



Progetto preliminare di un compressore assiale

Prova Finale (Macchine)
Proff. Persico - Spinelli



Portata massica = 65 kg/s

Rapporto di compressione complessivo = $10 + i/2$

i : numero assegnato al gruppo

$P_{in} = 0.85 \text{ bar}$

$T_{in} = 268 \text{ K}$

Limiti:

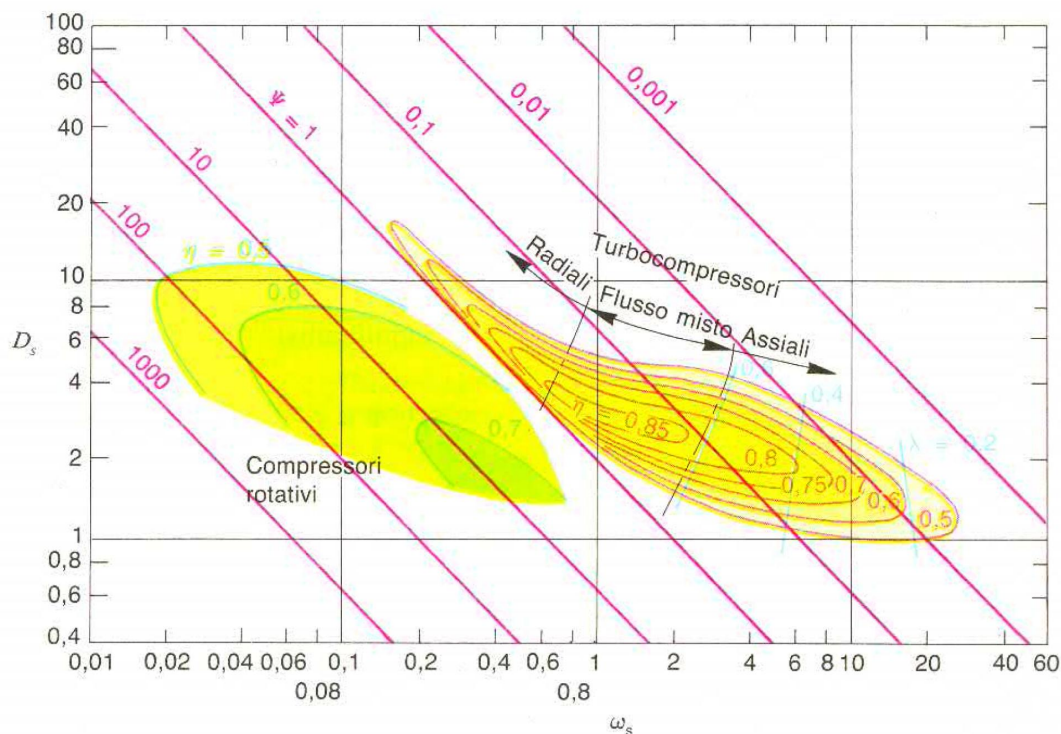
$\text{Beta_max-stadio} = 1.4$ (stadi di compressore assiale)

$U_{max} = 500 \text{ m/s}$

$0.03 < b/D < 0.4$



Si parte identificando lo stadio intermedio, prima di tutto a livello di funzionamento generale. Per scelta dei parametri di funzionamento dello stadio, si fa riferimento al diagramma di Balje per i compressori. Si dovrà verificare che lo stadio intermedio, una volta ripetuto a monte e a valle per costruire l'intero compressore, dia origine ad una macchina di rispettare i vincoli. In alternativa si passa al multialbero.





