



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

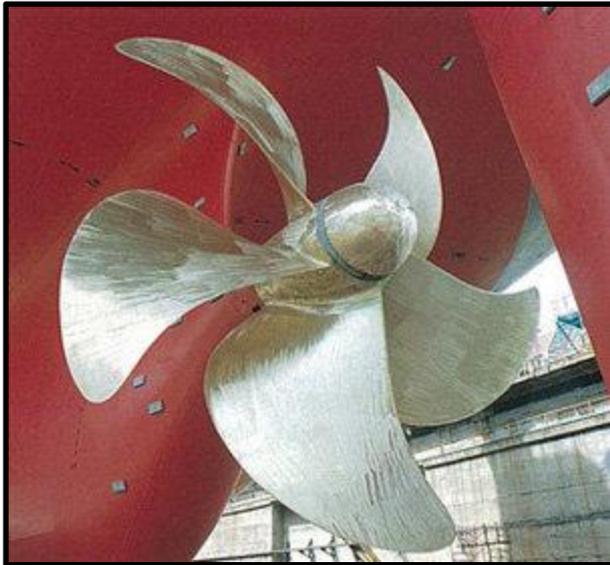
Geometria dell'elica

Prof. Paolo Frandoli

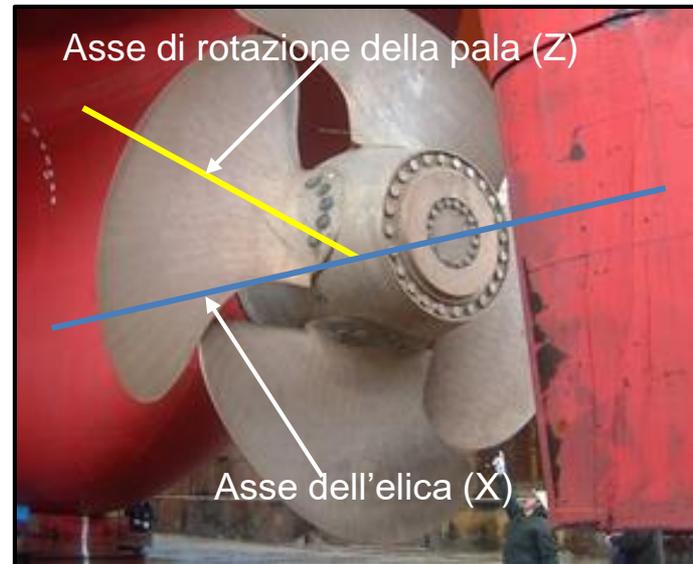
A.A. 2022-2023

Elica

Organo meccanico che trasforma il momento torcente esercitato dal motore nella spinta atta a vincere la resistenza al moto della nave



Elica a pale fisse

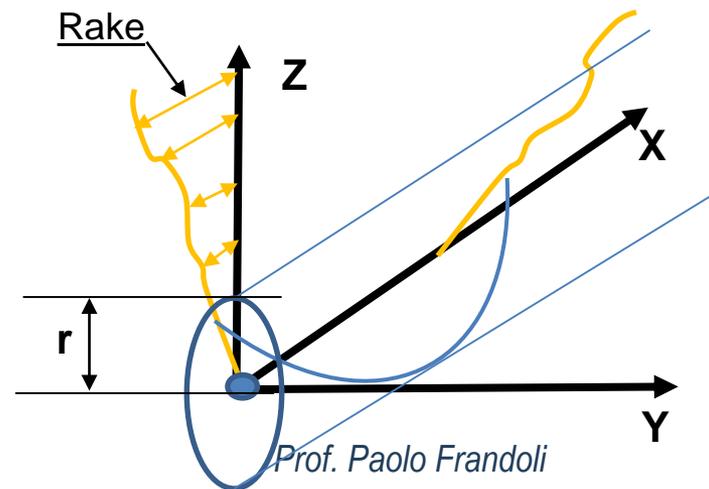
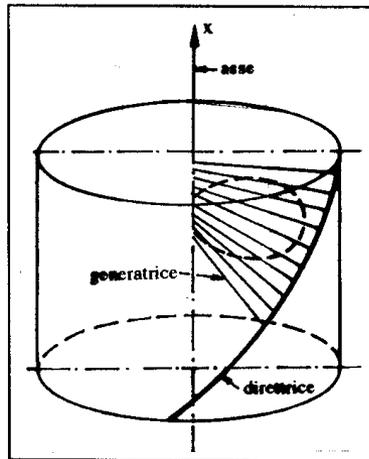


