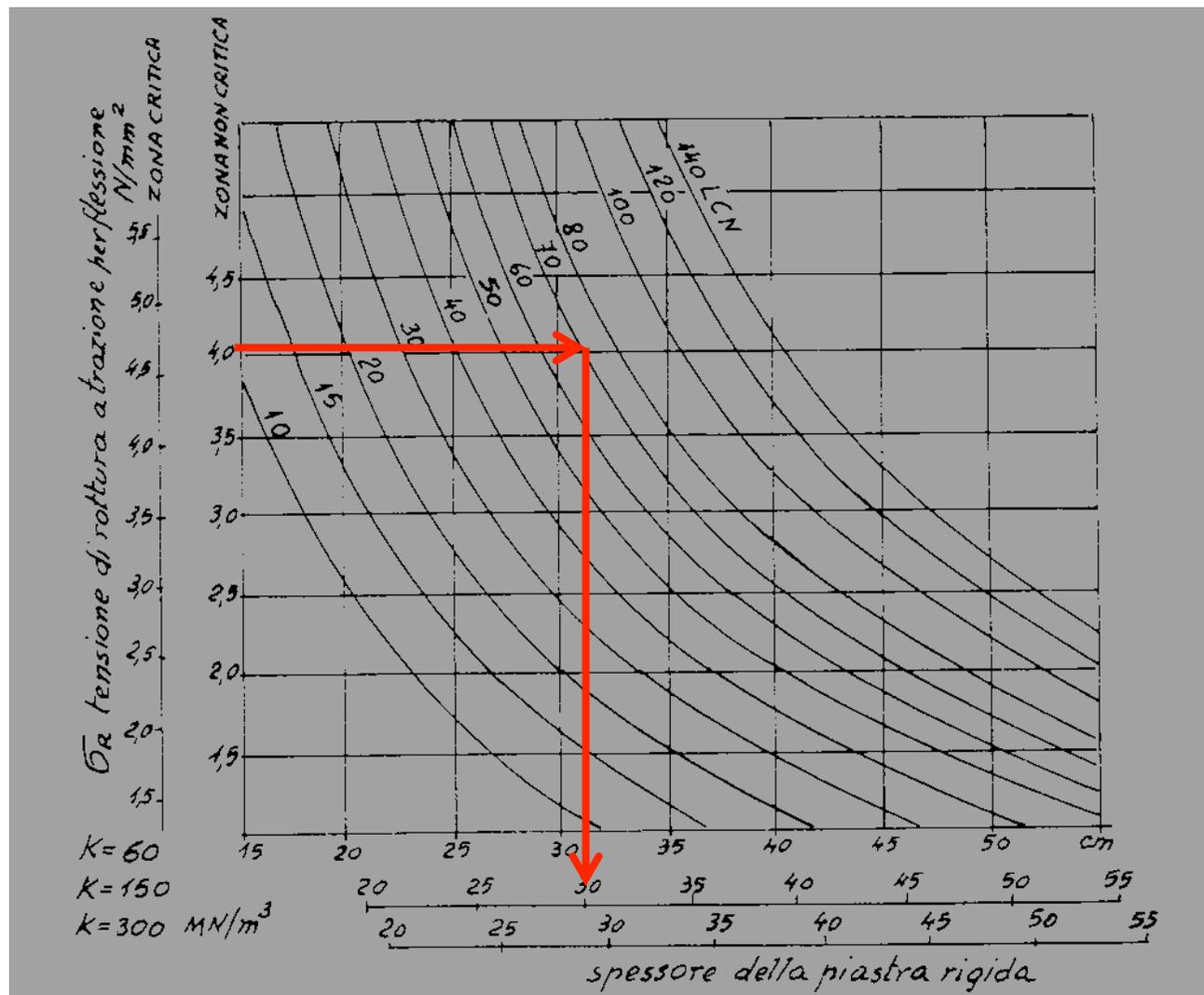
$a$  = raggio dell' area di impronta circolare

$\sigma_c$  = tensione di lavoro ammissibile

$l$  = raggio di rigidezza relativa =  $(D/K)^{0,25}$

**Nel calcolo si assume come dato di partenza il numero LCN dell' aereo calcolato su uno spessore ipotizzato e a valle della determinazione dello spessore  $s$ , si verifica se con tale spessore l' LCN della pavimentazione è uguale o superiore a quella dell' aereo.**

# METODO LCN



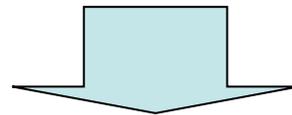
# METODO FAA (CLASSIFICAZIONE SOTTOFONDI)

## DATI DI INPUT

Classe del sottofondo (Ra, Rb, Rc, Rd, Re)

