

**Esercitazioni del corso di:  
Meccanica del volo dell'elicottero**

Professore: Garito

**Esercitazione n°02:  
Calcolo del coefficiente di resistenza di una  
singola pala di un rotore**

Studente: Petrosino Francesco  
Matricola: 347/680

## 1. Scopi dell'esercitazione

Si è calcolato il coefficiente di resistenza di una singola pala del rotore di un elicottero in hovering.

## 2. Dati e riferimenti

Scegliamo un elicottero di peso  $W = 30000$  N. Assegniamo un coefficiente di portanza medio per i vari profili delle pale  $c_l = 0.5$ , da cui ricaviamo il coefficiente di trazione  $c_T$ , ed uguagliando spinta e peso, la solidità:

$$c_T = c_l/6 = 0.083 \quad T = W = c_T \rho A \sigma V_t^2 \quad \Rightarrow \quad \sigma = W / c_T \rho A V_t^2 = 0.0578$$

Dalla formula che lega area del rotore e peso, si ricava il raggio del rotore:

$$A = 0.6 * W^{2/3} = 127 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad R = 6.35 \text{ m}$$

Assegniamo il rapporto  $c/R$ , supponendo la forma in pianta rettangolare, si ricava la corda delle pale e il numero di pale dalla solidità:

$$c/R = 1/18 \quad \Rightarrow \quad c = 0.35 \text{ m}$$

$$\sigma = N_p c / \pi R \quad \Rightarrow \quad N_p = 3$$

Si è considerata una pala con profilo costante e gradiente della retta di portanza pari ad  $a = 5.7 \text{ rad}^{-1}$ .

La densità dell'aria è pari a  $1.23 \text{ kg/m}^3$ , la viscosità dinamica vale  $1.8 * 10^{-5} \text{ kg/ms}$ .

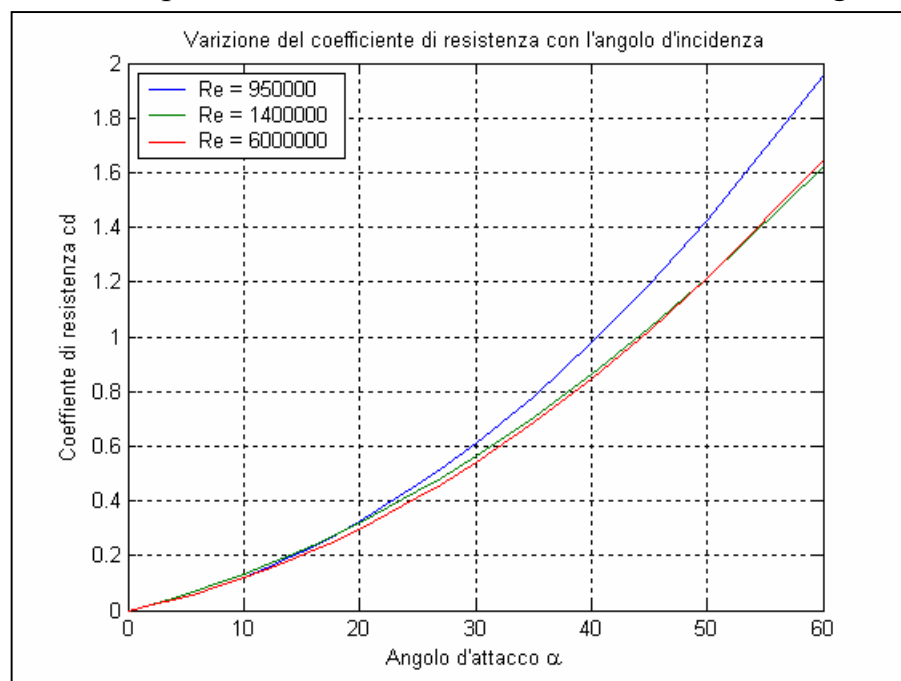
Noti questi valori, si divide la pala in un numero  $ns = 50$  di stazioni, per ognuna delle quali si calcola il Reynolds e l'angolo d'attacco, dalle relazioni:

$$Re(\eta) = \frac{\rho V_t c}{\mu} \eta \quad \alpha(\eta) = \frac{4 c_l}{a \eta}$$

dove  $\eta$  indica la posizione lungo la pala,  $\eta = 0$  è la radice,  $\eta = 1$  è l'estremità.