Elica a pale orientabili

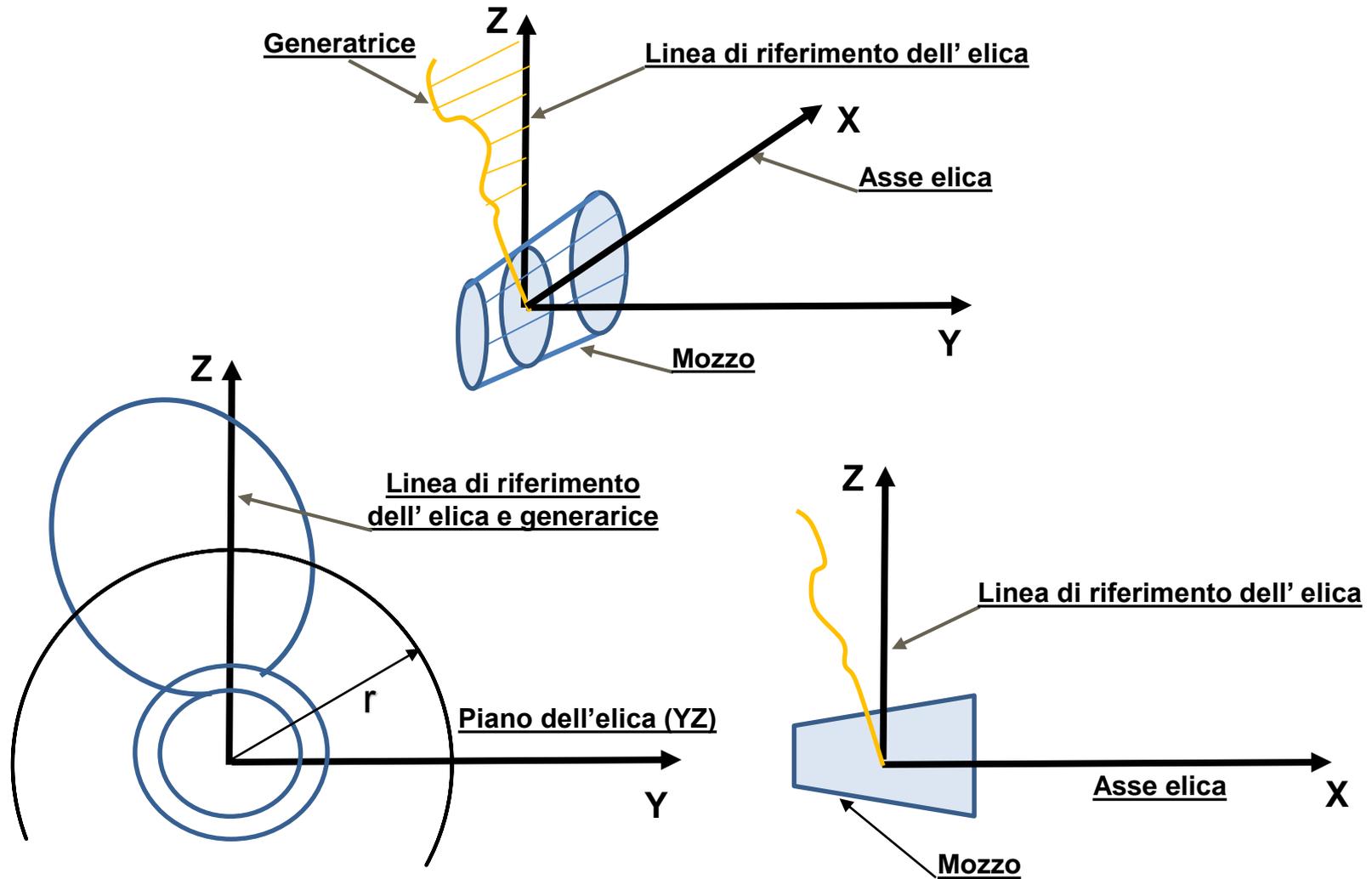
Sistema di riferimento

Sistema di riferimento cartesiano

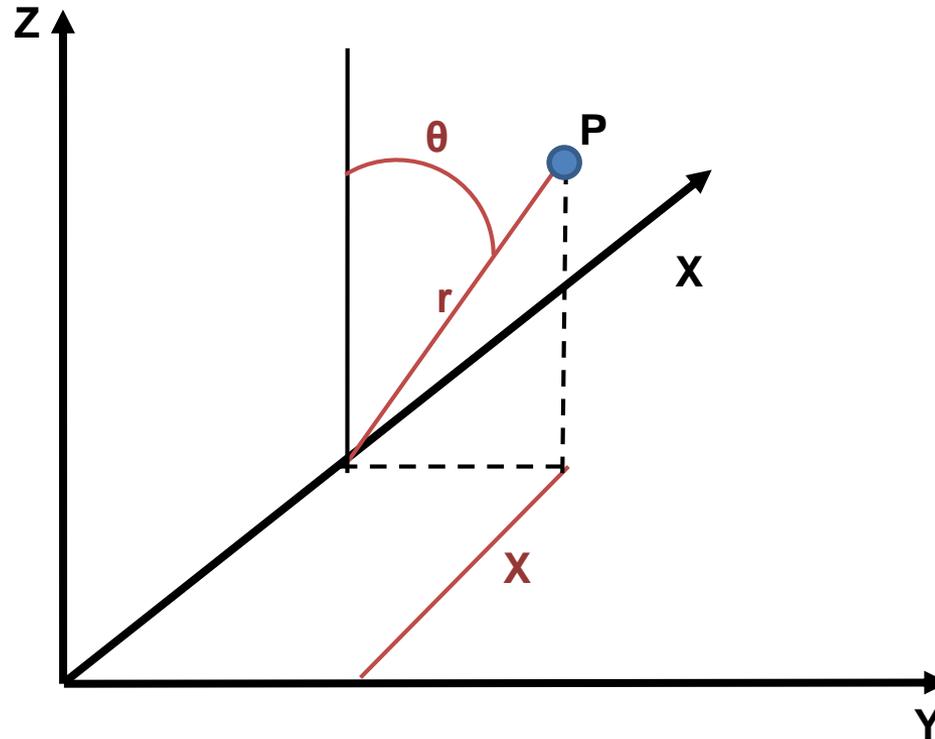
- X, Y, Z . X è l'asse dell'elica, positivo verso prora
- Piano dell'elica: piano YZ , perpendicolare ad X passante per l'origine
- Linea di riferimento della pala: asse Z . Nell'elica a pale orientabili è l'asse di rotazione della pala
- Linea generatrice: curva piana contenute nel piano XZ , genera una superficie elicoidale ruotando a velocità costate attorno all'asse X e traslando lungo X con moto uniforme. L'intersezione tra la superficie ed un cilindro di raggio r è una spira, detta linea del passo
- Passo: avanzo lungo X da un punto della generatrice in un giro completo



Sistema di riferimento cartesiano



Sistema di riferimento cilindrico



Coordinate cilindriche

- X
- r
- θ



Definizione geometrica della pala

- Sezioni cilindriche: intersezione di un cilindro di raggio r con la superficie della pala
- Il raggio r è espresso come percentuale del raggio elica R : $r=x*R$, con x variabile tra il valore relativo al mozzo e 1
- Ogni sezione cilindrica, sviluppata su un piano, raffigura il profilo alare della pala, detto profilo espanso
- Elementi geometrici principali
 - Diametro
 - Diametro del mozzo
 - Passo (P)
 - Corda (C)
 - Skew (S)
 - Rake
 - Spessore massimo del profilo (t)
 - Distribuzione dello spessore lungo la corda
 - Curvatura massima del profilo (f)
 - Distribuzione della curvatura lungo la corda



Definizione geometrica della pala

- Diametro (D)

E' il diametro del circolo circoscritto all'elica e tangente ai punti estremi delle pale.

La corrispondente area A_0 è detta area del disco ($A_0 = \pi R^2$)

- Diametro del mozzo (D_h)

E' il diametro in corrispondenza al quale il mozzo interseca il piano dell'elica YZ. La zona della pala collegata al mozzo è detta "radice di pala". Il raccordo tra pala e mozzo è costituito da una superficie avviata.