Portanza minima desiderabile E7 corrispondente a Rc

Carico equivalente su ruota singola o carico totale



Nomogrammi per la determinazione dello spessore della fondazione e della piastra

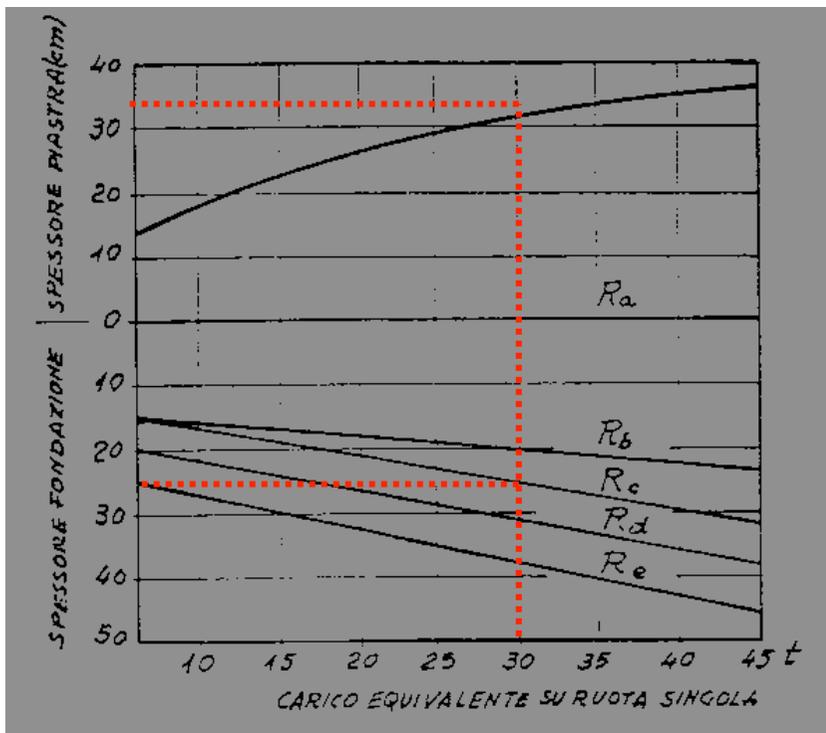
*I nomogrammi si riferiscono alle aree critiche, per le aree non critiche è ammessa una riduzione dello spessore della piastra del 10 – 20 %.*

## CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO LA FAA

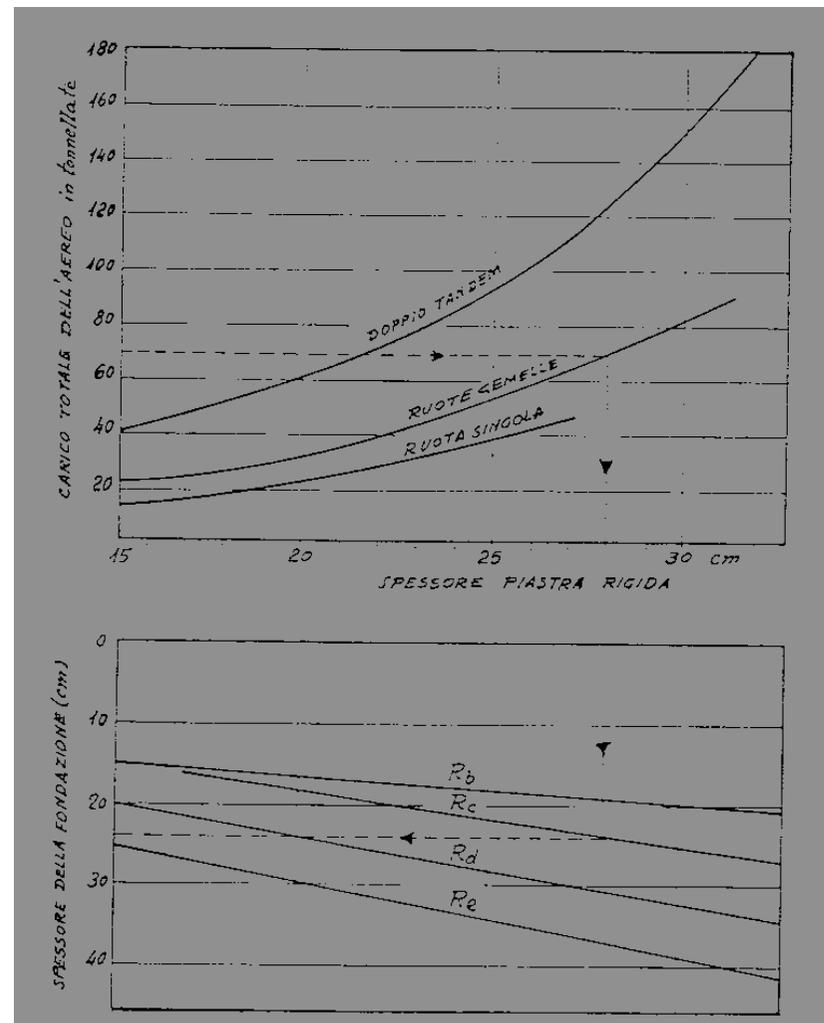
Gruppo	Trattenuto al n. 10 ASTM [%]	Passante al setaccio n. 10 ASTM [%]			Limite di liquidità LL	Indice di plasticità IP	Classe			
		Trattenuto al n. 60 ASTM [%]	Passante al n. 60 e trattenuto al n. 270 [%]	Passante al n. 270 ASTM [%]			Buon drenaggio		Cattivo drenaggio	
							Assenza gelo	Forte gelo	Assenza gelo	Forte gelo
E <sub>1</sub>	0 ÷ 45	> 40	< 60	< 15	< 25	< 6	F <sub>a</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>a</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>a</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>a</sub> R <sub>a</sub>
E <sub>2</sub>	0 ÷ 45	> 15	< 85	< 25	< 25	< 6	F <sub>a</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>a</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>1</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>2</sub> R <sub>a</sub>
E <sub>3</sub>	0 ÷ 45	-	-	< 25	< 25	< 6	F <sub>1</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>1</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>2</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>2</sub> R <sub>a</sub>
E <sub>4</sub>	0 ÷ 45	-	-	< 35	< 35	< 10	F <sub>1</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>1</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>2</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>3</sub> R <sub>b</sub>