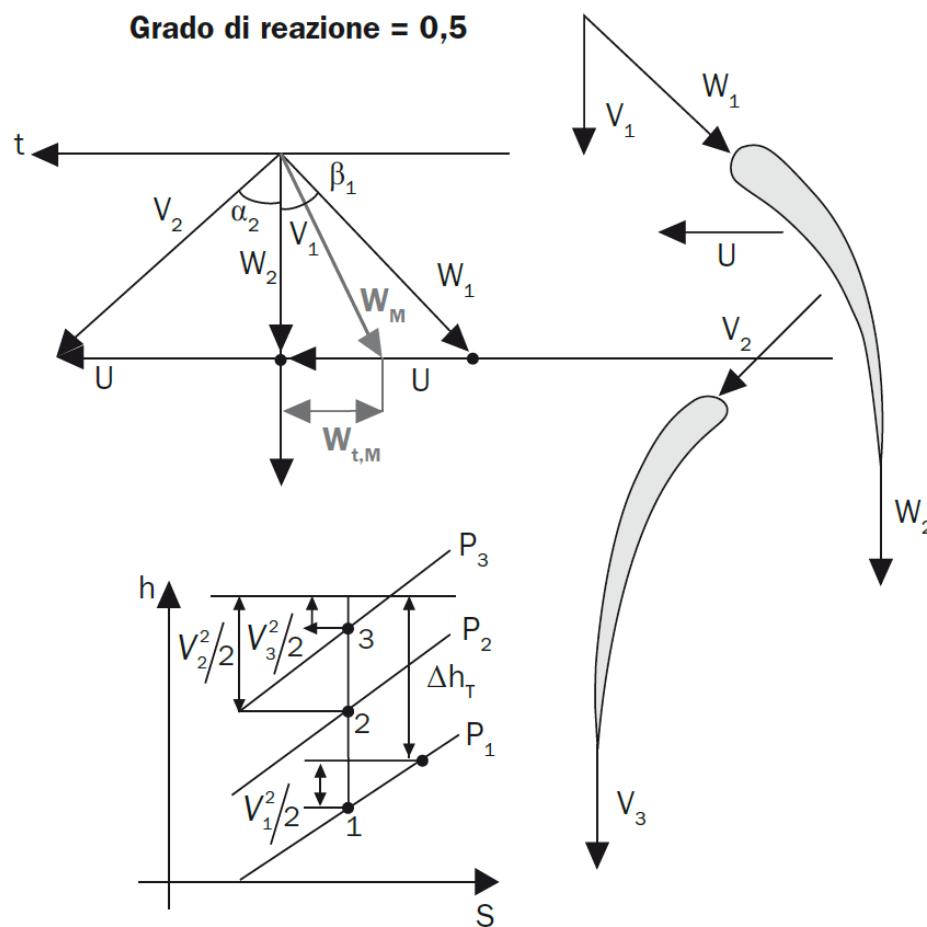
0 : ambiente

2 : uscita girante \equiv ingresso statore

4 : uscita

1 : ingresso girante

3 : uscita statore



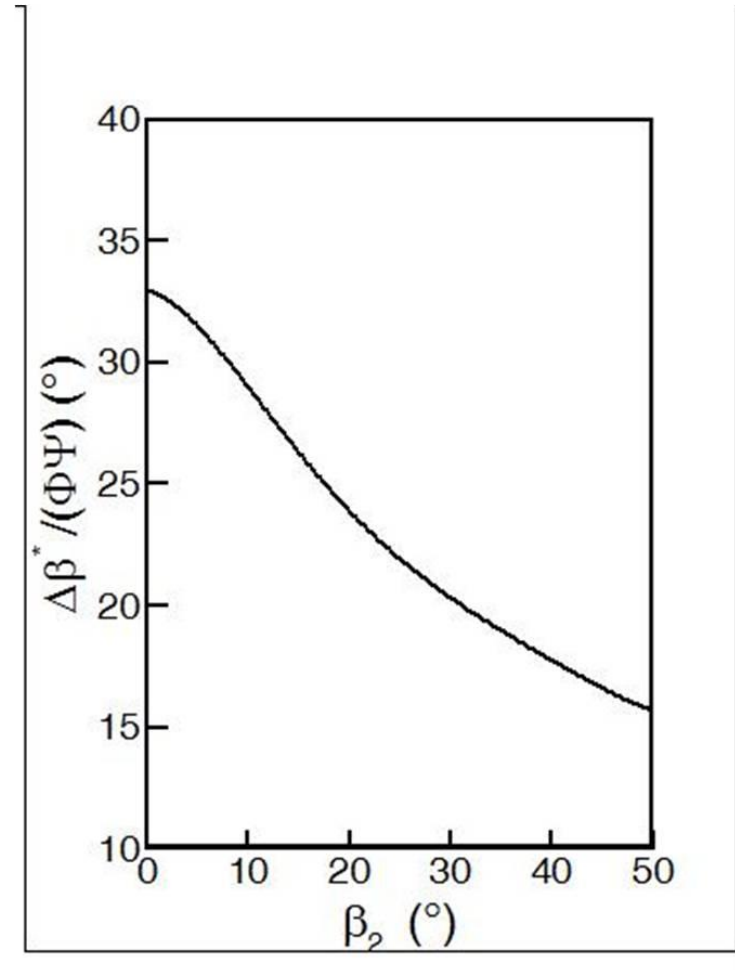


Deflessione angolare massima limitata dal valore dell'angolo di scarico

Si assuma:

$\Phi = 1$ (effetto solidità)

