

**VII ESERCIZIO****PIANO DI CODA VERTICALE**

Per il dimensionamento del piano verticale si può procedere in prima battuta effettuando un confronto con i velivoli simili e stimare un valore accettabile per il  $C_{n\beta}$ . Una volta definita la derivata di stabilità

è possibile ricavare il valore del rapporto volumetrico del piano verticale  $\frac{S_v}{S} \frac{l_v}{b}$ .

Si può esprimere la derivata di stabilità  $C_{n\beta}$  del velivolo con la seguente relazione:

$$C_{n\beta} = (C_{n\beta})_w + (C_{n\beta})_f + (C_{n\beta})_p + (C_{n\beta})_v + \Delta_1 C_{n\beta}$$

I contributi dovuti all'ala, alla fusoliera, al propulsore, al piano verticale di coda e di interferenza sono calcolati come segue:

$$\triangleright (C_{n\beta})_w = -0.00006 \left( \Lambda_{c/4} \right)^{1/2}$$

$$\Lambda_{c/4} = 25^\circ \Rightarrow (C_{n\beta})_w = -0.0003 \text{ 1/deg}$$

$$\triangleright (C_{n\beta})_f = \frac{.96}{57.3} \cdot K_\beta \cdot \left( \frac{S_s}{S} \right) \cdot \left( \frac{L_f}{b} \right) \cdot \left( \frac{h_1}{h_2} \right)^{1/2} \cdot \left( \frac{w_2}{w_1} \right)^{1/3}$$

$S_s = 546m^2$  superficie della sezione laterale della fusoliera;

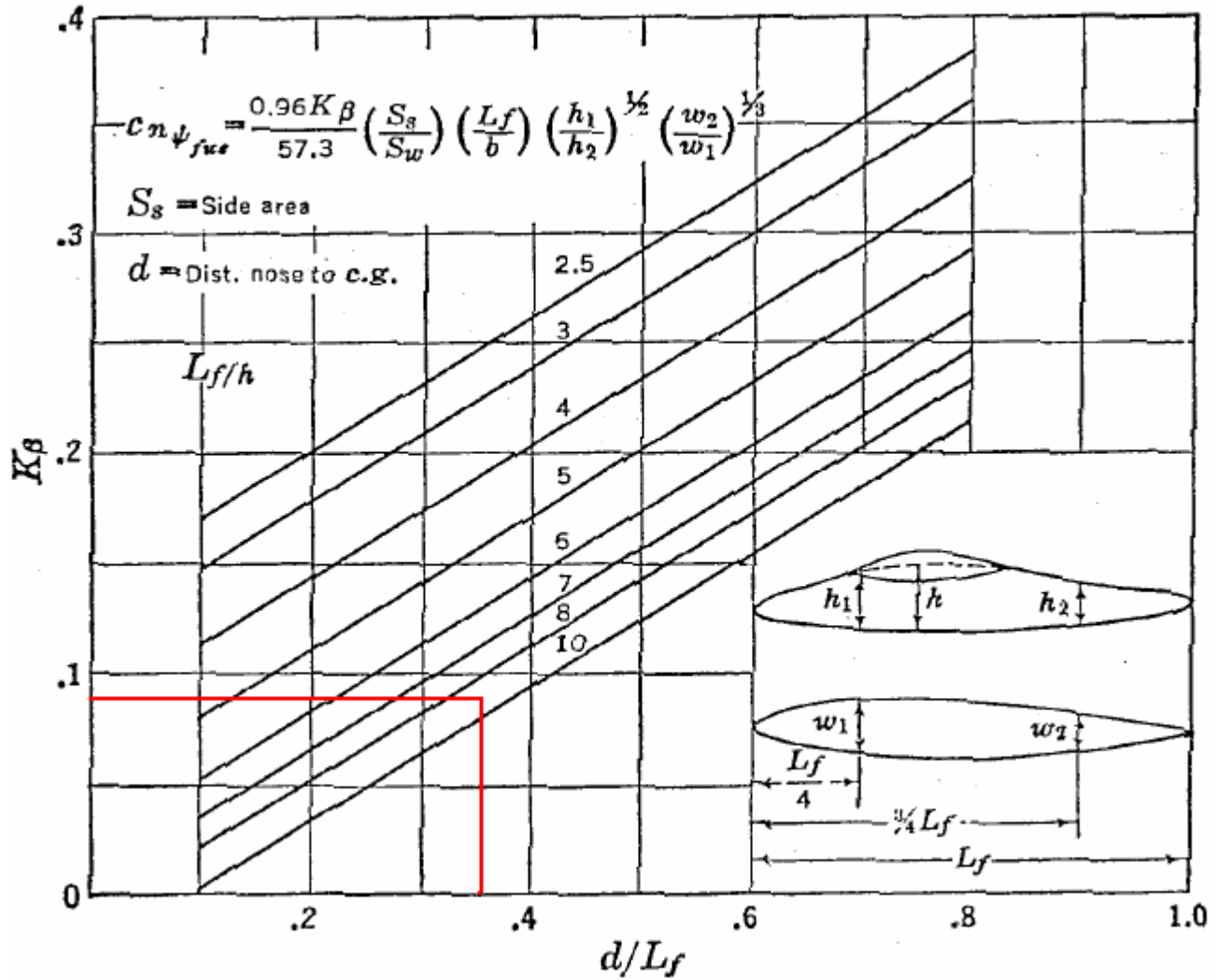
$L_f = 76.5m$  lunghezza della fusoliera;

