



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

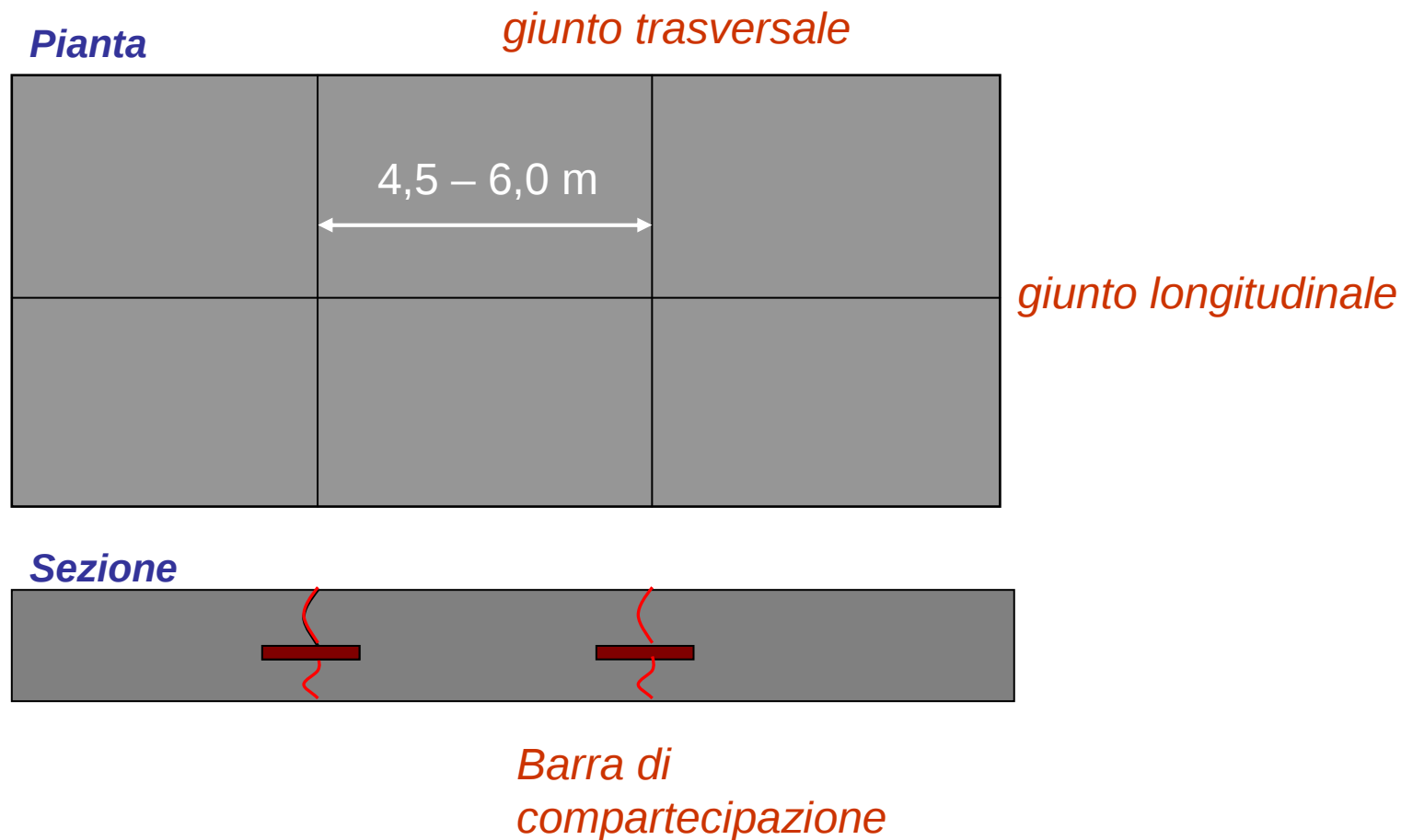


Giunto di costruzione
con barre



LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

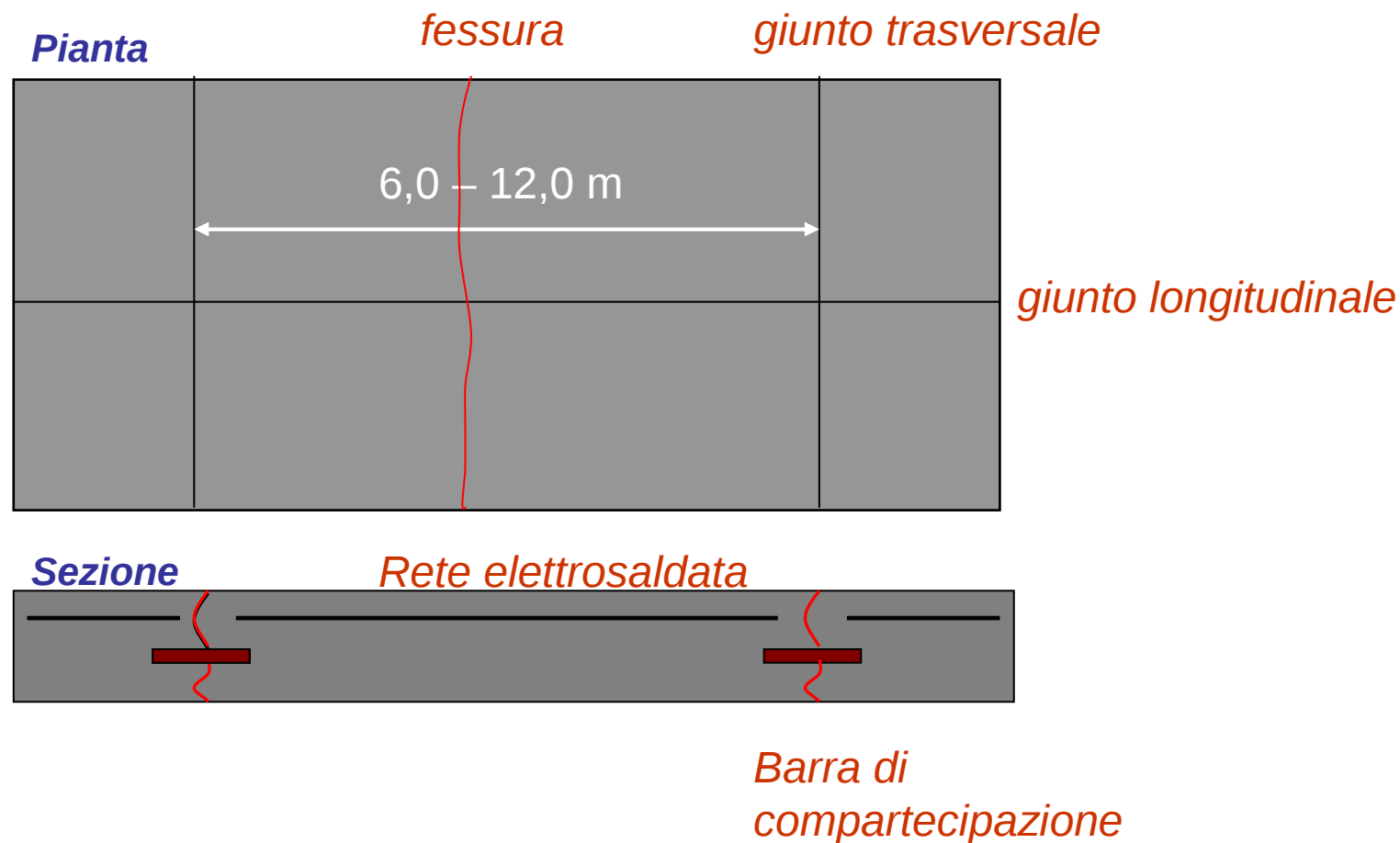
PIASTRE NON ARMATE CON GIUNTI (Jointed Plain Concrete Pavement JPCP)