- Elica a pale fisse: è generalmente $18 \div 20\% D$
- Elica a pale orientabili: dipende dalla sistemazione del meccanismo posto all'interno del mozzo. Generalmente è $23 \div 28\% D$, $30 \div 32\%$ in casi particolari (classe ghiacci, ecc). L'asse Z è l'asse di rotazione della pala (spindle axis)



Definizione geometrica della pala

- Passo (P)

- Il passo P, per ogni r, è l'avanzamento longitudinale di ogni punto della generatrice, posto al raggio r, in un giro completo. Il passo dell'elicoide descritta da ogni punto può essere costante oppure variabile con il raggio
- Le eliche sono quasi sempre a passo variabile per ragioni idrodinamiche
- Il passo si esprime in valore assoluto (m o mm), ma è generalmente espresso in rapporto al diametro dell'elica (P/D)
- Passo caratteristico, o costruttivo, è quello a 0,7 R

- Angolo di passo (Φ)

Lo sviluppo sul piano della linea del passo è rappresentato dall'ipotenusa di un triangolo rettangolo del quale il cateto di base è lo sviluppo della circonferenza di raggio $x \cdot R$, mentre l'altro cateto rappresenta il passo P. Si può quindi definire l'angolo di passo Φ :

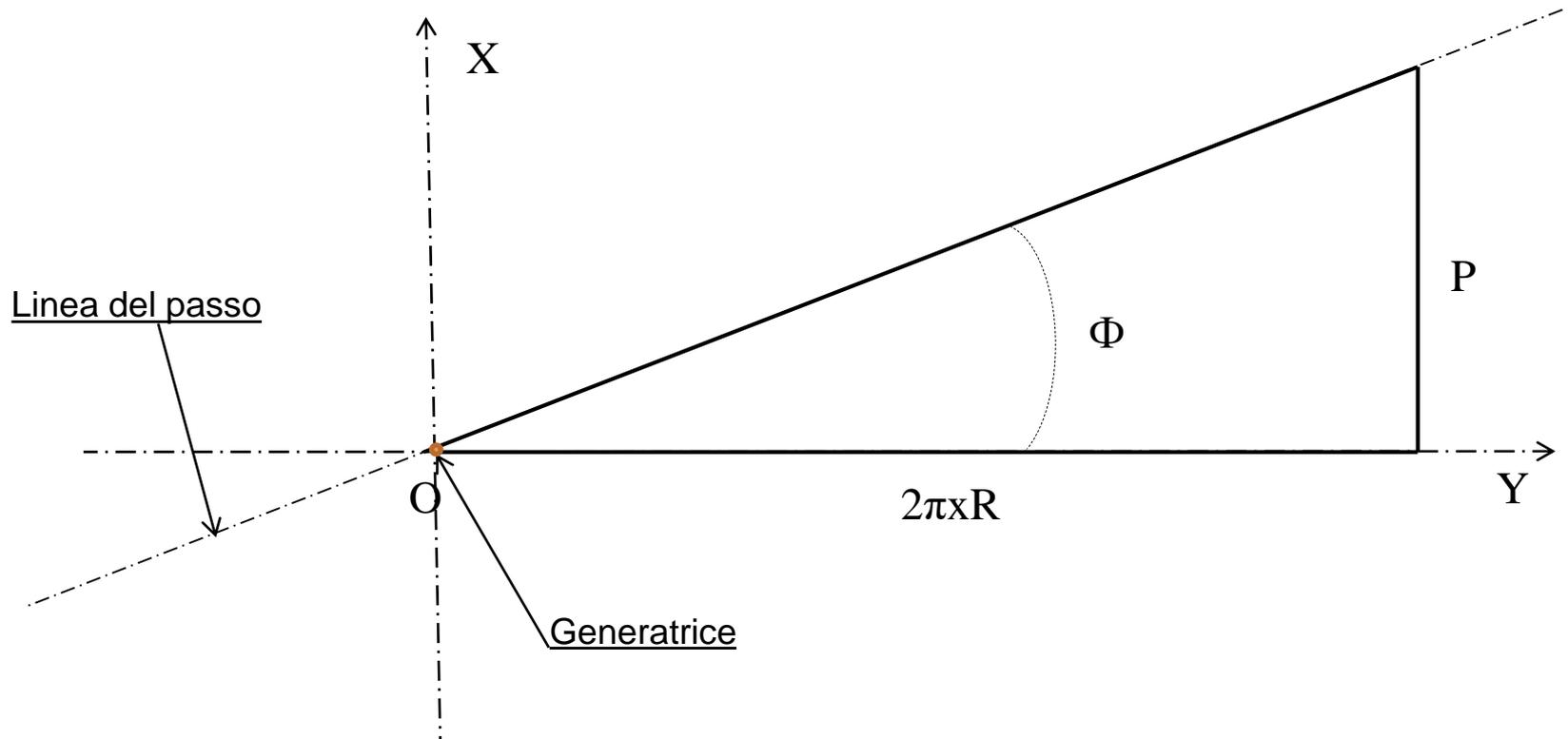
$$\Phi = \arctg(P/2\pi xR) = \arctg (P/\pi xD)$$