Con questi valori di  $Re$  ed  $\alpha$ , si può ricavare il coefficiente di resistenza ad ogni stazione della pala interpolando le curve sperimentali di  $c_d = c_d(\alpha, Re)$ , rappresentate nella figura seguente:

Figura 1:  
grafico del  $c_d$   
in funzione di  
 $\alpha$  e  $Re$

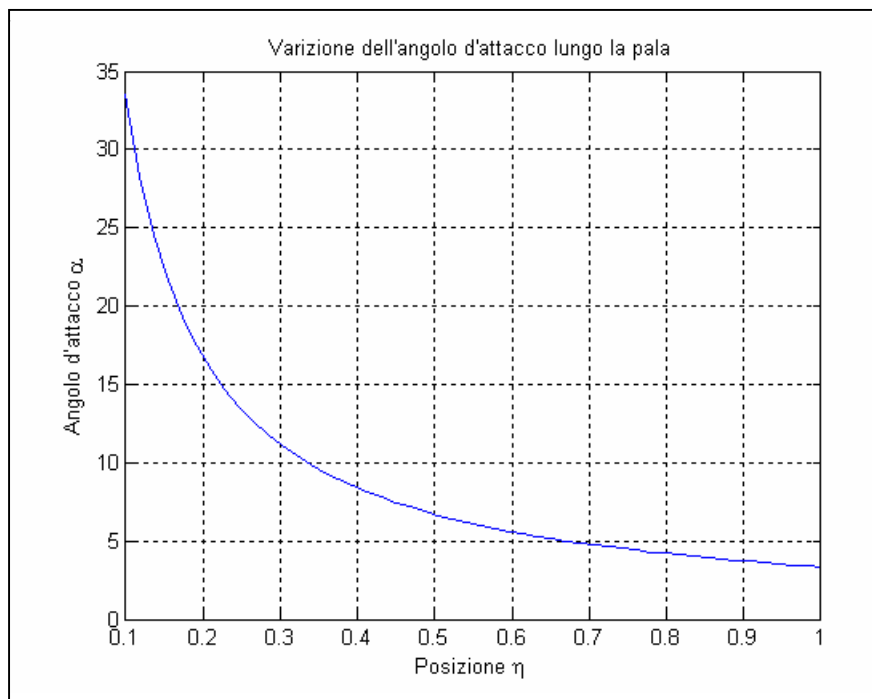


Si otterrà una distribuzione di coefficienti di resistenza lungo la pala, che andrà integrata per ottenere il coefficiente di resistenza totale della pala a potenza costante, secondo la relazione:

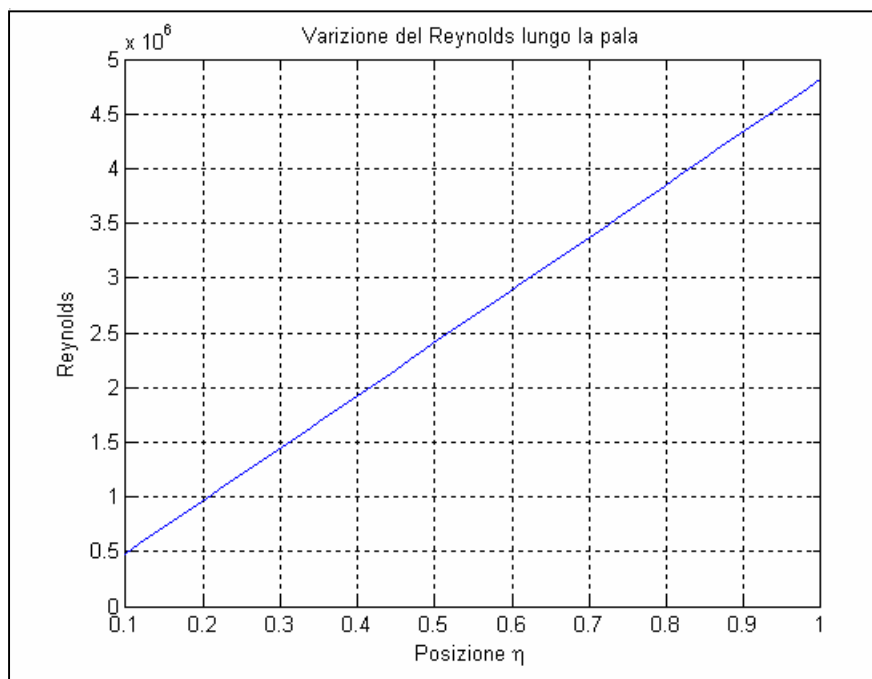
$$C_d = 4 \int_0^1 c_d(\eta) \eta^3 d\eta$$