$\Psi = 1$ (effetto Reynolds)





Si procede con il calcolo a midspan

Poi si estende alla radice e all'apice
usando la soluzione a vortice libero:

$$r \cdot V_t = \text{cost} \rightarrow l(r) = \text{cost}$$
$$V_m = \text{cost}$$

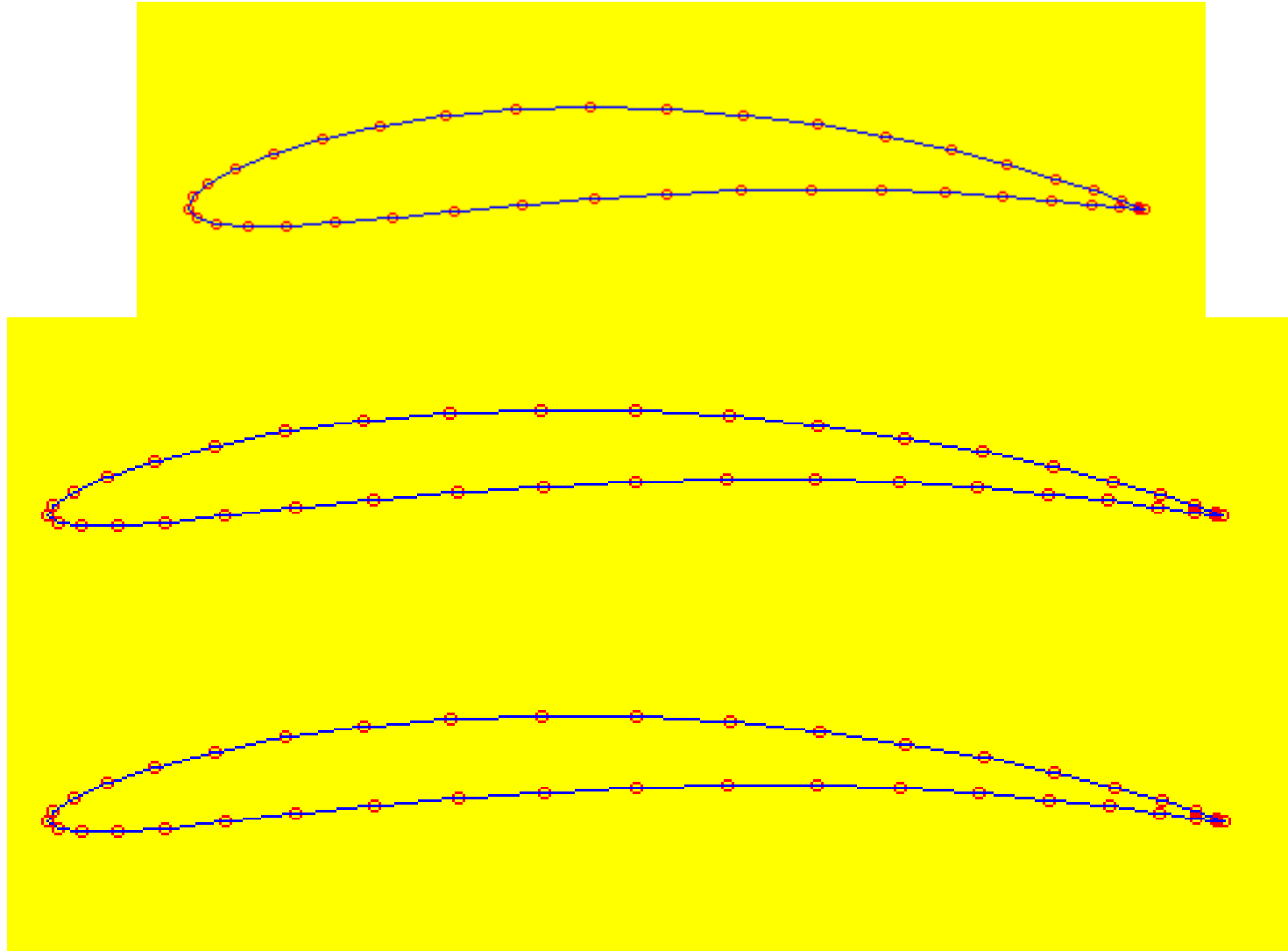
Si ricalcolano i triangoli alla base e
all'apice.