Definizione geometrica della pala

Passo, angolo di passo

Sezione cilindrica sviluppata su un piano

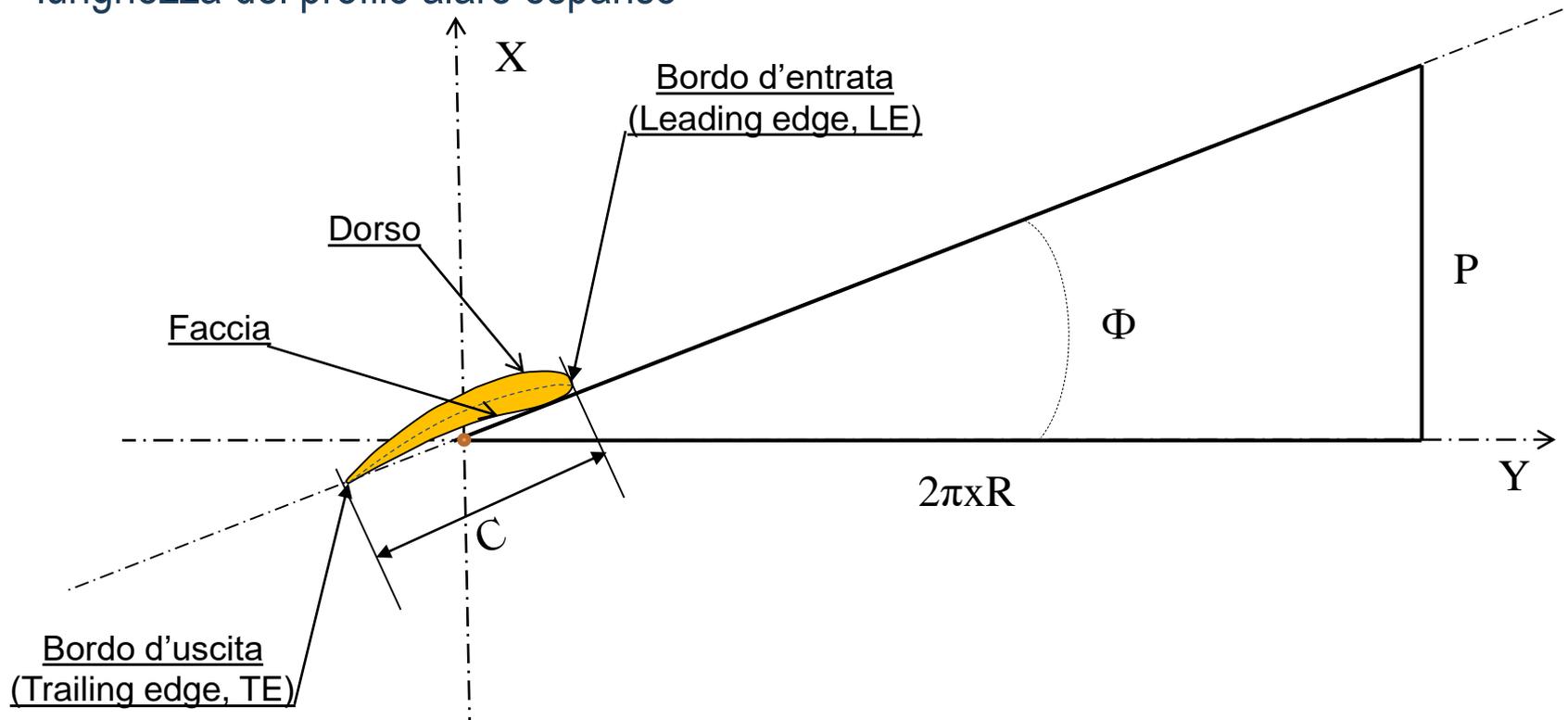


$$\Phi = \arctg(P/2\pi xR) = \arctg(P/\pi xD)$$

Definizione geometrica della pala

Corda

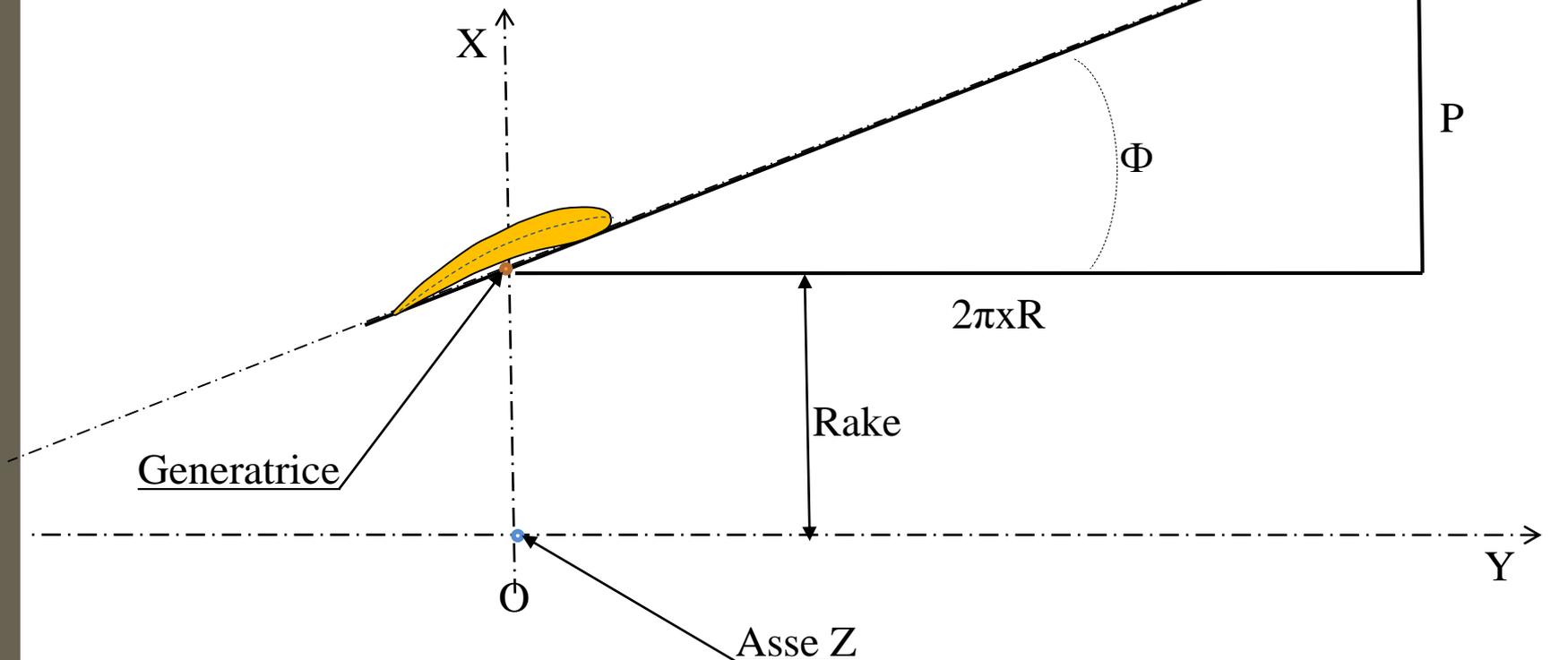
Distanza rettificata tra il bordo d'ingresso e quello d'uscita al raggio $x \cdot R$, cioè la lunghezza del profilo alare espanso