$h_1 = 8.37m$  altezza della fusoliera ad  $1/4$  di essa;

$h_2 = 7.44m$  altezza della fusoliera a  $3/4$  di essa;

$w_1 = w_2 = 7.1m$  larghezza della fusoliera rispettivamente ad  $1/4$  e  $3/4$  di essa;

Per determinare  $K_\beta$  utilizziamo il seguente diagramma:

Fig.1 Grafico coefficiente  $K_\beta$ 

Ricaviamo  $K_\beta = 0.085$ .

In definitiva otteniamo

$$(C_{n\beta})_f = 0.0014 \text{ } 1/\text{deg}.$$

$$\triangleright (C_{n\beta})_p = \frac{\pi D^2 l_p \frac{dC_{yp}}{d\beta} N}{4Sb}$$

$l_p = 15m$ , distanza tra il punto medio tra gli assi dei due motori e baricentro del velivolo;

$N=4$ , numero di propulsori;

$D=2.20m$ , diametro dei propulsori;

$$\frac{dC_{yp}}{d\beta} = 0.0051.$$

$$(C_{n\beta})_p = 1.91 \cdot 10^{-5} \text{ 1/deg}$$

Il contributo alla stabilità dovuta al propulsore in corrispondenza della massima potenza si può tenere in conto in questo modo:

$$(C_{n\beta})_{p \text{ fullpower}} = 1.5 \cdot (C_{n\beta})_p = 3.82 \cdot 10^{-5} \text{ 1/deg}$$

$$\Rightarrow (C_{n\beta})_V = -a_V \left( 1 - \frac{d\sigma}{d\beta} \right) \frac{S_V}{S} \frac{l_V}{b} \eta_V$$

In questa relazione resta incognita la superficie  $S_V$  che sarà determinata in seguito imponendo un certo valore per il  $C_{n\beta}$ .

