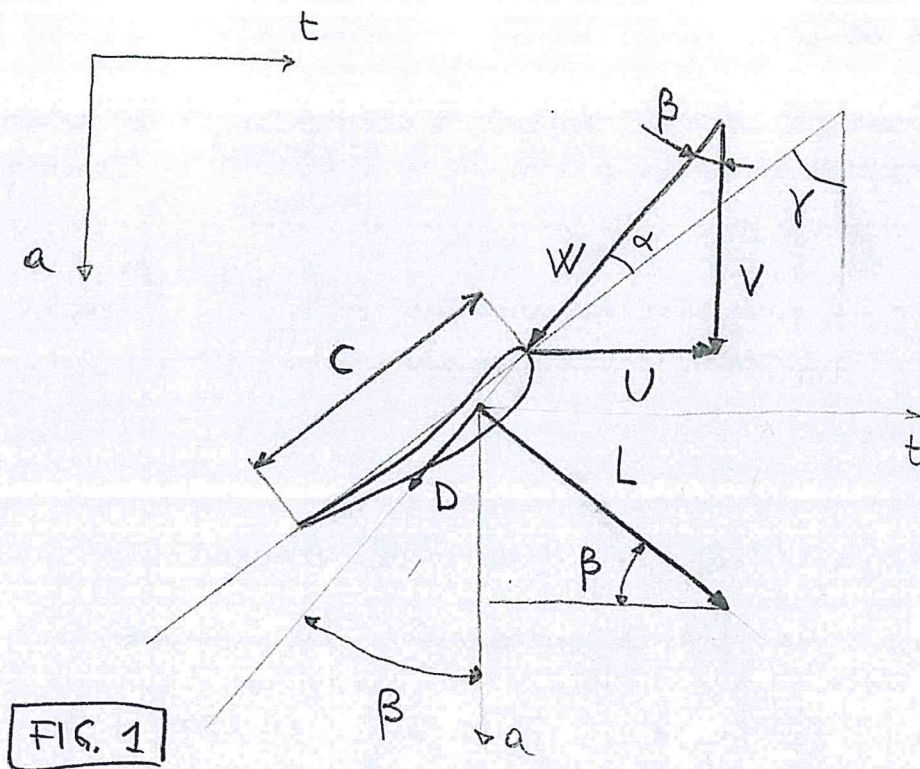


• SEZIONE PALEA AL RAGGIO r ; TRIANGOLO VELOCITA' INGRESSO ROTORE



α : angolo di attacco

γ : angolo di
coefficientamento

β : angolo della
corrente nel
moto relativo

C : corda del
profilo

L : forza di
portanza (lift)

D : forza di resistenza
(drag)

FIG. 1

ATT. α è misurato rispetto alla direzione della corda del profilo (positivo se come in figura);

β, γ : solita convenzione; misurato rispetto a direzione meridiana corrente (qui assiale), positivo se concorde con U (pertanto $\gamma < 0, \beta < 0$ in figura)

esiste una relazione tra α, β, γ :

$$\beta = \gamma + \alpha \quad (1)$$

È possibile calcolare le forze di portanza (dL) e resistenza (dD) agenti su un elemento della singola pala collocato al raggio r e di spessore dr (in direzione radiale, ovvero \perp al foglio nella FIG. 1)

$$dL = \frac{1}{2} \rho A W^2 C_L = \frac{1}{2} \rho C dr W^2 C_L \quad (2)$$

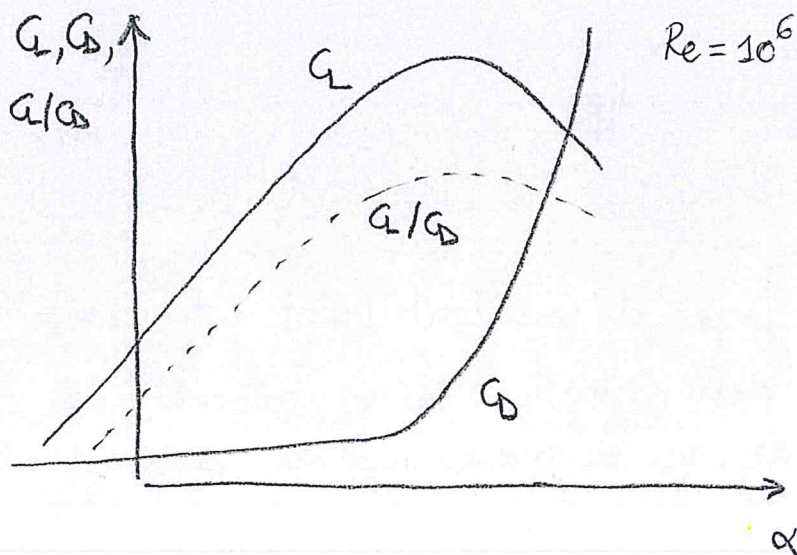
$$dD = \frac{1}{2} \rho C dr W^2 C_D \quad (3)$$