Definizione geometrica della pala

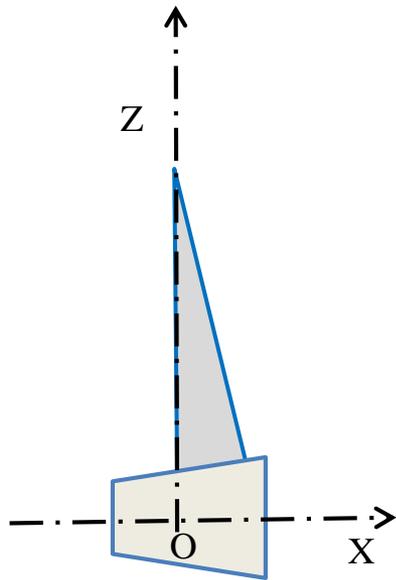
Rake

- Spostamento longitudinale della generatrice, al raggio xR , misurato dal piano dell'elica YZ al punto di riferimento del profilo della pala
- Si esprime in mm o in rapporto al diametro dell'elica ($Rake/D*100$)

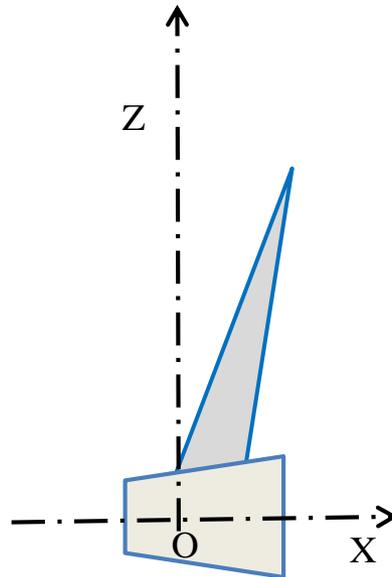


Definizione geometrica della pala

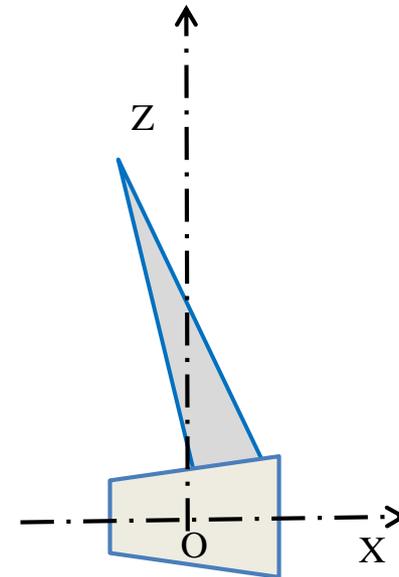
Rake



Rake = 0



Rake < 0



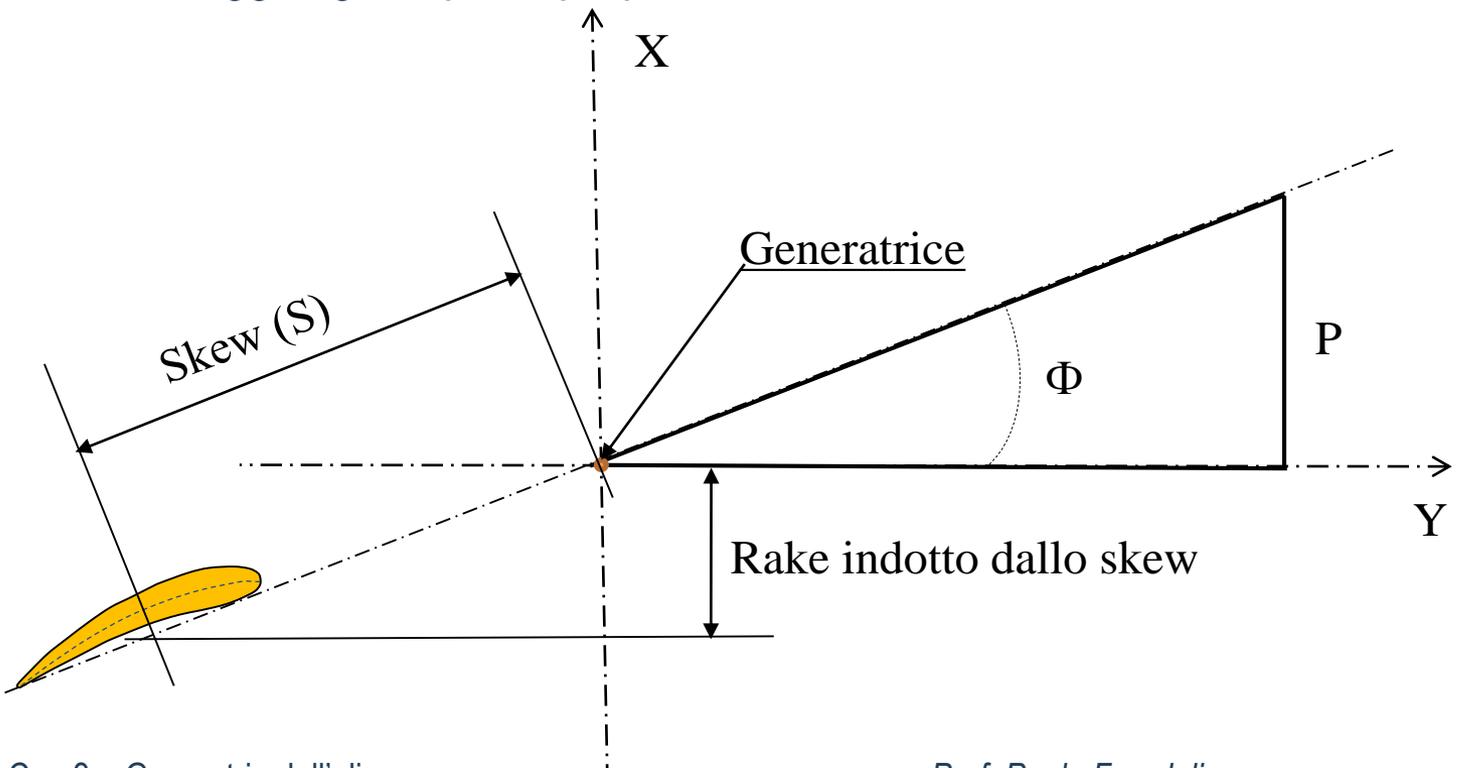
Rake > 0



Definizione geometrica della pala

Skew (S)