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

LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

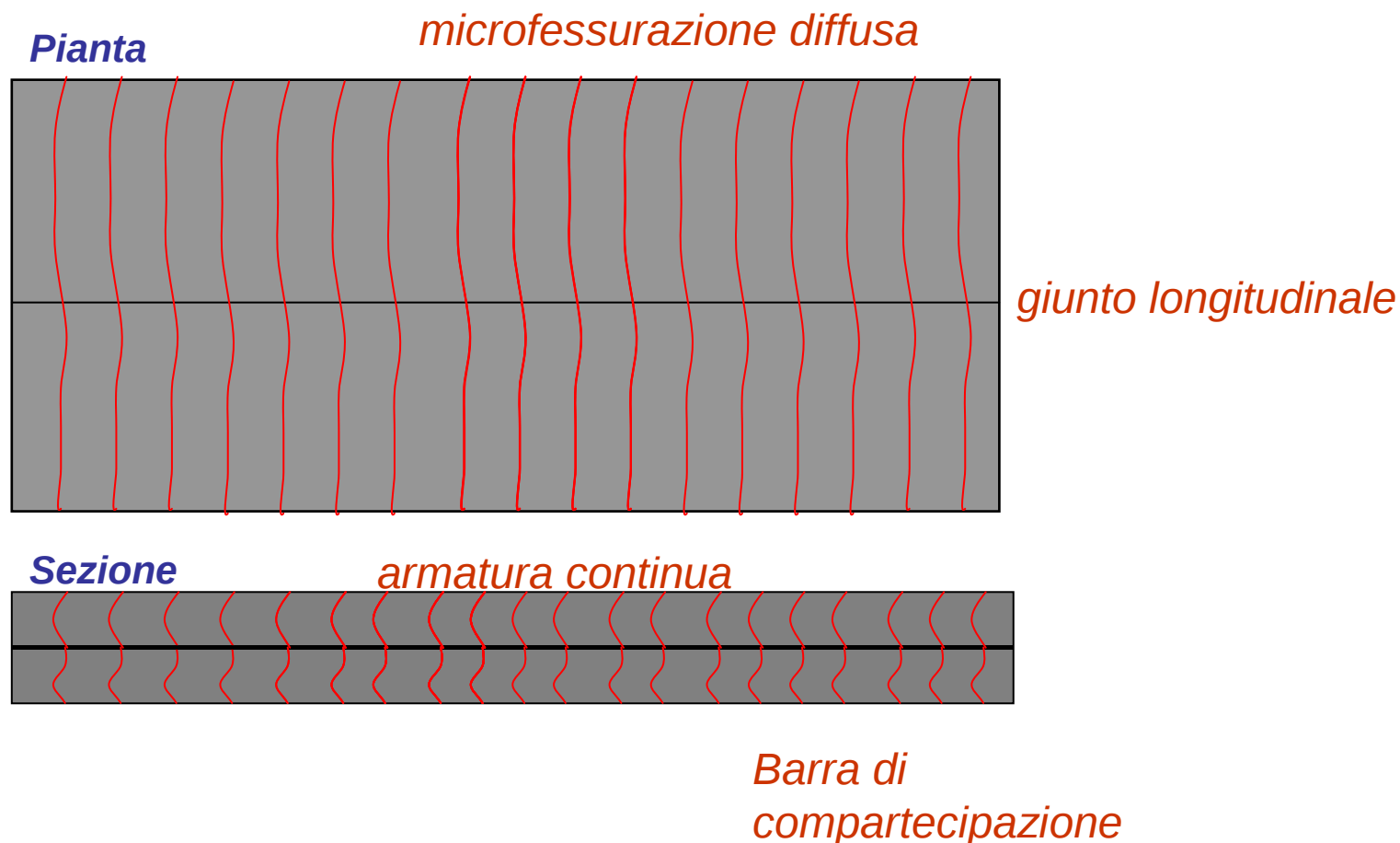
PIASTRE ARMATE CON GIUNTI (Jointed Reinforced Concrete Pavement JRCP)



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

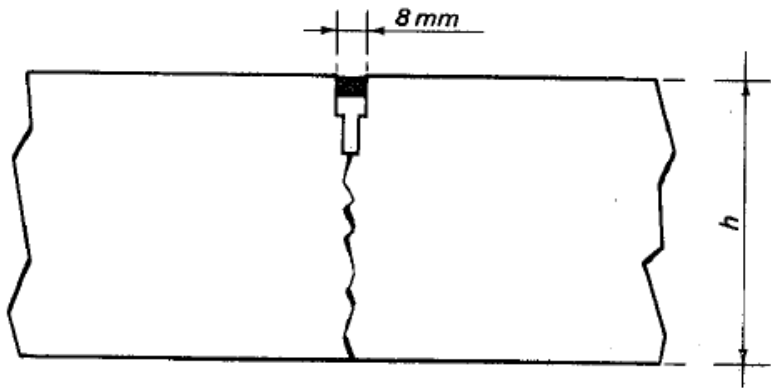
rispetto alla posizione

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

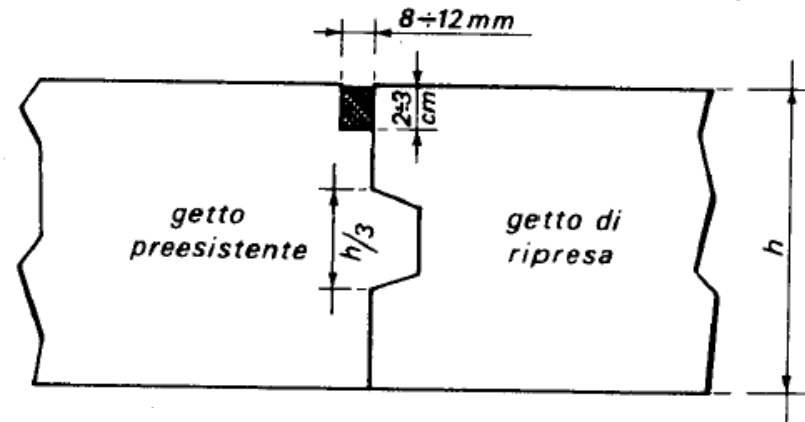
rispetto alla funzione

- ✓ **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)