$a_V = 0.05$ , ricavato dal seguente grafico

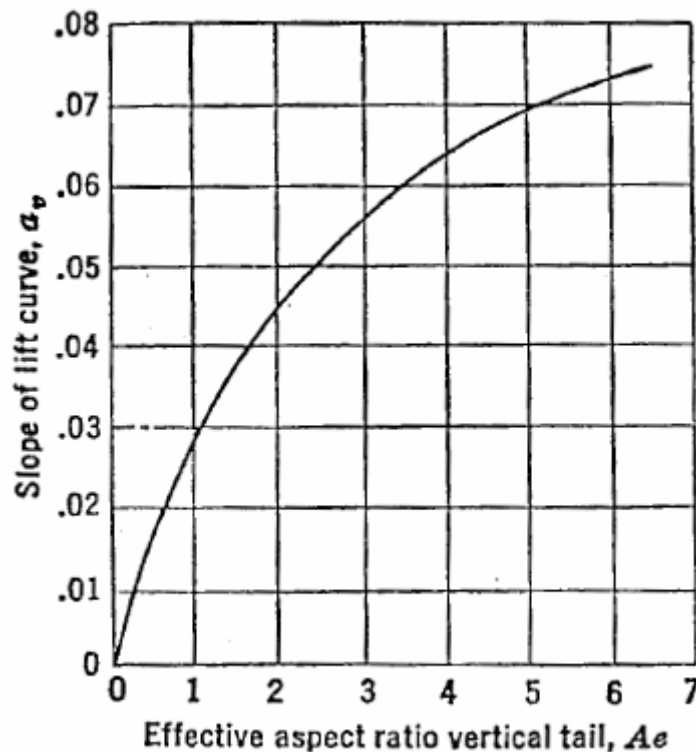


Fig.2 Pendenza tratto lineare della retta di portanza in funzione dell'allungamento effettivo

Per valutare  $\frac{d\sigma}{d\beta}$  utilizziamo la seguente relazione:

$$\eta_v \left( 1 - \frac{d\sigma}{d\beta} \right) = 0.724 + 3.06 \frac{S_v/S}{1 + \cos \Lambda_{c/4w}} + 0.4 \frac{z_w}{d} + 0.009 AR_w$$

Per ricavare il valore di  $\frac{d\sigma}{d\beta}$  imporre un certo valore per la superficie che compare nella formula,  $S_v = 70m^2$ .  $z_w = 3m$ , rappresenta la distanza, in direzione  $z$ , del punto ad  $1/4$  della corda di radice alare dalla linea di rif. della fusoliera.  $d = 8.5m$ , la massima altezza della fusoliera.  $AR_w = 7.54$ .  $\eta_v = 0.95$

$$\frac{d\sigma}{d\beta} = -0.156$$

$l_v = 39m$ , fissiamo il valore della distanza del centro aerodinamico del piano di coda dal baricentro del velivolo.

➤  $\Delta_1 C_{n\beta} = 0$ , valore tipico per velivoli ad ala bassa.

Possiamo a questo punto, imponendo  $C_{n\beta} = -0.0020 \text{ } 1/\text{deg}$ , ricavare la superficie della deriva, che è pari a

$$S_v = 68.28m^2$$

Il rapporto volumetrico sarà pari  $V_v = 0.057$ .

A questo punto occorre verificare il piano per controllo direzionale e raffica laterale:

➤ considerando un rapporto  $c_r/c$  tra corda del timone di direzione e corda del piano pari a 0.3, si ottiene un indice di efficacia  $\tau_v = 0.5$ ; si ricava allora il valore della potenza di controllo:

$$C_{n\delta_r} = -a_v \tau_v \frac{S_v}{S} \frac{l_v}{b} \eta_v = -0.0014 \text{ } 1/\text{deg}$$

Che risulta essere un buon valore per la potenza di controllo.

➤ il valore della deflessione del timone di direzione in caso di controllo con vento laterale è dato dalla relazione:

$$\delta_v = \frac{1}{\eta_v} \frac{SbC_{n\beta}}{S_v a_v \tau_v l_v} \beta$$

Considerando vento laterale a 5 e 10 gradi si ottengono deflessioni del timone pari rispettivamente a **-7.41 e -14.8 gradi**, che risultano essere al di sotto del limite tipico di **20 gradi**.

Nella seguente figura è mostrata la vista in pianta del piano verticale con le relative quote.