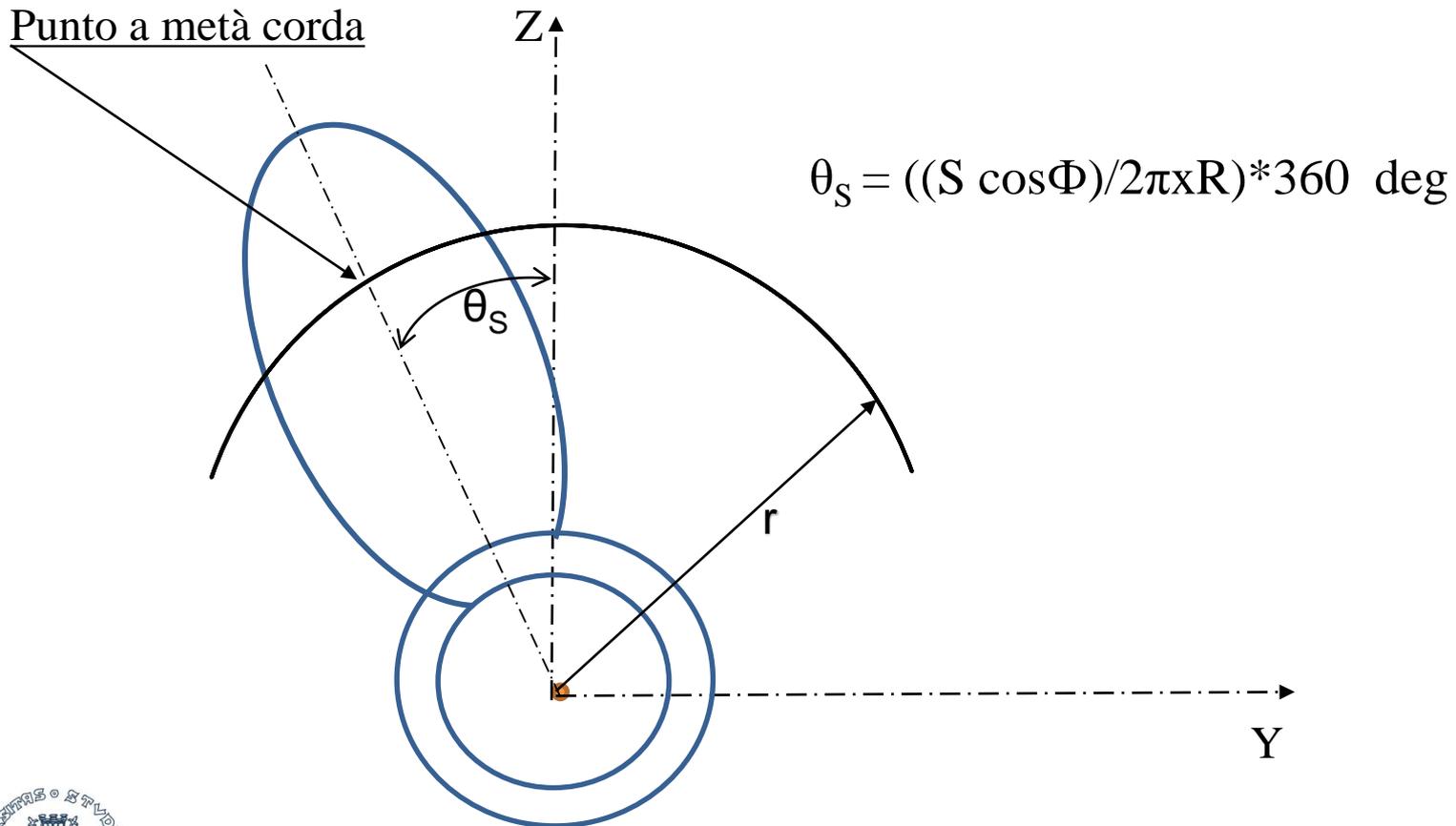
- Spostamento di una sezione di pala lungo la linea del passo, misurato dalla generatrice al punto di riferimento della sezione definito a metà corda.
- Positivo se orientato in verso opposto a quello di rotazione dell'elica.
- Rake indotto: si aggiunge a quello propriamente detto



Definizione geometrica della pala

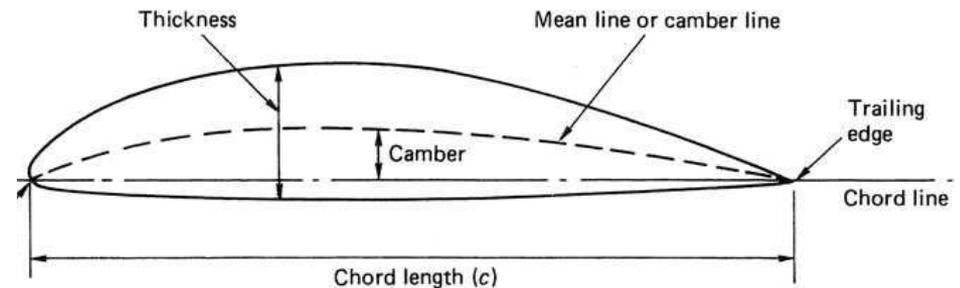
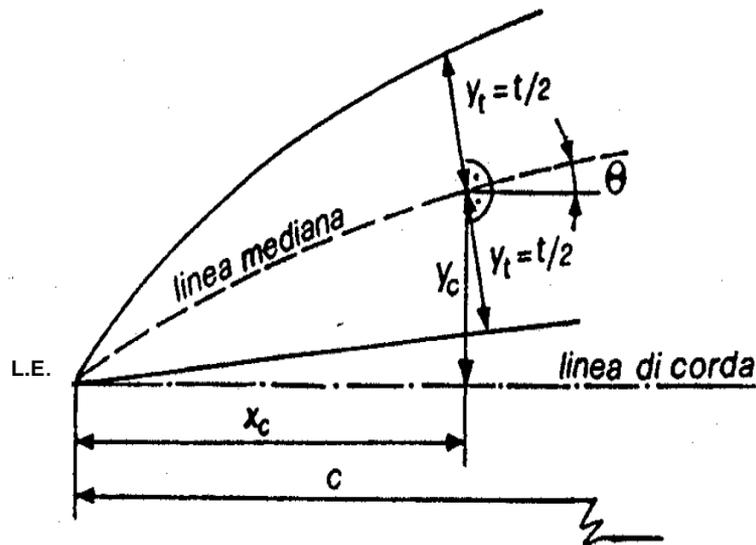
Angolo di Skew (θ_s)

Coordinata angolare del punto medio della corda nel sistema di coordinate cilindriche
Positivo se orientato in verso opposto a quello di rotazione dell'elica



Definizione del profilo della pala

- Il profilo, ad ogni raggio r , è definito da una linea mediana (camber line) e da una distribuzione dello spessore lungo la corda
- Sistema di coordinate locali x e y con origine al L.E.
- Lo spessore è ripartito ortogonalmente alla linea mediana, metà sopra e metà sotto
- f : freccia massima della mediana (camber)
- t : spessore massimo del profilo (thickness)
- Linea mediana: NACA $a = 0,8$ - NACA $a = 1,0$
- Distribuzione di spessore: NACA 16, NACA 66, NACA 66 mod.