Sezione	Delta _ Alfa
Hub	
Mid	
Tip	

Sezione	Delta _ Beta
Hub	
Mid	
Tip	



- Classe di profili: NACA serie 65 (a 4 cifre)





Per determinare le pale serve prima decidere la loro solidità

8

$$\sigma = \text{corda} / \text{passo}$$

Se $\sigma \uparrow \uparrow$ ho flusso ben guidato ma ho molte superfici $\rightarrow \downarrow$ efficienza

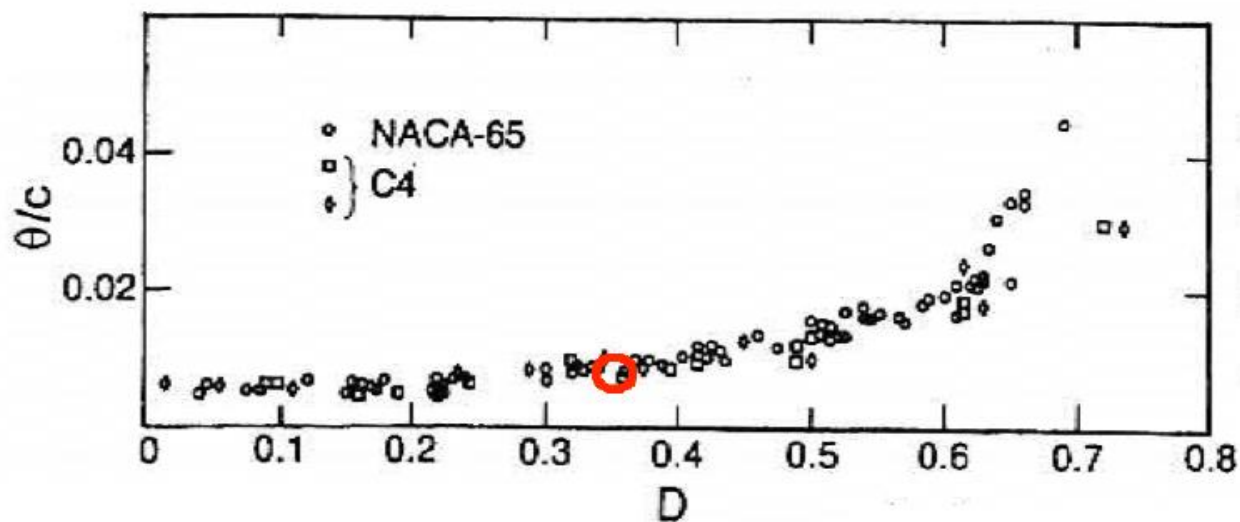
Se $\sigma \downarrow \downarrow$ posso avere distacchi di vena o flussi poco guidati $\rightarrow \downarrow$ efficienza

\rightarrow di solito esiste un valore (o un range) ottimale per σ : attorno a 1.