### 3. Risultati

Si riportano nelle figure seguenti i diagrammi delle distribuzioni di angolo d'attacco e numero di Reynolds in funzione della posizione  $\eta$  lungo la pala:



**Figura 2:**  
grafico dell'angolo  $\alpha$  in funzione della posizione lungo la pala



**Figura 3:**  
grafico del Reynolds in funzione della posizione lungo la pala

Si riporta anche la distribuzione di coefficiente di resistenza lungo la pala:

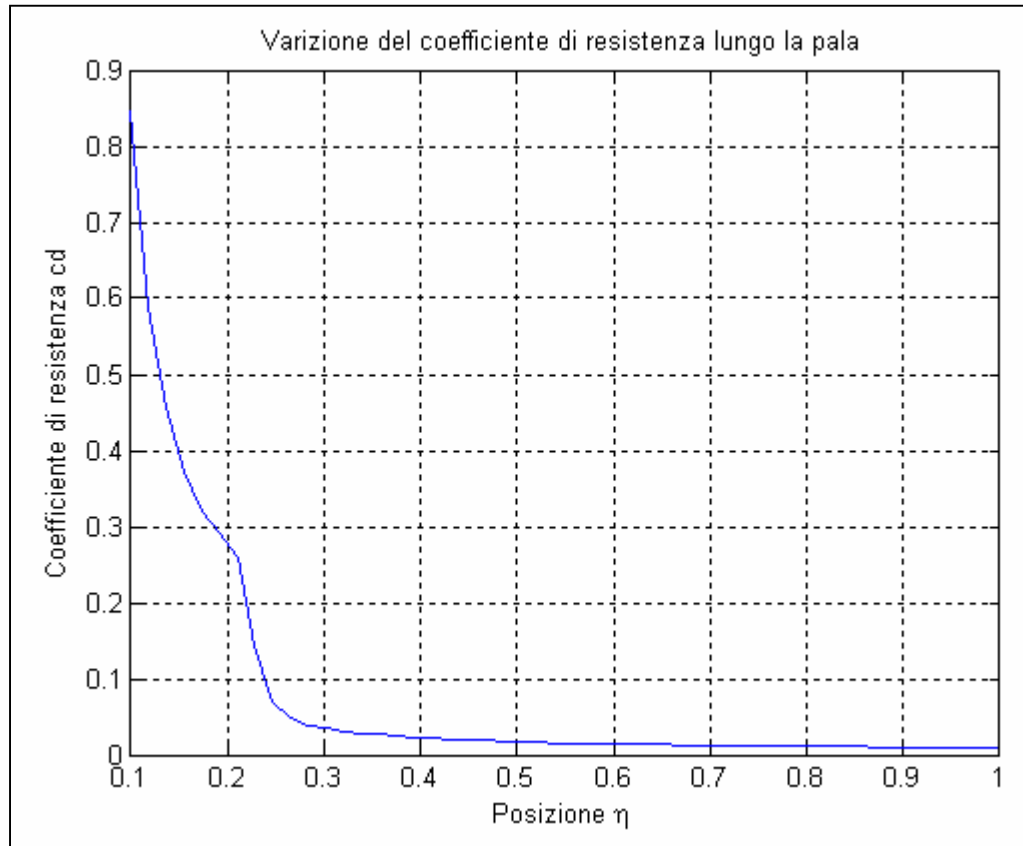


Figura 4:  
grafico del  $c_d$  in  
funzione della  
posizione lungo  
la pala

L'integrale della distribuzione di coefficiente di resistenza lungo tutta la pala, risolto numericamente con la formula dei trapezi, dà come risultato:

$$C_d = 0.0127$$