E <sub>5</sub>	0 ÷ 45	-	-	< 45	< 40	< 15	F <sub>1</sub> R <sub>a</sub>	F <sub>2</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>3</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>4</sub> R <sub>b</sub>
E <sub>6</sub>	0 ÷ 55	-	-	> 45	< 40	< 10	F <sub>2</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>3</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>4</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>5</sub> R <sub>c</sub>
E <sub>7</sub>	0 ÷ 55	-	-	> 45	< 50	10 ÷ 30	F <sub>3</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>4</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>5</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>6</sub> R <sub>c</sub>
E <sub>8</sub>	0 ÷ 55	-	-	> 45	< 60	15 ÷ 40	F <sub>4</sub> R <sub>b</sub>	F <sub>5</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>6</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>7</sub> R <sub>d</sub>
E <sub>9</sub>	0 ÷ 55	-	-	> 45	> 40	< 30	F <sub>5</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>6</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>7</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>8</sub> R <sub>d</sub>
E <sub>10</sub>	0 ÷ 55	-	-	> 45	< 70	20 ÷ 50	F <sub>5</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>6</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>7</sub> R <sub>c</sub>	F <sub>8</sub> R <sub>d</sub>
E <sub>11</sub>	0 ÷ 55	-	-	> 45	< 80	> 30	F <sub>6</sub> R <sub>d</sub>	F <sub>7</sub> R <sub>d</sub>	F <sub>8</sub> R <sub>d</sub>	F <sub>9</sub> R <sub>e</sub>
E <sub>12</sub>	0 ÷ 55	-	-	> 45	> 80	-	F <sub>7</sub> R <sub>d</sub>	F <sub>8</sub> R <sub>e</sub>	F <sub>9</sub> R <sub>e</sub>	F <sub>10</sub> R <sub>e</sub>
E <sub>13</sub>	Terreno torboso									