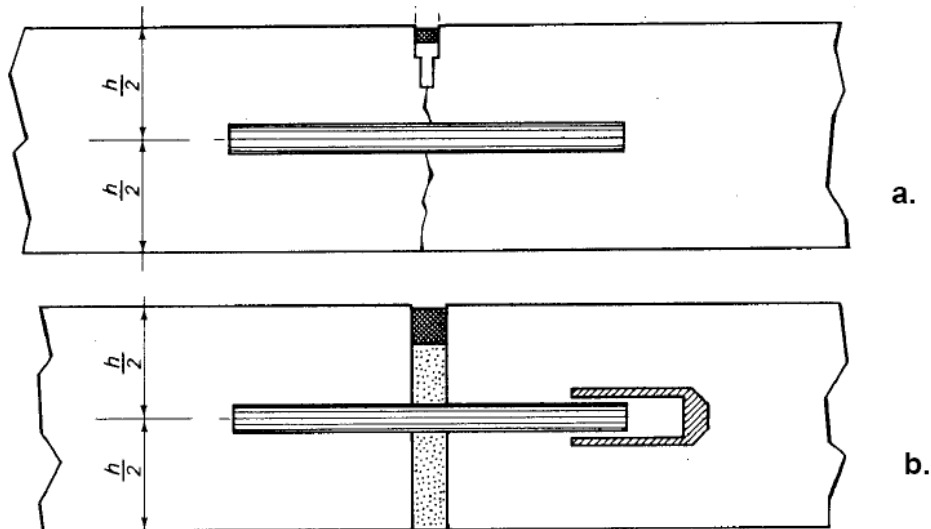
LE PAVIMENTAZIONI RIGIDE – I GIUNTI



GIUNTO DI CONTRAZIONE CON SIGILLATURA



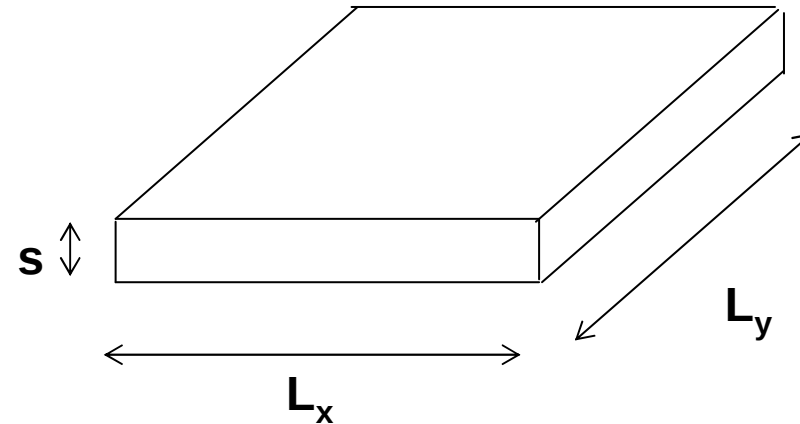
GIUNTO DI COSTRUZIONE



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.