Si può controllare il Diffusion Factor (DF) proposto da Lieblein (NACA)

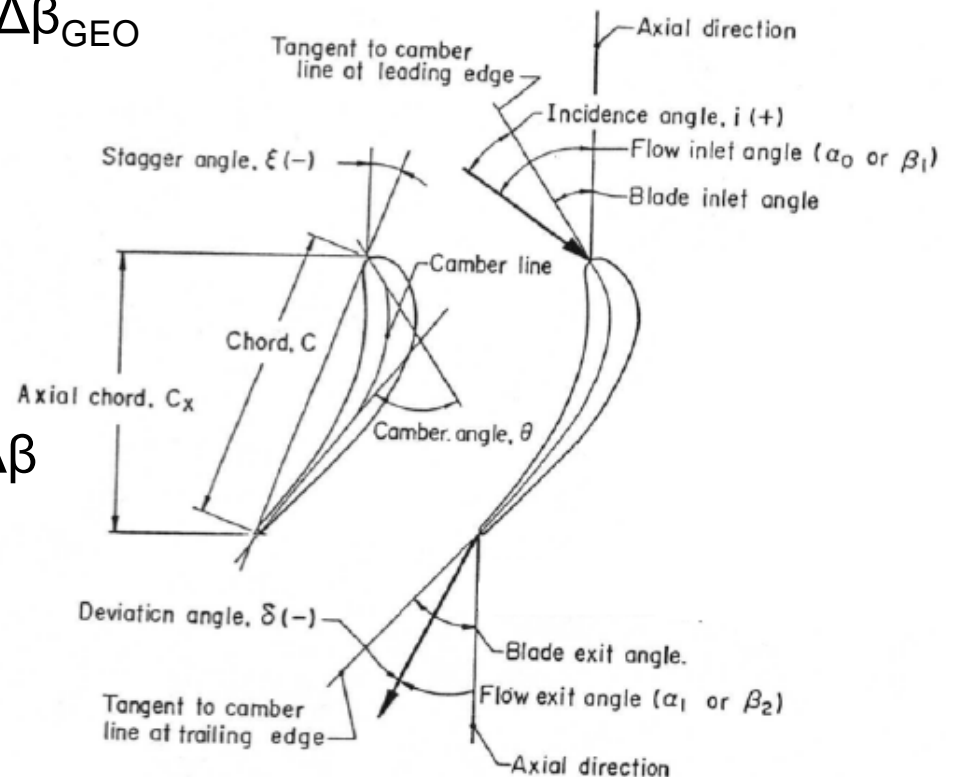
Calcolo parametro DF:

$$DF = \left(1 - \frac{w_2}{w_1}\right) + \frac{V_{2t} - V_{1t}}{2w_1\sigma}$$





- Poiché gli angoli del flusso (cinematici) non sono rigorosamente uguali a quelli della palettatura, è necessario definire la differenza tra di essi in ingresso (incidenza) e in uscita (deviazione)
- Angolo di camber Θ oppure $\Delta\beta_{GEO}$
- Angolo di incidenza i
- Angolo di deviazione δ
- Angolo di stagger ε oppure $\Delta\beta$