# METODO FAA (CLASSIFICAZIONE SOTTOFONDI)

## Carico equivalente su ruota singola



## Carico totale – carrello triciclo



**Per zone non critiche si adotta lo stesso criterio ma considerando un carico che è l'80% di quello massimo**

# METODO DEL CORPS OF ENGINEERS

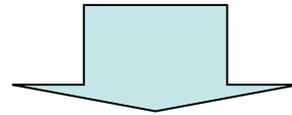
Si individuano 4 *traffic areas* (A, B, C, D) per tenere conto della ripetizione e della canalizzazione del traffico.

## DATI DI INPUT

Carico dell' aereo

Tensione di rottura del cls

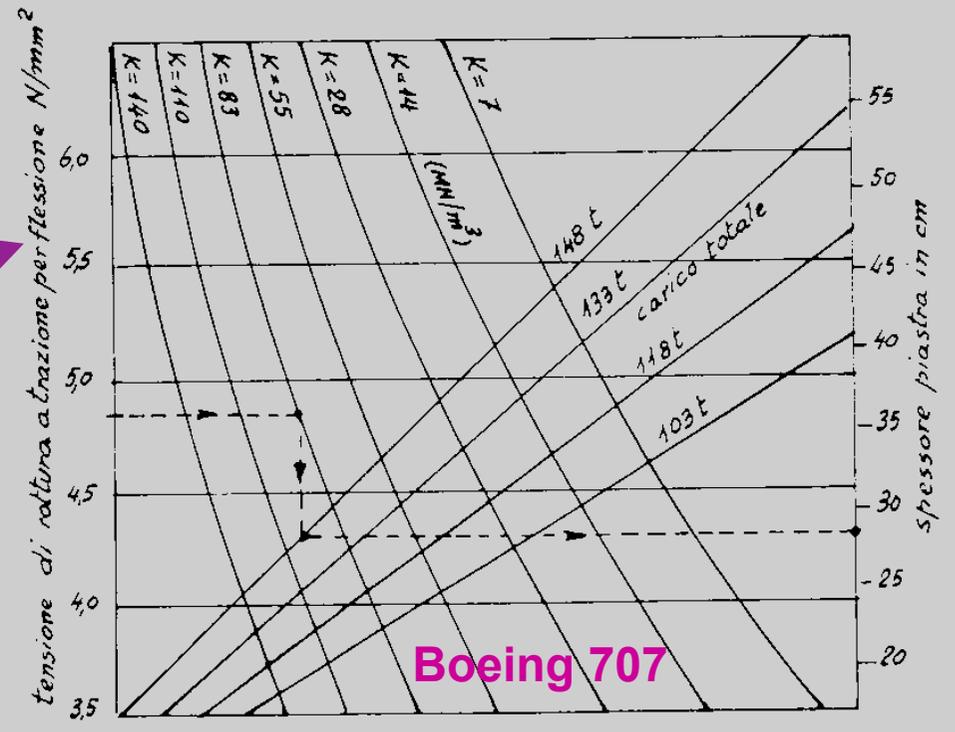
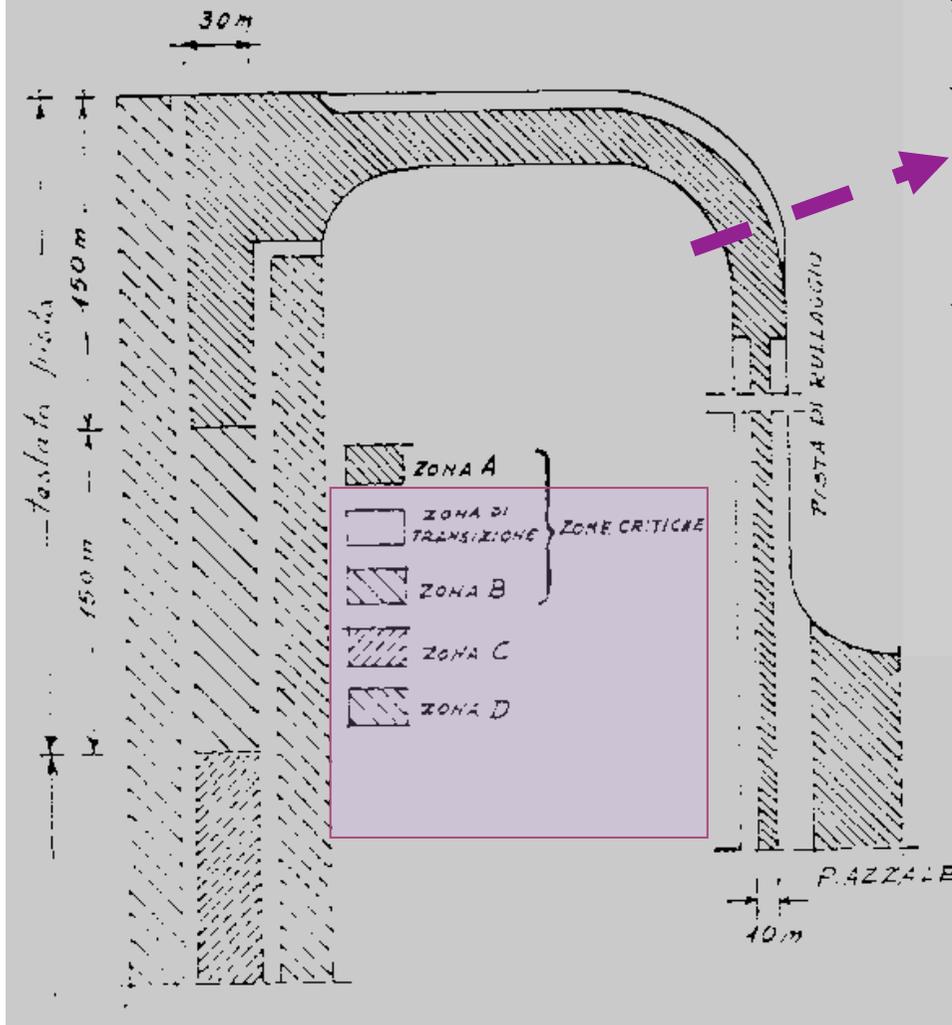
K portanza del sottofondo



*Nomogrammi per la determinazione dello spessore della piastra per dato tipo di aereo e per data traffic area*

# METODO DEL CORPS OF ENGINEERS

## Traffic Areas



## ZONA A

Il diagramma è stato determinato in base alla teoria generale delle piastre, per la condizione di carico al bordo e adottando una riduzione del carico del 25% per tenere conto della collaborazione della piastra più vicina

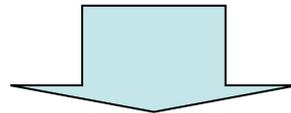
# METODO DELLA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