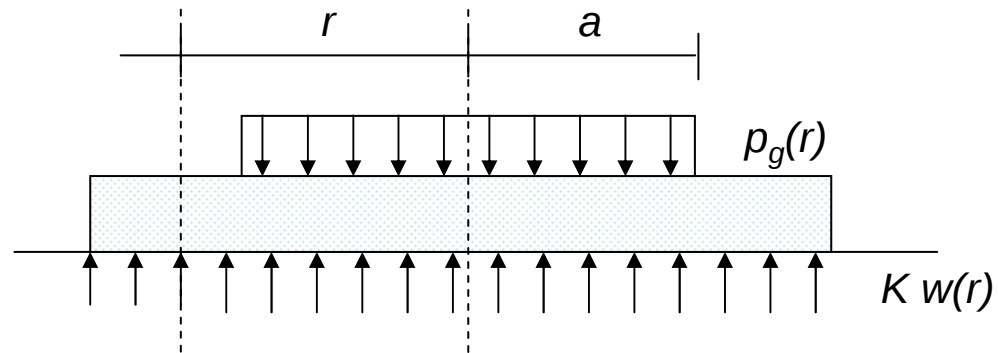
Si adotta generalmente il 2° criterio

TEORIA DEL CALCOLO DELLA PIASTRA

WESTERGAARD

Equazione di Lagrange per piastre sottili

*Piastra sottile poggianti
su un suolo elastico alla Winkler*



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

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

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

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

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

P_g(r) = carico agente sulla piastra

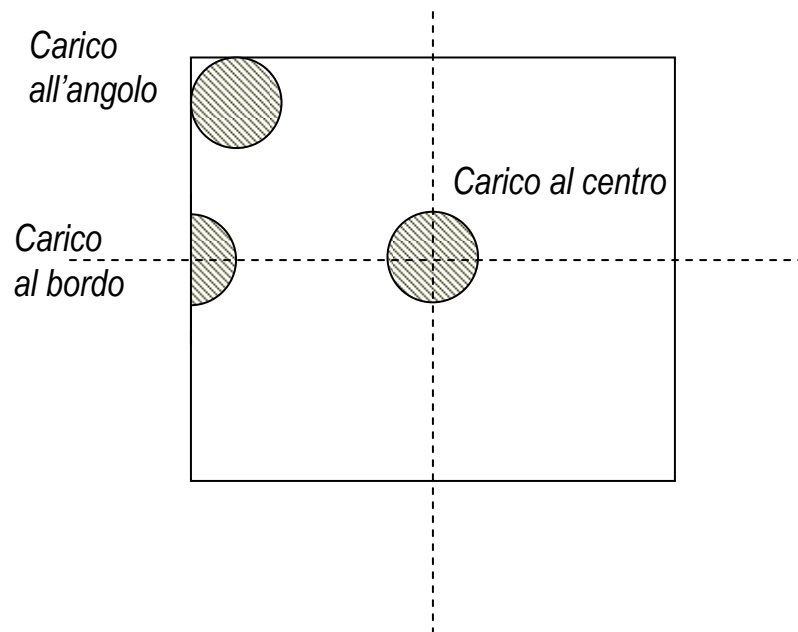
K w(r) = reazione del terreno

E = modulo elastico del cls

μ = coefficiente di Poisson

TEORIA DEL CALCOLO DELLA PIASTRA

WESTERGAARD



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

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

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

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

Carico al centro

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

Carico al bordo

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

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

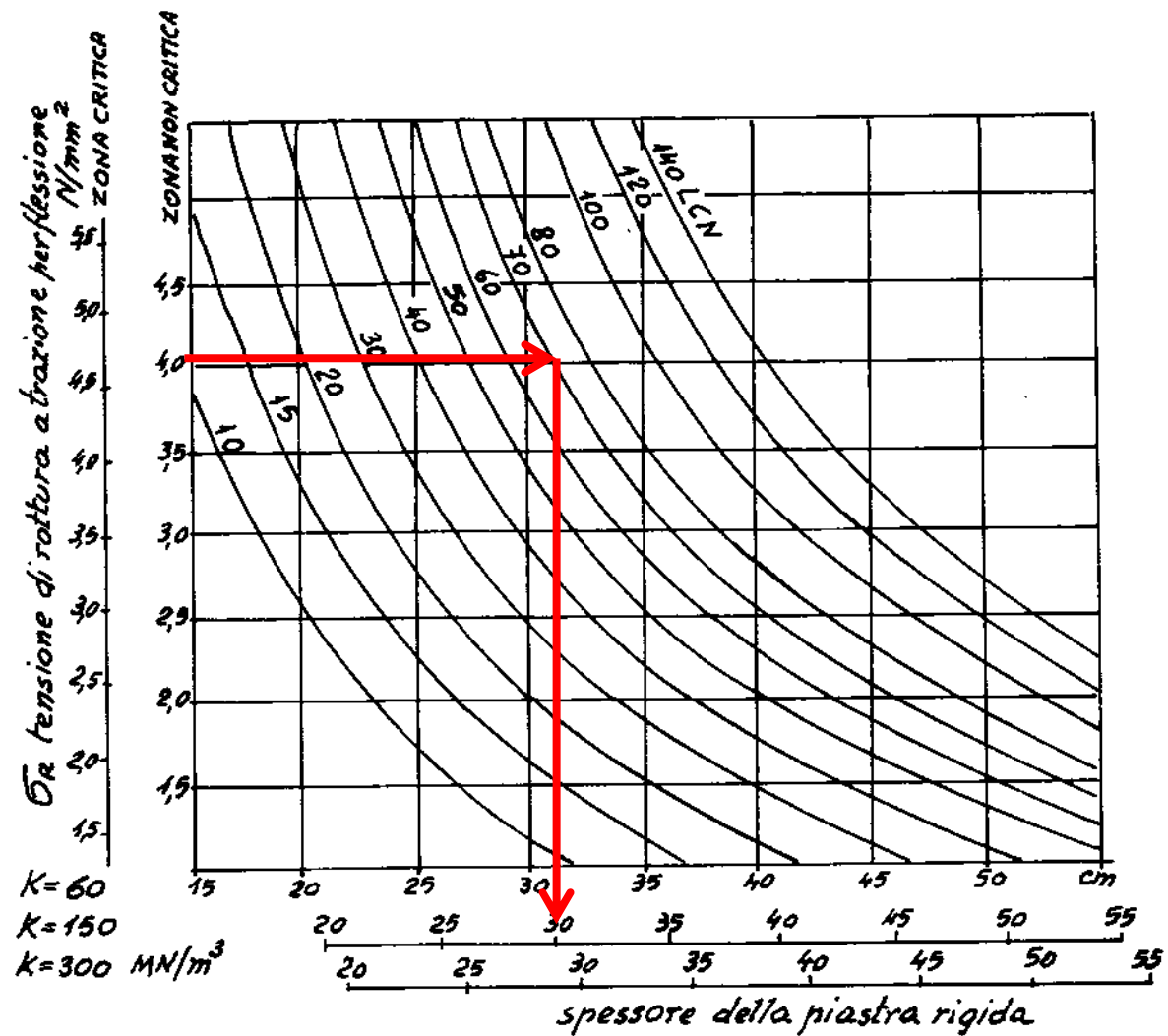
a = raggio dell'area di impronta circolare

σ_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



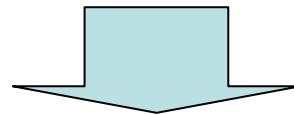
METODO FAA (CLASSIFICAZIONE SOTTOFONDI)

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

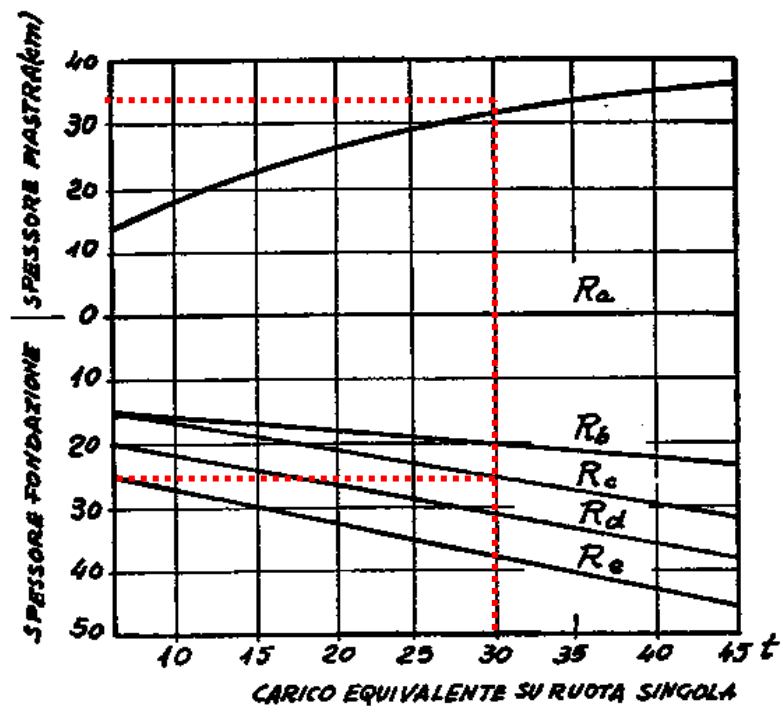
I nomogrammi si riferiscono alle aree critiche, per le aree non critiche è ammessa una riduzione dello spessore della piastra del 10 – 20 %.

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO LA FAA

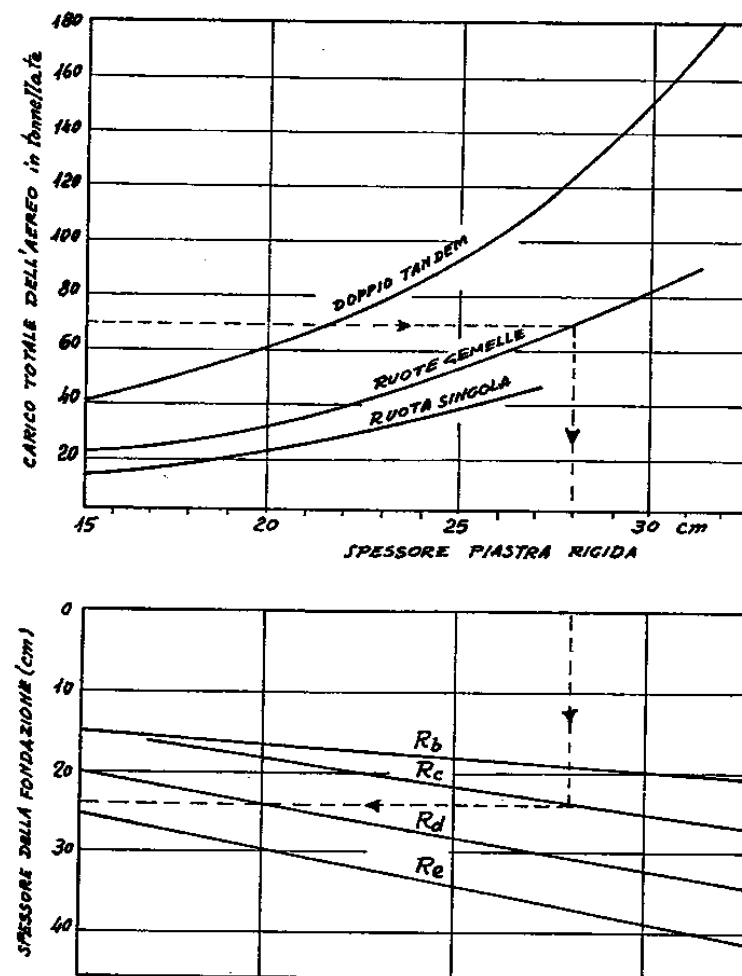
Gruppo	Trattenuto al n. 10 ASTM [%]	Passante al setaccio n. 10 ASTM [%]			Limite di liquidità LL	Indice di plasticità IP	Classe			
		Trattenuto al n. 60 ASTM [%]	Passante al n. 60 e trattenuto al n. 270 [%]	Passante al n. 270 ASTM [%]			Buon drenaggio		Cattivo drenaggio	
							Assenza gelo	Forte gelo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