Definizione del profilo della pala

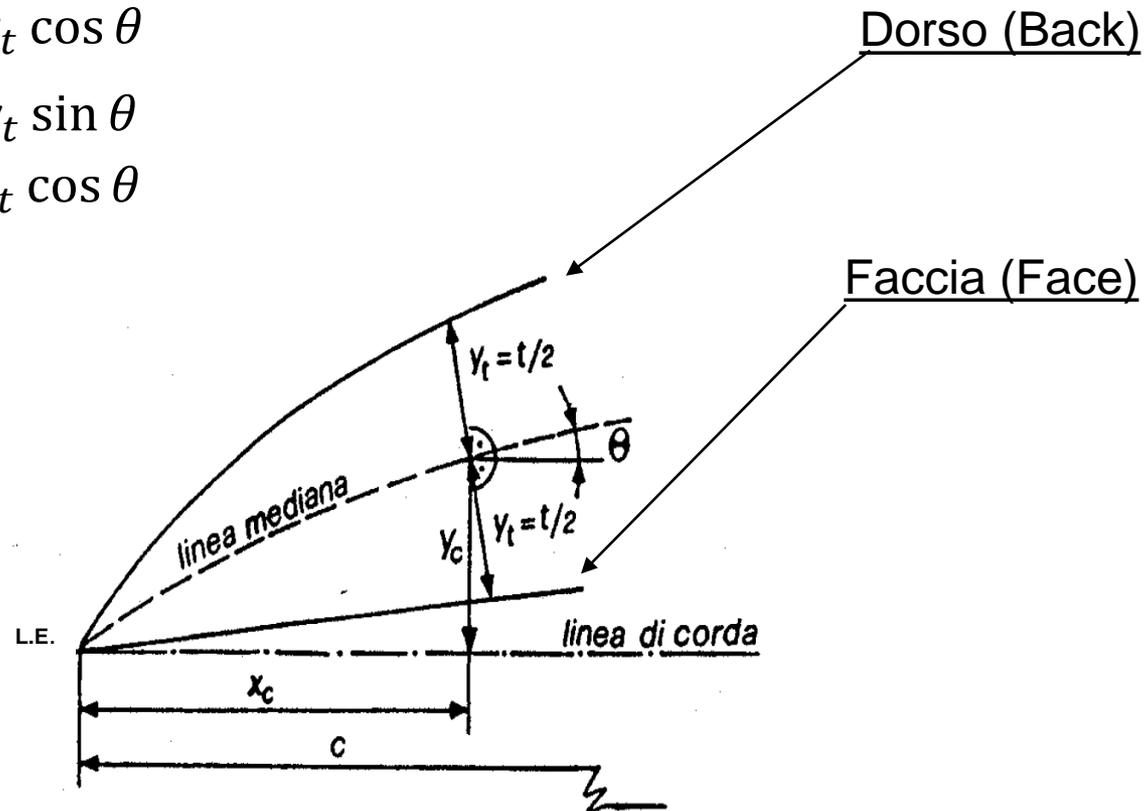
Coordinate dei punti su dorso e faccia

$$x_b = x_c - y_t \sin \theta$$

$$y_b = y_c + y_t \cos \theta$$

$$x_f = x_c + y_t \sin \theta$$

$$y_f = y_c - y_t \cos \theta$$



Disegno dell'elica

Elementi principali

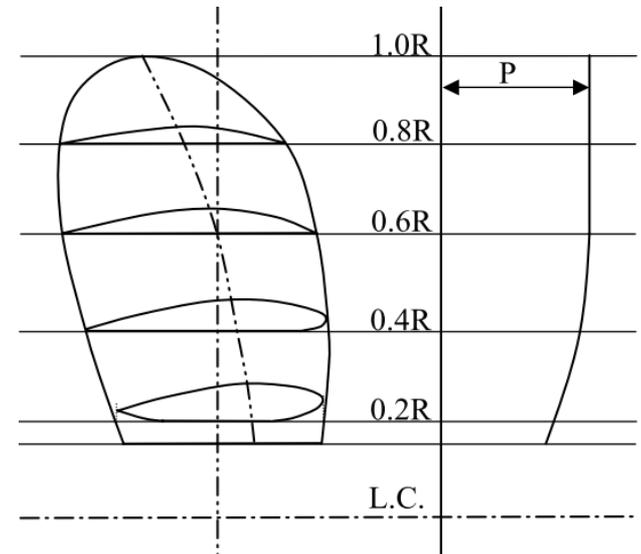
- Numero delle pale (Z)
- Diametro
- Diametro e profilo del mozzo
- Definizione geometrica della pala
- Vista espansa
- Viste proiettate (frontale e laterale)
- Distribuzione radiale del passo
- Senso di rotazione (elica destrorsa o sinistrorsa)
- Tipo di materiale
- Peso delle pale
- Peso del mozzo
- Momento d'inerzia polare con acqua trascinata, necessario per il calcolo delle vibrazioni torsionali della linea d'asse $((1,4 \div 1,5) \cdot \text{Momento dell'elica})$
- Potenza (MCR) e numero di giri nominali del motore di propulsione



Disegno dell'elica

Vista espansa

- Rappresenta le sezioni cilindriche espanse lungo la linea del passo parallelamente all'asse Y
- Area espansa
$$A_E = Z \int_{r_h}^R C(r) dr$$
- Rapporto area espansa/area disco
 - Varia tra 0.5 e 1.5 per eliche a pale fisse. Per eliche a pale orientabili è limitato a circa 0.75 per impedire l'interferenza tra le pale nella rotazione tra la posizione di passo in marcia avanti a quella di marcia indietro