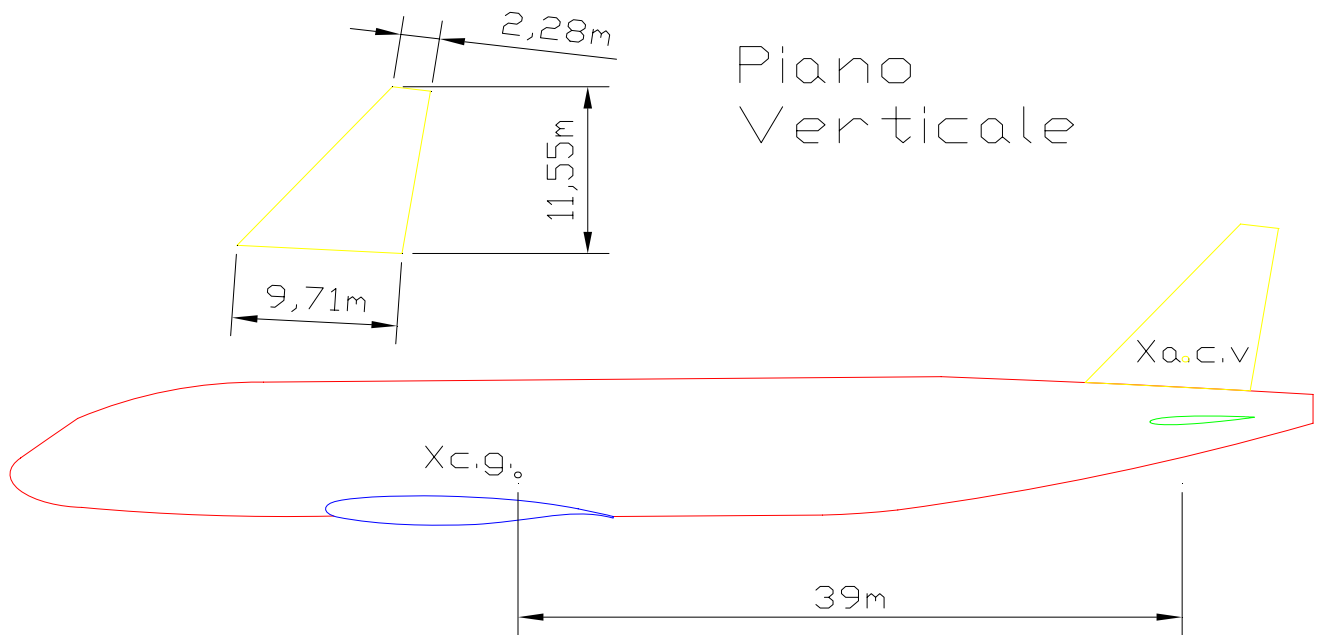


Fig.3 Vista laterale del velivolo con particolare del piano di coda verticale

**ANGOLO DIEDRO**

La derivata di stabilità  $C_{l\beta}$  del velivolo è data, separando i vari contributi, dalla relazione:

$$C_{l\beta TOT} = C_{l\beta W} + C_{l\beta T} + C_{l\beta V} + (\Delta C_{l\beta})_1 + (\Delta C_{l\beta})_2$$

dove:

$$C_{l\beta W} = -\frac{1+2\lambda}{3(1+\lambda)} C_L \tan \Lambda$$

contributo dovuto all'ala, in cui si tiene conto sia del rapporto di rastremazione che dell'angolo di freccia [ $1/\text{rad}$ ]

$$C_{l\beta T} = -0.00021 K_\lambda K_\Lambda K_A \Gamma$$

contributo dovuto all'angolo diedro; i vari coefficienti  $K$  sono ricavabili graficamente in funzione dei rispettivi parametri

$$C_{l\beta V} = -a_V \eta_V \frac{S_T}{S_H} \frac{x_V}{b}$$

contributo dovuto al piano verticale di coda

$$(\Delta C_{l\beta})_1 = +0.0008/\%$$

contributo dovuto all'interferenza ala-fusoliera, valore tipico per ala bassa

$$(\Delta C_{l\beta})_2 = +0.00016/\%$$

contributo dovuto all'effetto dell'ala sul piano verticale, valore tipico per ala bassa

Esplicitando tale relazione in termini dell'angolo diedro  $\Gamma$  e considerando, oltre alle grandezze già note, i seguenti valori:

$$K_\lambda = 0.91 \quad K_\Lambda = 0.94 \quad K_A = 1.11$$

$$x_V = 3m$$

distanza del fuoco del piano verticale dalla linea media di fusoliera;

Imponendo ora un valore per il  $C_{l\beta TOT} = \frac{1}{2} C_{n\beta TOT}$ , si ottiene che

$$C_{l\beta TOT} = -0.001/\%$$

Quindi, si perviene al calcolo dell'incognita cercata:

$$\Gamma = 3.70^\circ$$