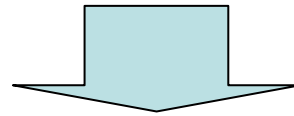
Si individuano 4 *traffic areas* (A, B, C, D) per tenere conto della ripetizione e della canalizzazione del traffico.

DATI DI INPUT

Carico dell'aereo

Tensione di rottura del cls

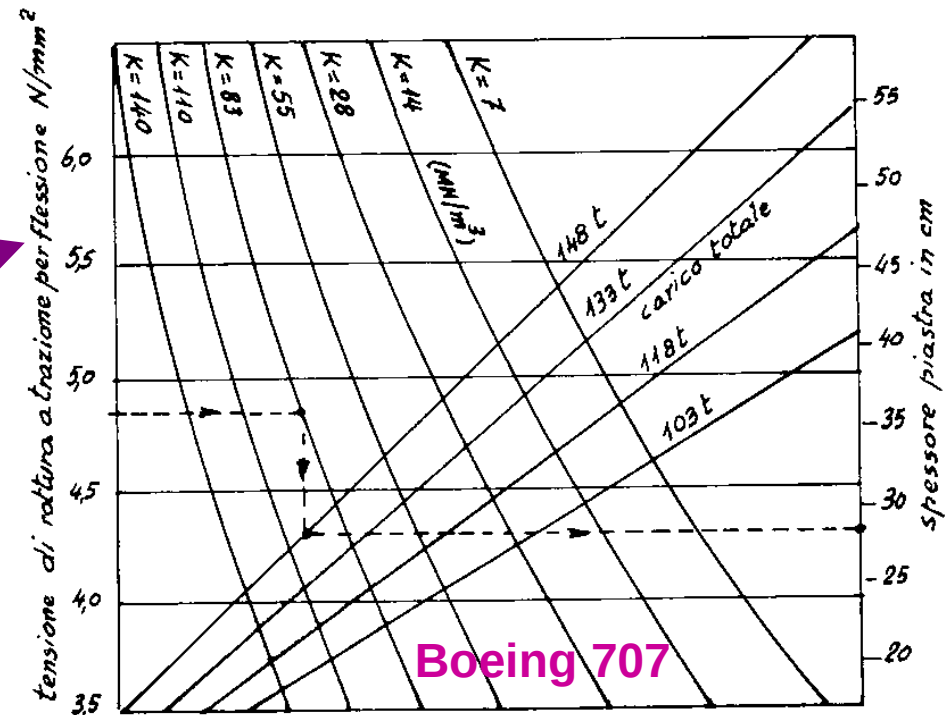
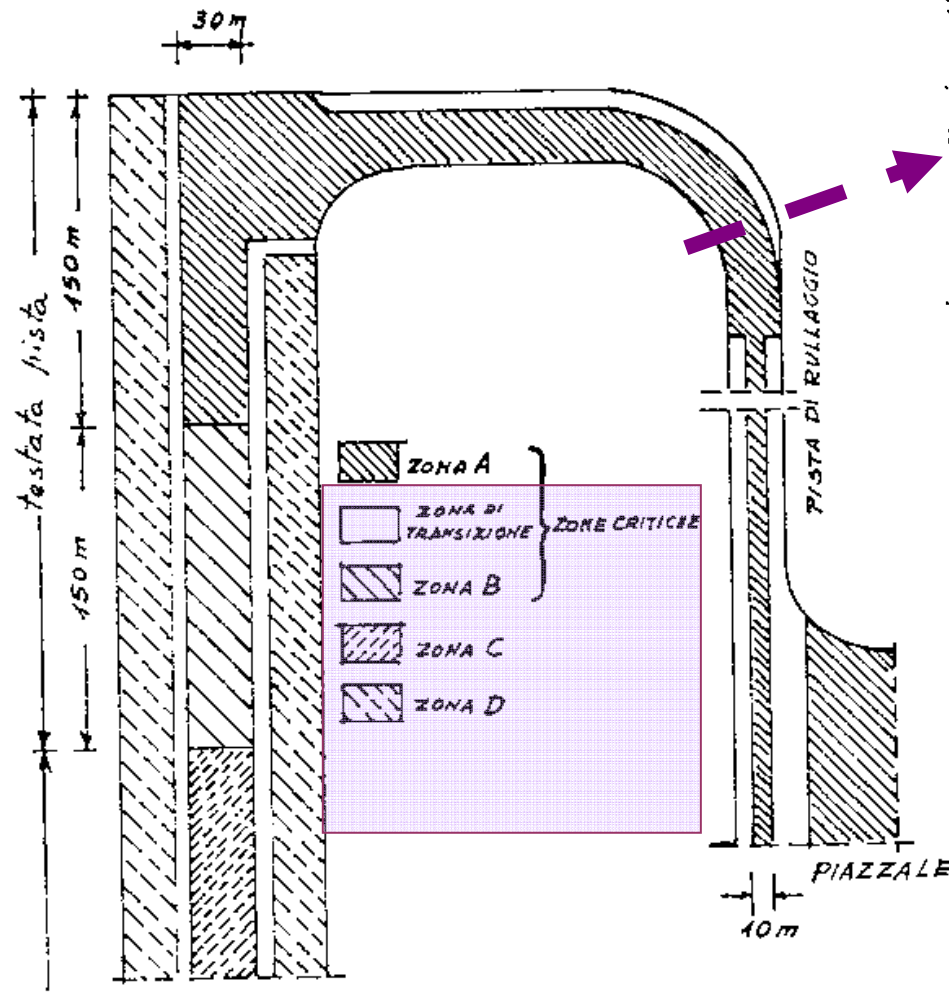
K portanza del sottofondo



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

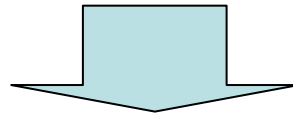
METODO DELLA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