## DATI DI INPUT

Carico agente sulla gamba di forza

Tensione di rottura del cls

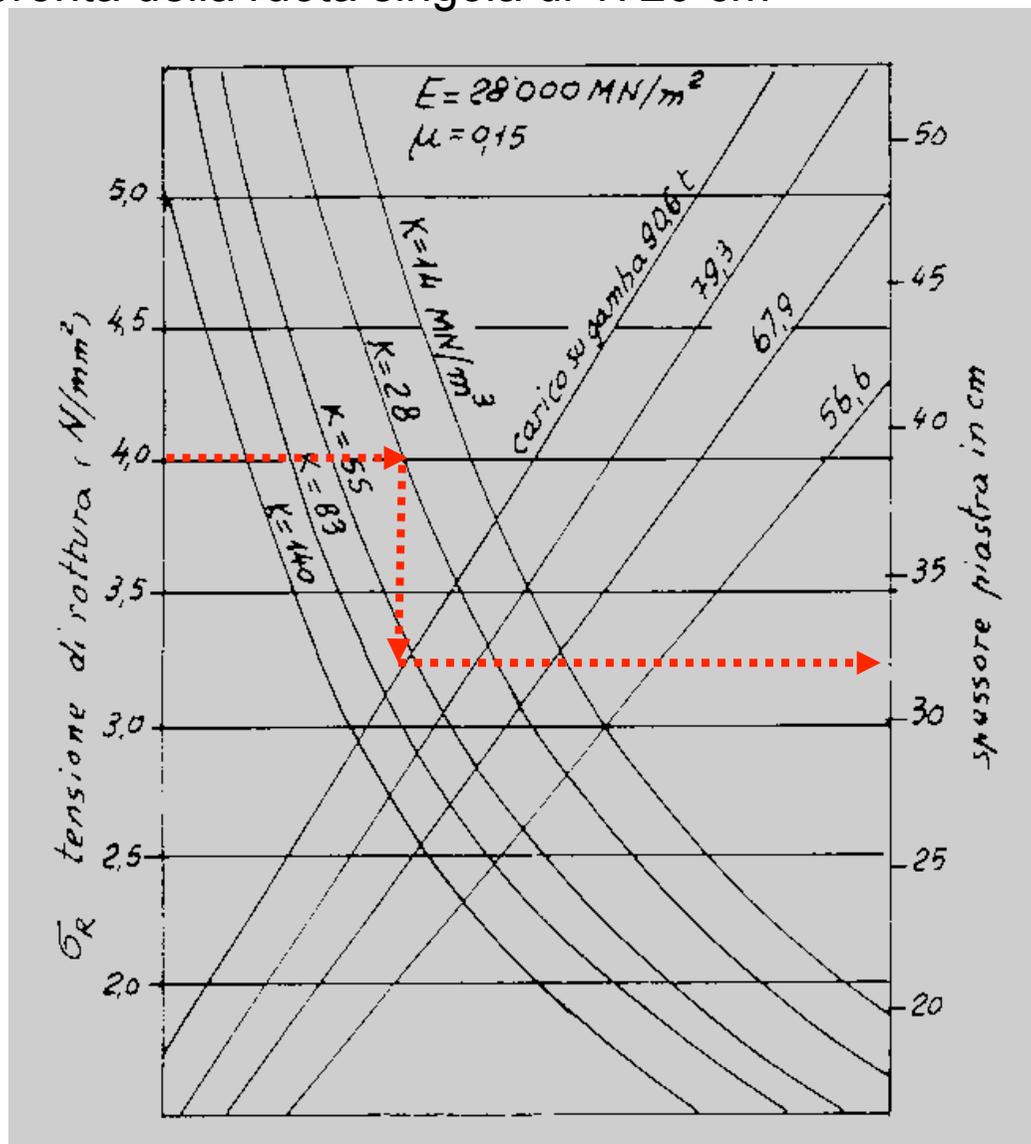
K portanza del sottofondo



*Nomogrammi per la determinazione dello spessore  
della piastra per dato tipo di aereo*

# METODO DELLA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Aereo con carico su gamba di forza di 90 t ed area di impronta della ruota singola di 1720 cm<sup>2</sup>