C_L : coefficiente di portanza

C_D : coefficiente di resistenza

$$A = C dr$$

è evidentemente l'area della superficie dell'elemento palea proiettata su un piano contenente la corda. Si noti che il calcolo delle forze richiede di conoscere W . Per il calcolo di dL e dD si fa riferimento alle prestazioni aerodinamiche del profilo (al rapp. r), normalmente diagrammate come andamenti di C_L , C_D in funzione di α per un determinato numero di Reynolds (Re); tali andamenti possono essere sperimentali oppure calcolati. In FIG. 2 un esempio qualitativo.



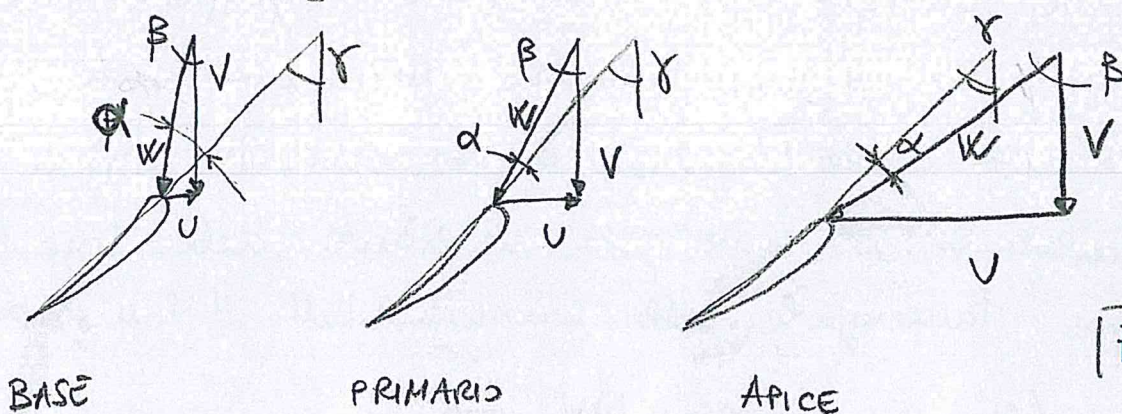
Questi andamenti di C_L e C_D caratterizzano il profilo adimensionale.

FIG. 1a

Dalla figura 1 si comprende come la forza di portanza D_L è quella che dà un contributo positivo all'ottenimento di una coppia motrice M_T in direzione tangenziale concorde con U (dunque all'estrazione di energia meccanica da parte della macchina); al contrario la forza di resistenza D_D dà un contributo negativo.

Pertanto è opportuno scegliere profili e condizioni operative (α) che diano elevata portanza ridotta resistenza, ovvero un elevato C_L e un modesto C_D .

Lungo il raggio però (anche a pari geometria adimensionale del profilo) le condizioni operative (α) possono cambiare. Infatti, immaginando che γ sia costante lungo l'altezza di pala e che lo sia anche il coefficiente di induzione a (e dunque il modulo della velocità assoluta V in ingresso al rotore; si avrebbe la seguente situazione:



- rispetto al triangolo di velocità al diametro primario:
- alla base $U \downarrow \Rightarrow \alpha \uparrow$
 - all'apice $U \uparrow \Rightarrow \alpha \downarrow$ (in fig 2 $\alpha_{APICE} < 0$)

Lungo il raggio cambia α pertanto le prestazioni (anche a pari profilo)

Pertanto è conveniente variare δ lungo il raggio (SVERGOLARE LA PAIA) in modo da avere ad ogni raggio il valore di α desiderato (preziosamente quello che dà le migliori prestazioni).