DATI DI INPUT

Carico agente sulla gamba di forza

Tensione di rottura del cls

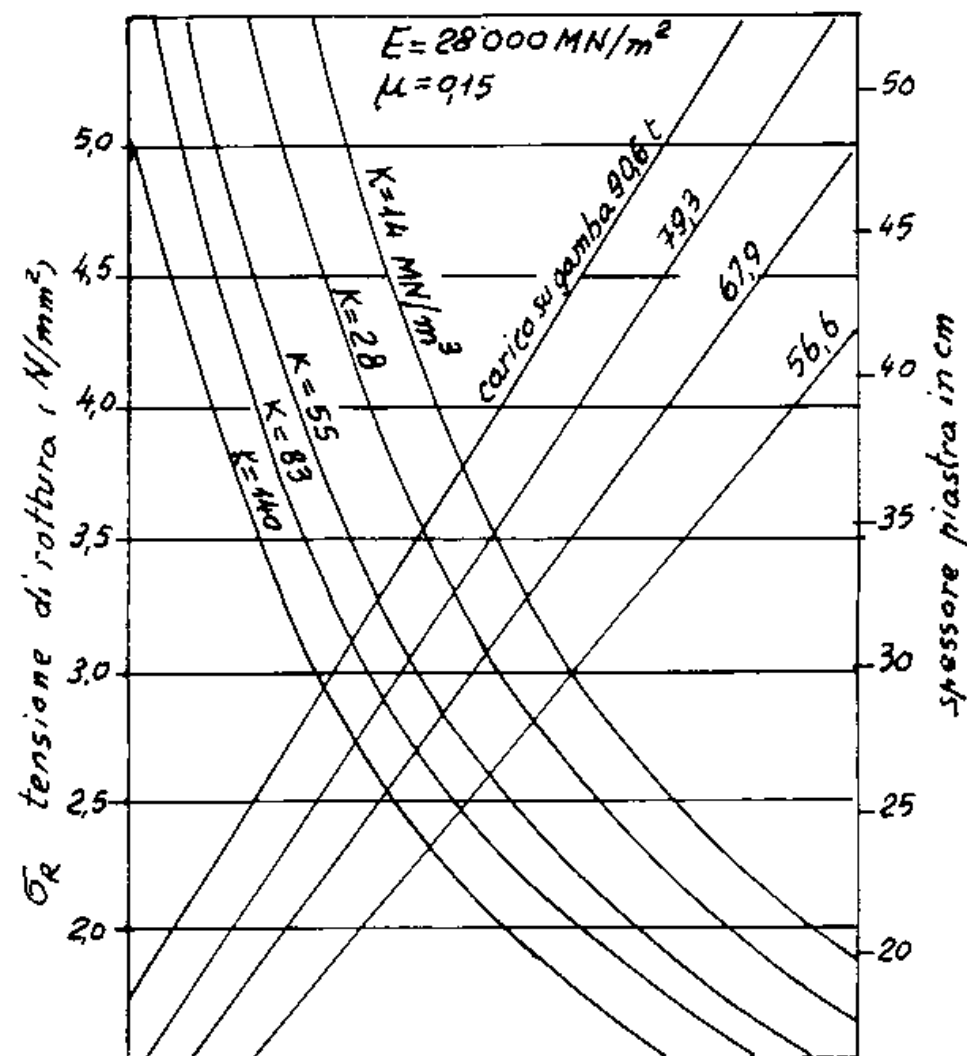
K portanza del sottofondo



*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 cm²



NUOVO METODO FAA

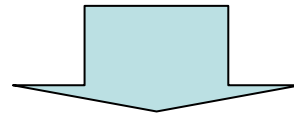
DATI DI INPUT

Peso massimo al decollo dell'aereo critico