# NUOVO METODO FAA

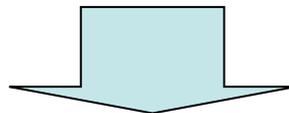
## DATI DI INPUT

Peso massimo al decollo dell' aereo critico

Numero di decolli annuali equivalenti dell' aereo critico

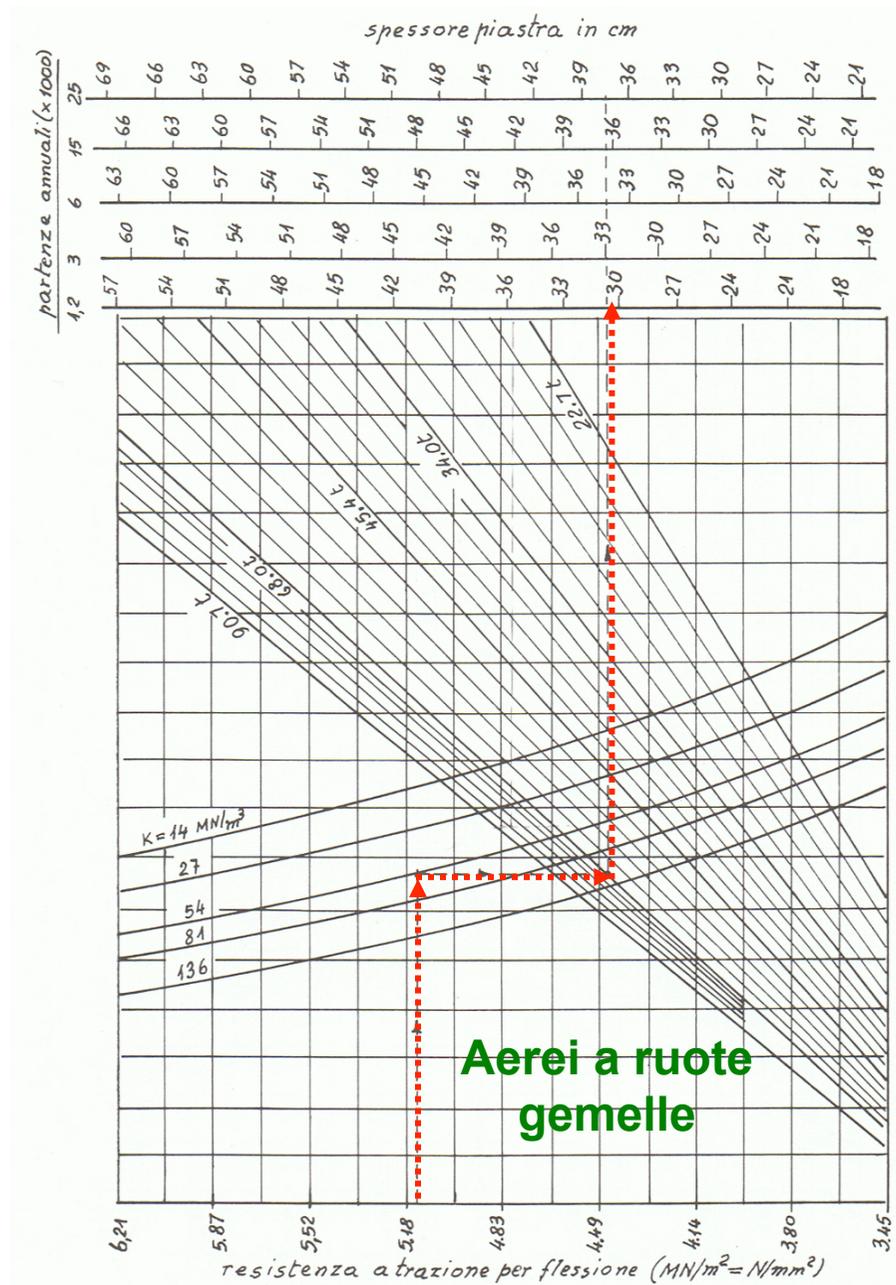
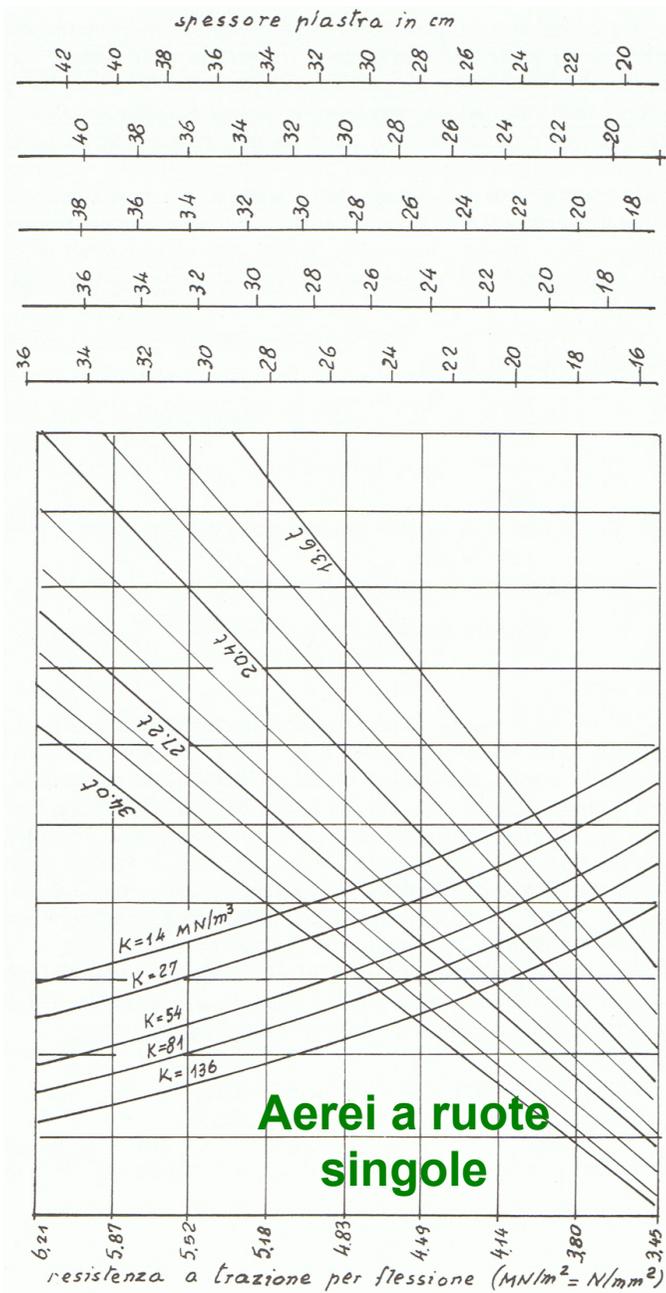
Resistenza a trazione per flessione