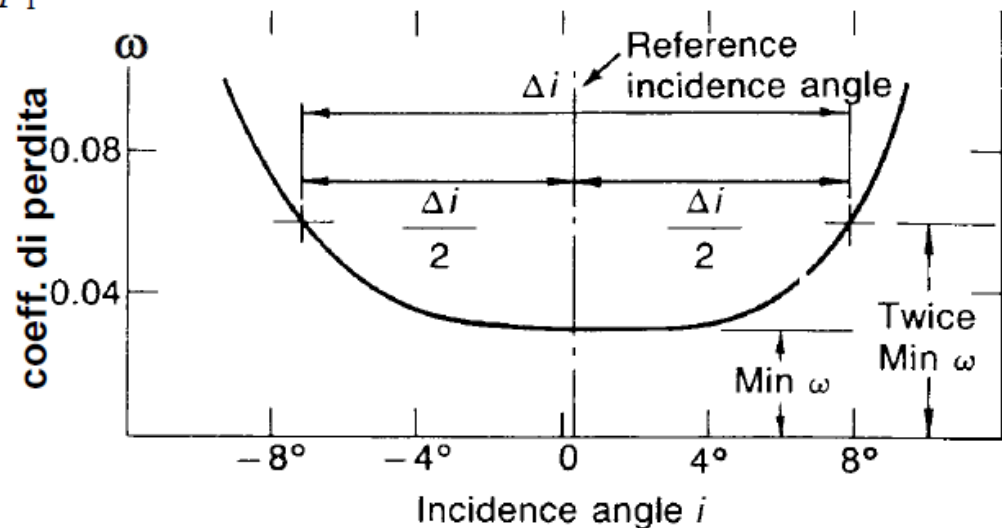


Definizione della condizione di riferimento → incidenza a cui far funzionare la pala

10

Correlazione di Lieblein

- Derivata da prove sperimentali su profili NACA 65 a basse velocità ($Re=3 \times 10^5$); profili 2D in schiera
- Inarcamento del profilo: $\theta_e \approx 25 C_L$ (angolo al centro dell'arco di cerchio che passa per gli estremi del profilo e per il punto di max inarcamento; 25 volte inarcamento profilo con $C_L=1$).
- Condizione di riferimento: intermedia tra stallo D_x e S_x .
- Stallo: condizione in cui le perdite raddoppiano rispetto al minimo.
- Perdite definite come: $\omega_1 = \frac{\Delta p_T}{p_{T1} - p_1}$





Calcolo degli angoli ottimali

→ si determina la deviazione alla incidenza di rif.

11

Secondo Lieblein grandezze di riferimento sono:

$$i = i_0 + n \theta \quad \delta = \delta_0 + m \theta / \sigma^b$$

- $\sigma = c/s = \text{solidity (corda/passa)}$; $\theta = \text{inarcamento}$
- m, n parametri dipendenti da solidity, profilo e T. Velocità
- i_0, δ_0 : incidenza e deviazione di riferimento per profili simmetrici

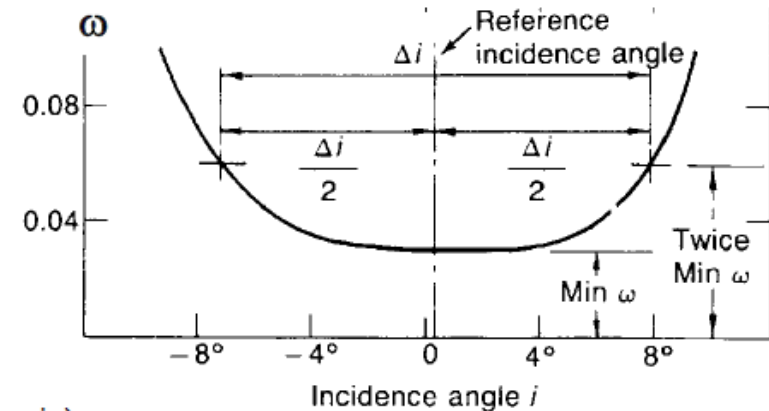
($C_L=0$, calettamento $\neq 0$) espressi:

$$i_0 = K_{i,sh} K_{i,t} i_{0,10} \quad \delta_0 = K_{\delta,sh} K_{\delta,t} \delta_{0,10}$$

➤ dove $i_{0,10}$ e $\delta_{0,10}$ sono relativi allo spessore max pari al 10% della corda

➤ $K_{i,t}$ e $K_{\delta,t}$: costanti per tenere conto di diversi spessori (thickness).