Numero di decolli annuali equivalenti dell'aereo critico

Resistenza a trazione per flessione

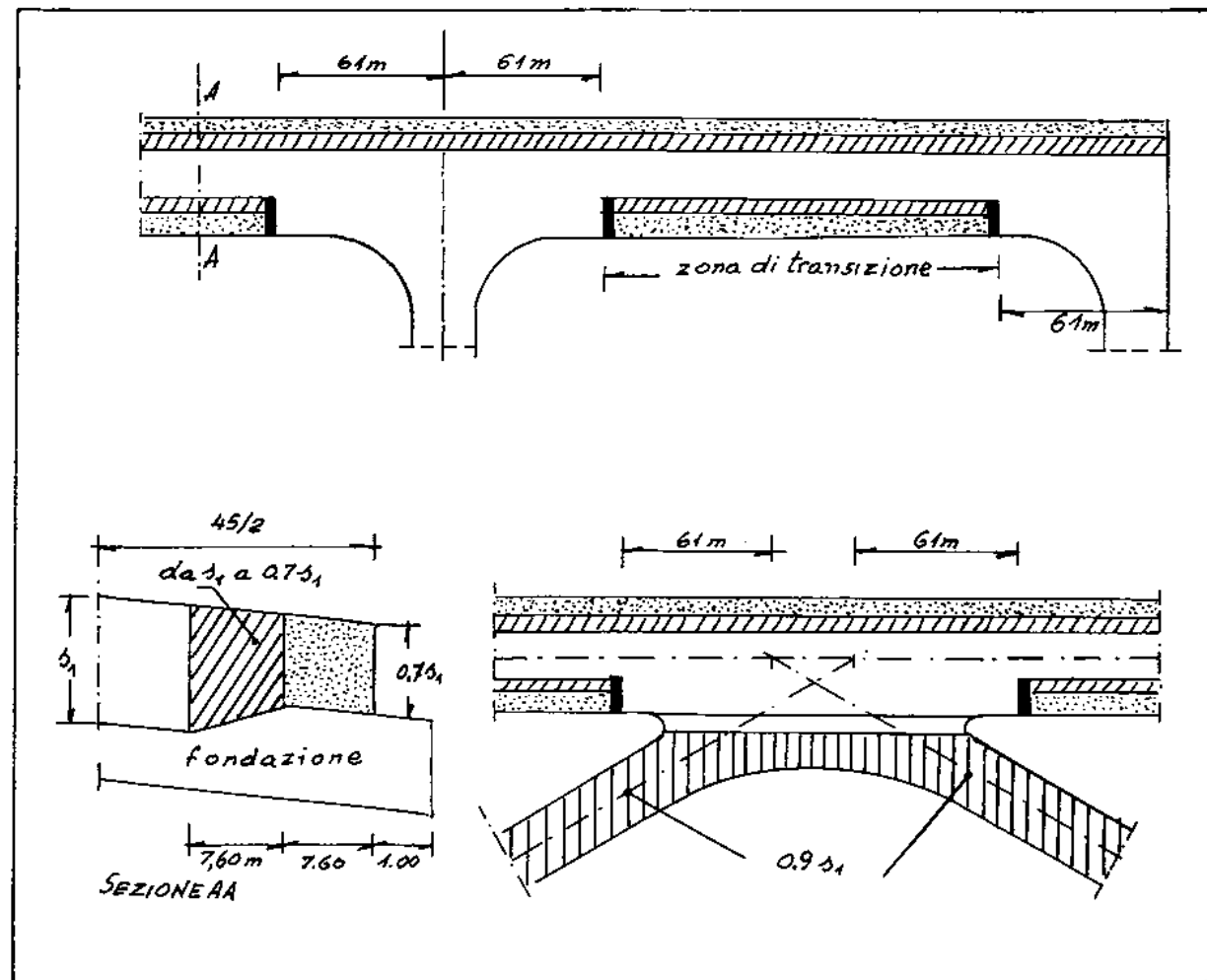
K portanza piano di posa della piastra



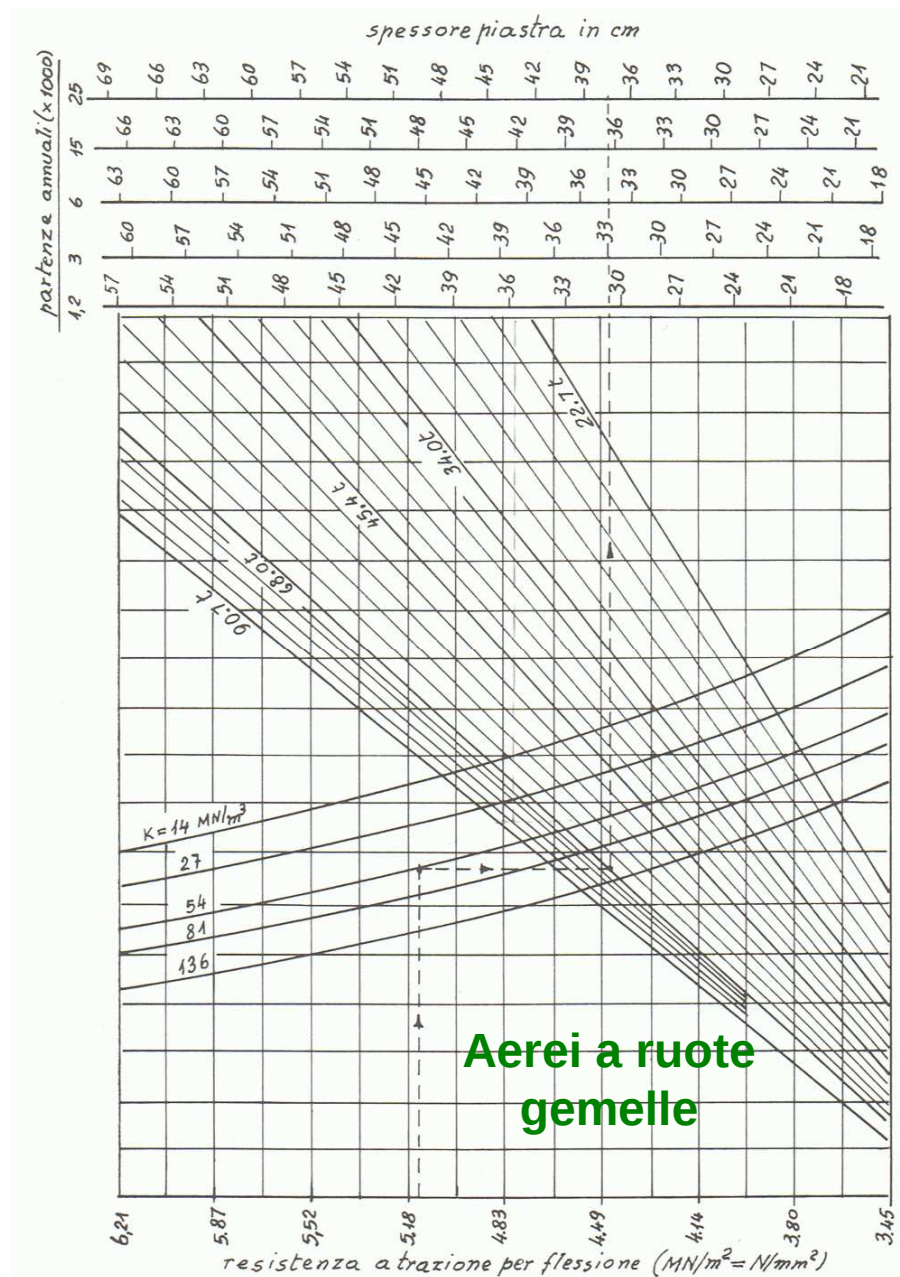
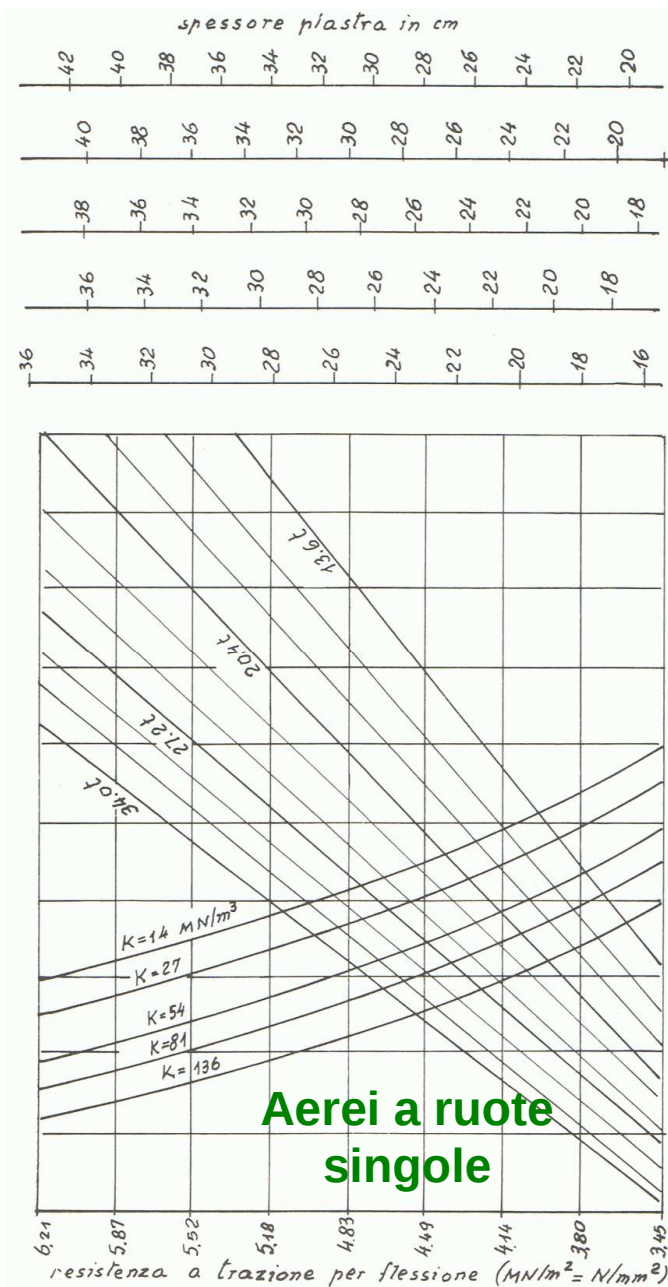
*Nomogrammi per la determinazione dello spessore
della piastra per dato tipo di aereo*