K portanza piano di posa della piastra

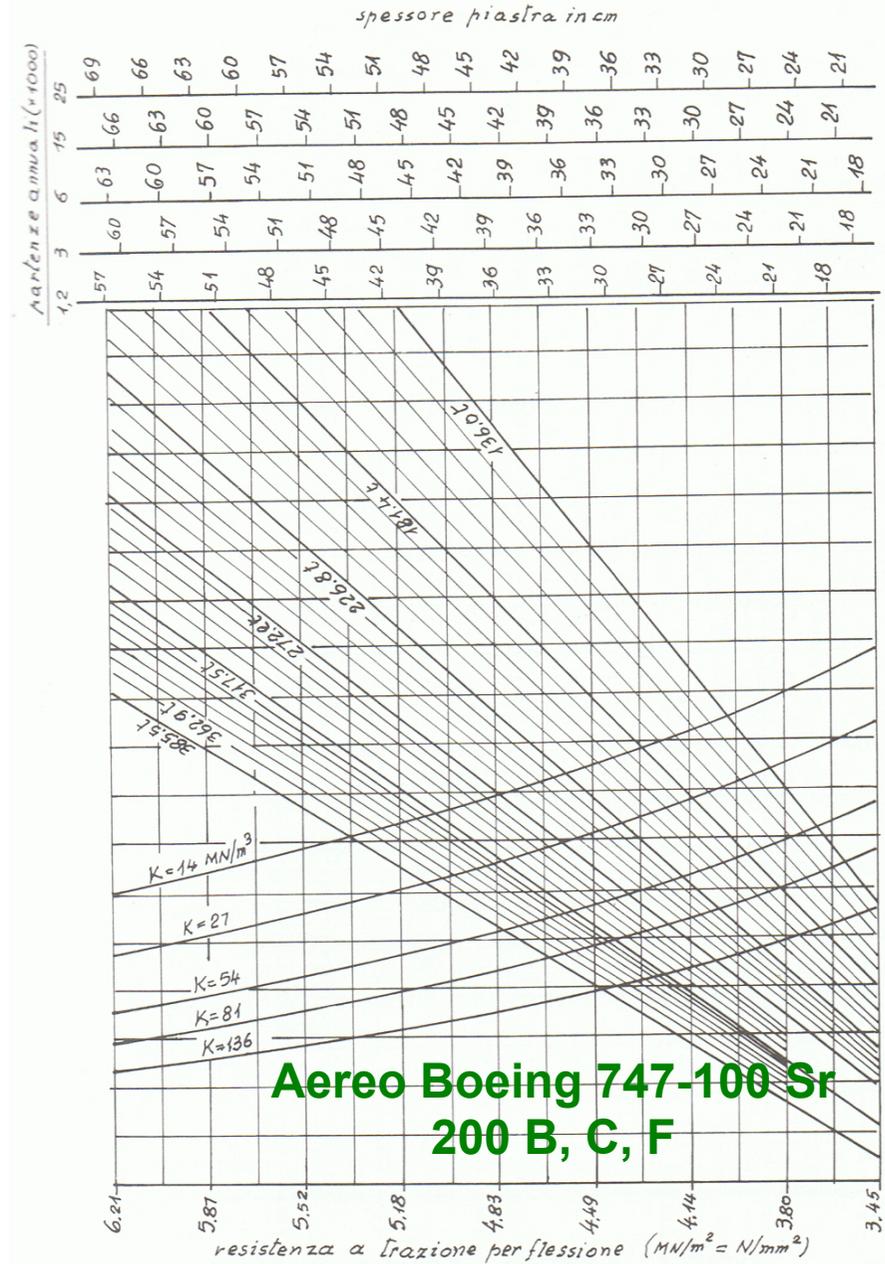
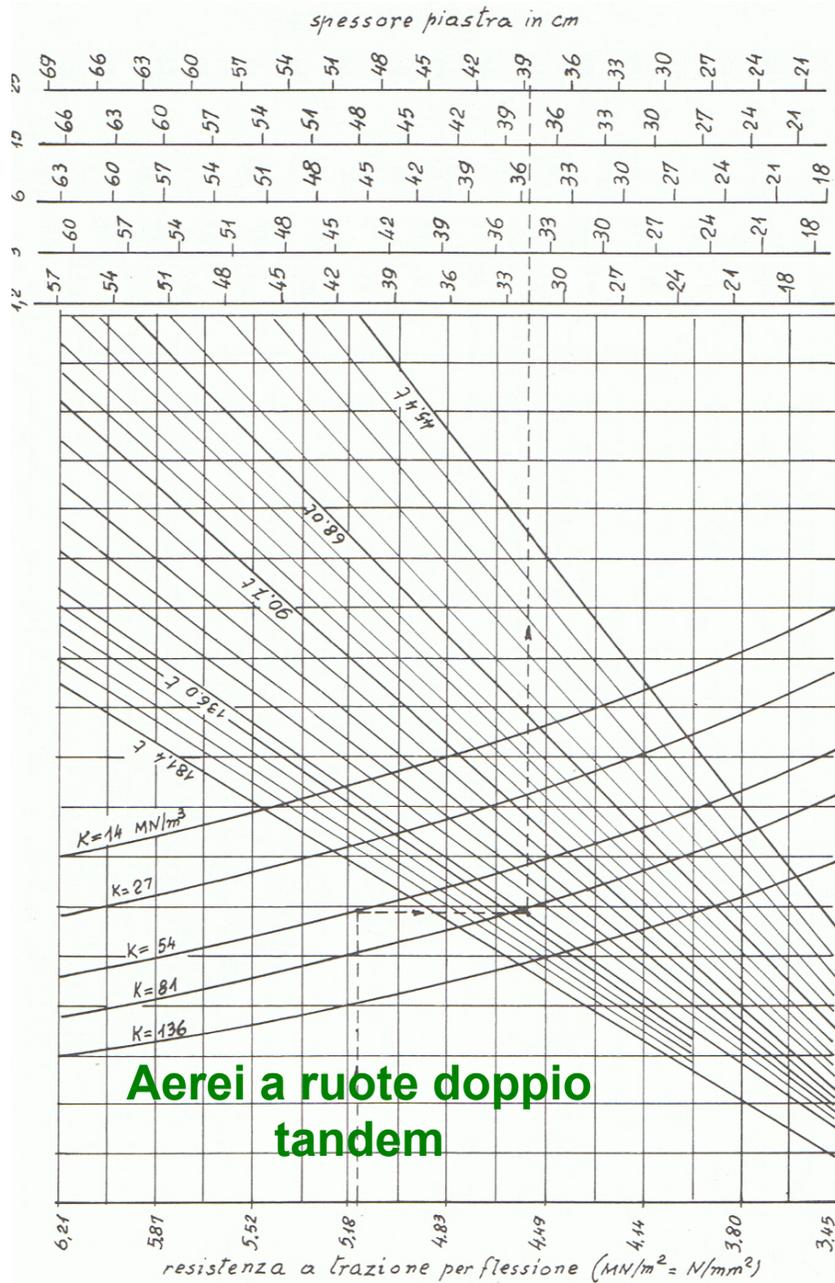