Non è difficile mostrare che le variazioni di U tendono a richiedersi collettivamente come in Fig. 3

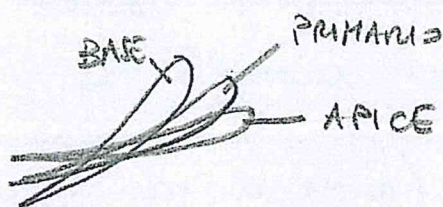


FIG. 3

Si noti che, anche mantenendo costante il profilo α e α (variando δ), la variazione di U implica una variazione di W e, pertanto, di dL e dD lungo il raggio.

Perciò il momento M_T in direzione tangenziale che compete alla porzione anulare della macchina al raggio r e con spessore dr , cambia con il raggio.

Per calcolarlo ci serve la risultante delle forze in direzione tangenziale sulla macchina. Detti N il n° di pale:

$$dF_t = (dL \cos \beta + dD \sin \beta) N =$$

$$= \frac{1}{2} \rho C dr W^2 (C_L \cos \beta + C_D \sin \beta) N \quad (4)$$

Si noti che $\beta < 0$.

Pertanto:

$$dM_T = dF_T \cdot r = \frac{1}{2} \rho C N W^2 (C_L \cos \beta + C_D \sin \beta) r dr \quad (5)$$

e infine

$$M_T = \frac{1}{2} \rho N \int_{R_i}^{R_e} C W^2 (C_L \cos \beta + C_D \sin \beta) R dr \quad (6)$$

$$e \quad \dot{L}_e = M_T \omega \quad (7)$$

Si è già visto come W, C_L, C_D, β dipendano da r .
 E la corda C ? Dipende da r ? E come determinarla?
 È evidente che non influenza su \dot{L}_e e M_T e perciò su \dot{L}_e (potenza estratta).

Per determinare la corda C è sufficiente notare che essa non influenza soltanto la componente tangenziale dF_t della risultante sul profilo, ma anche la componente assiale dF_a .

Conoscendo dF_t determiniamo dM_T e dunque la variazione del momento delle quantità di moto delle correnti di fluido nel canale anulare (spessore dr) di fluido considerato, dF_a determina (tra le sezioni 0 e 3 a monte e a valle della macchina, si veda FIG. 4) una variazione della quantità di moto in direzione assiale.

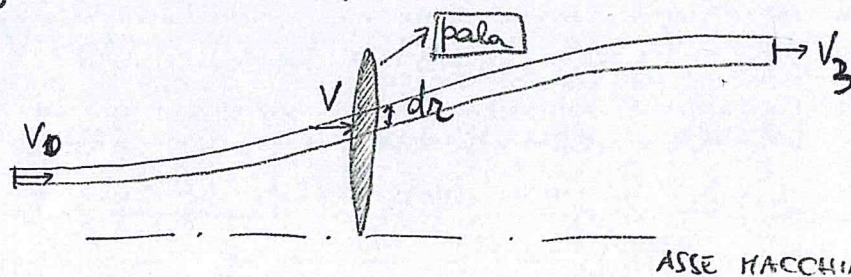


FIG. 4

Scrivendo dunque tra 0 e 3 il bilancio di quantità di moto in direzione assiale, si ha

$$dF_a = d\dot{m} (V_0 - V_3) \quad (8)$$

allunque

$$\frac{1}{2} \rho C d r W^2 N (-a \sin \beta + G \cos \beta) = \rho 2\pi r d r V (V_0 - V_3) \quad (9)$$

introducendo il coefficiente di ^{induzione} $a = \frac{V_0 - V}{V_0}$
 si ottiene, per l'espressione della corda:

$$C = \frac{\pi r}{N} \frac{V^2}{W^2} \frac{\rho a}{1-a} \frac{1}{(-G \sin \beta + G \cos \beta)} \quad (10)$$

da cui è evidente ~~che~~ la corda dipende da r ;
 tramite r, W, β, G, G_0 .

Sapendo la 10 come:

$$C = \frac{\pi r}{N} \frac{V^2}{V^2 + U^2} \frac{da}{1-a} \frac{1}{(-G \sin \beta + G \cos \beta)} \quad (11)$$

e osservando che il termine tra parentesi cambia poco
 con r e che (escluso alle basi) $U \gg V$ è
 possibile intrinseca come varia C lungo il raggio.