NUOVO METODO FAA

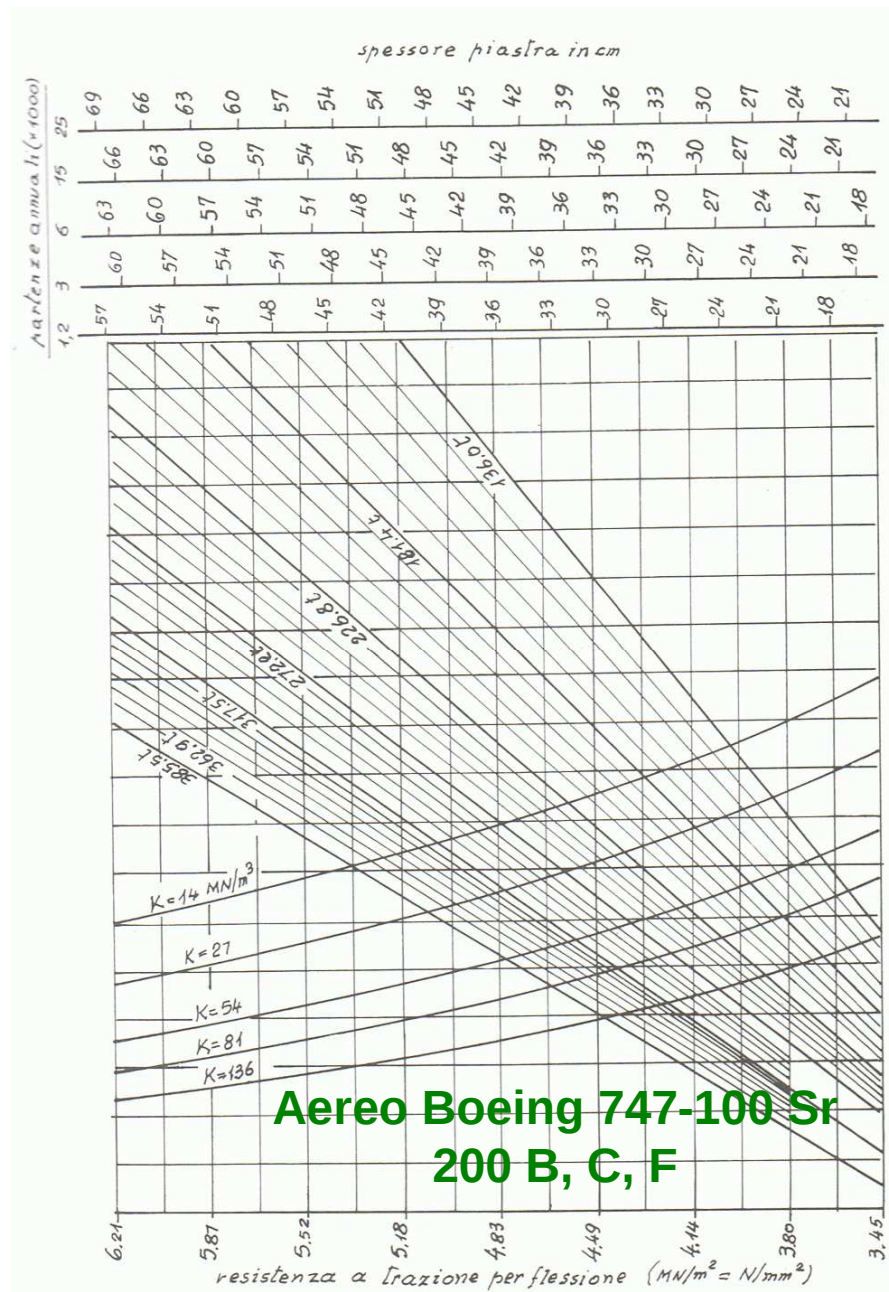
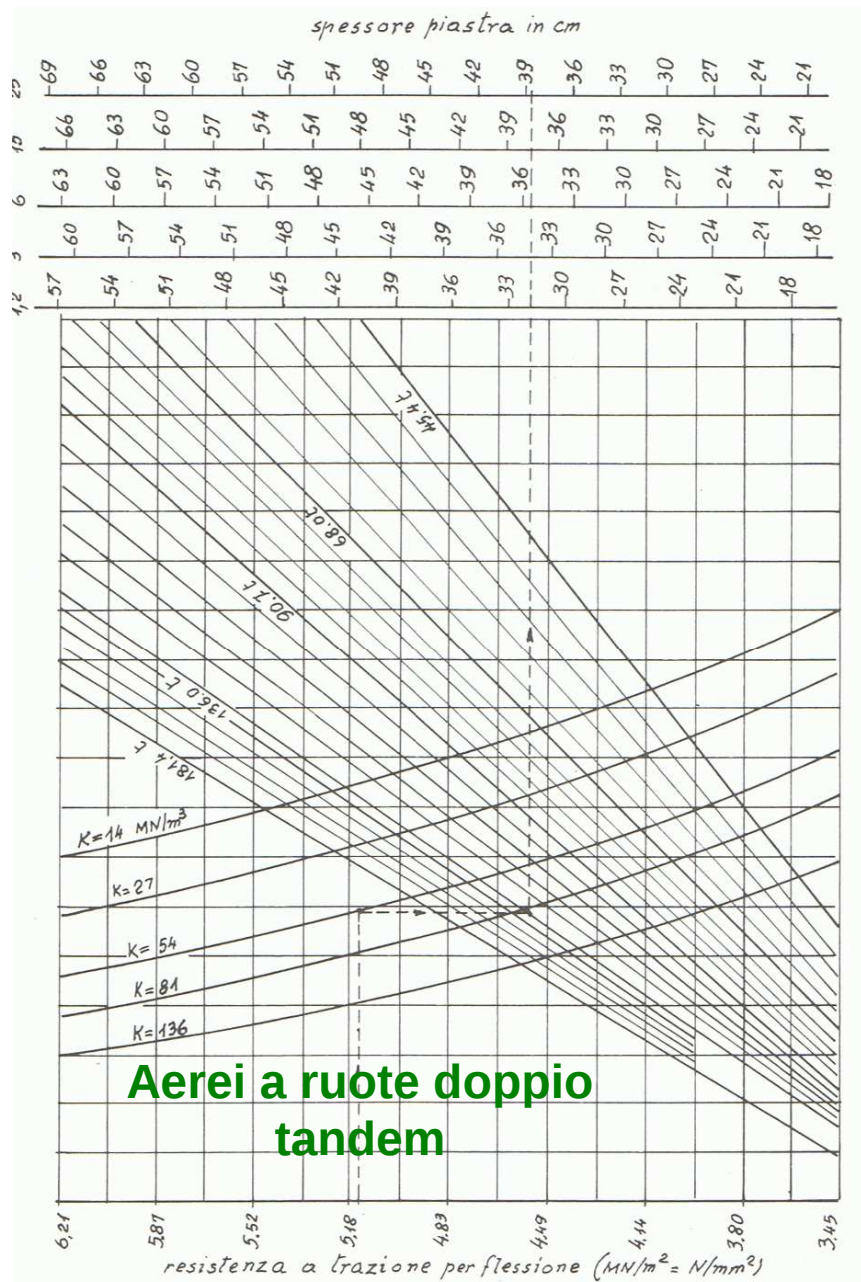
Spessori variabili della sovrastruttura rigida da assegnare alle piste in pianta e in sezione



NUOVO METODO FAA



NUOVO METODO FAA



NUOVO METODO FAA