*Nomogrammi per la determinazione dello spessore della piastra per dato tipo di aereo*

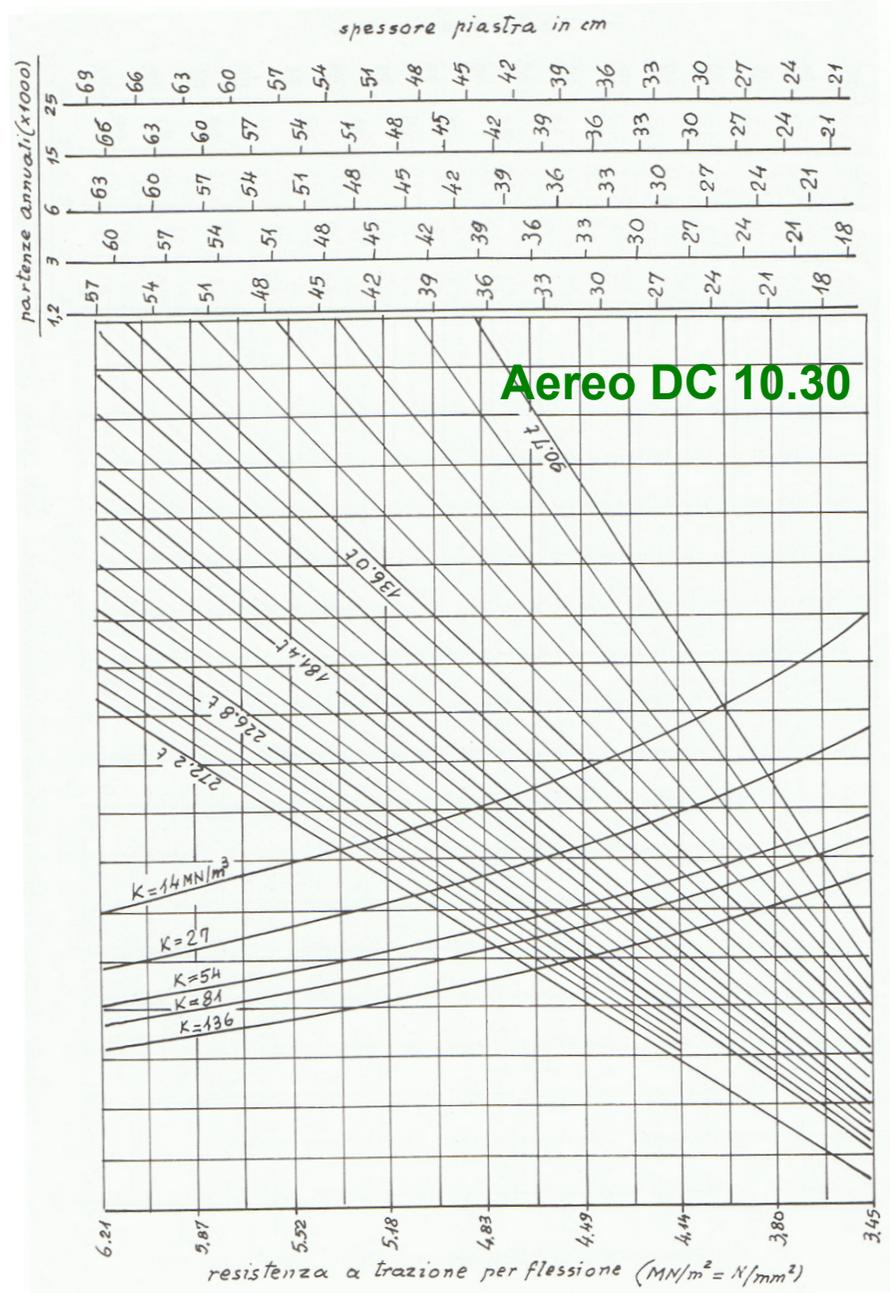
# NUOVO METODO FAA



# NUOVO METODO FAA



# NUOVO METODO FAA



# NUOVO METODO FAA

Spessori variabili della sovrastruttura rigida da assegnare alle piste in pianta e in sezione