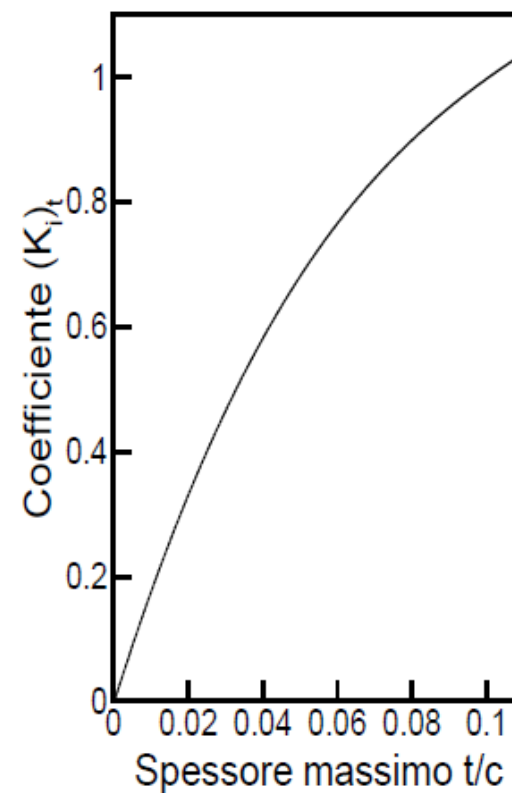
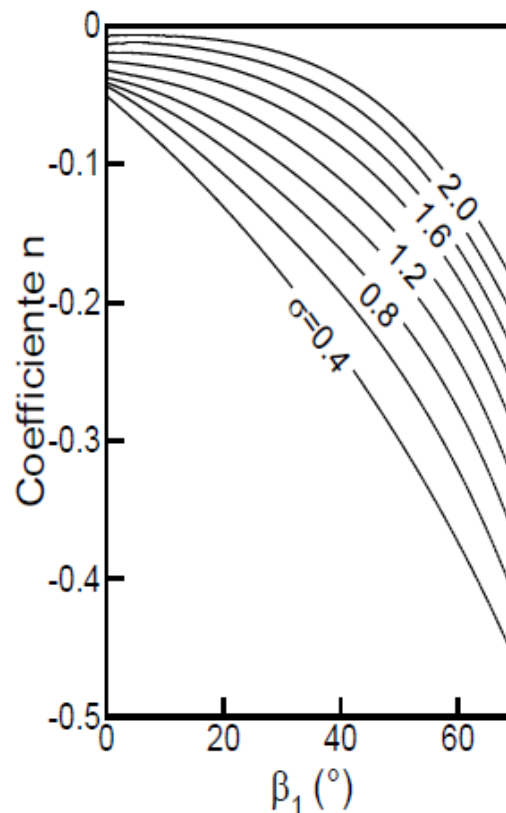
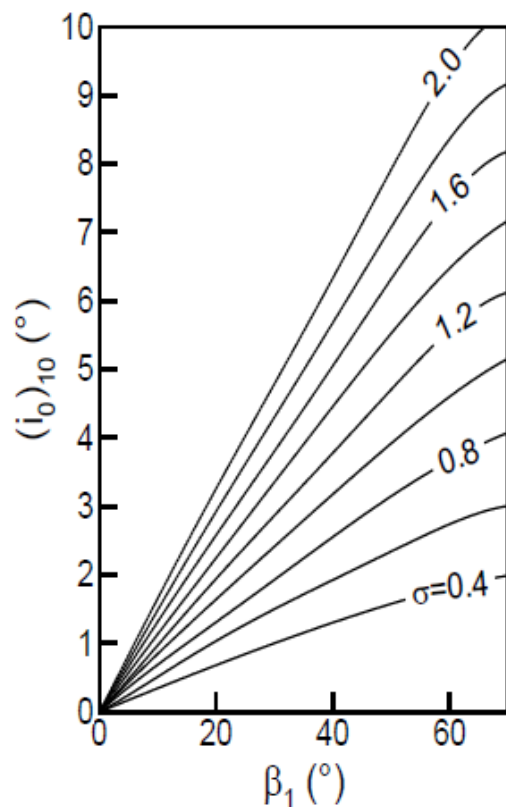
➤ $K_{i,sh}$ e $K_{\delta,sh}$: costanti per tenere conto di altri profili (shape)





$$i = i_0 + n \theta$$

$$i_0 = K_{i,sh} K_{i,t} i_{0,10}$$





$$\delta = \delta_0 + m \theta / \sigma^b$$

$$\delta_0 = K_{\delta,sh} K_{\delta,t} \delta_{0,10}$$

- In definitiva risulta:

$$\Delta\beta_{GEO} = \frac{\Delta\beta - i_0 - \delta_0}{1 - \frac{m}{\sigma^b} + n}$$