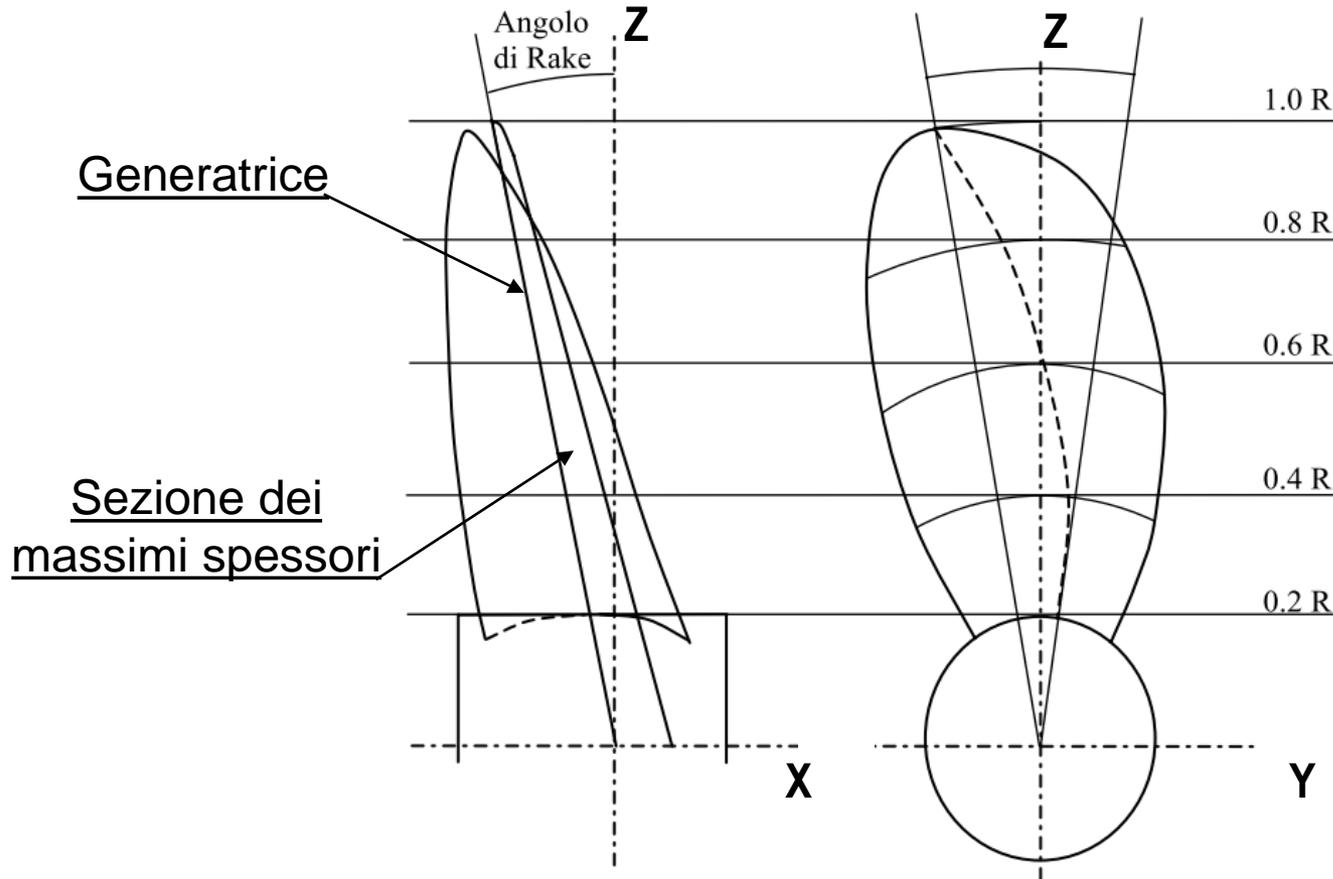


$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{4Z}{\pi D^2} \int_{r_h}^R C(r) dr$$

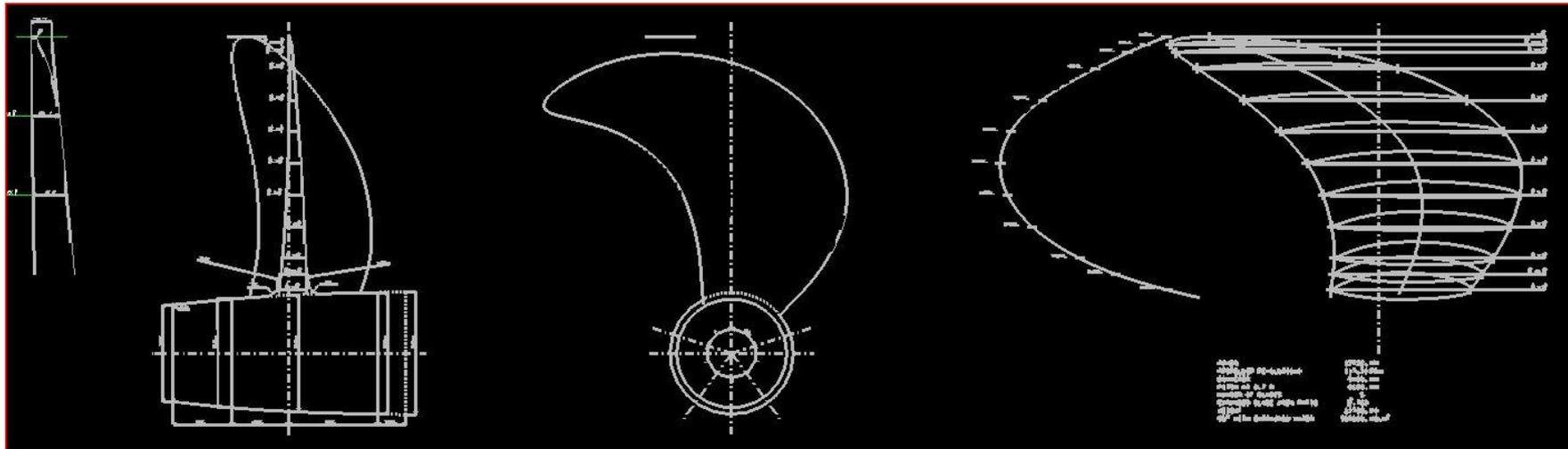


Disegno dell'elica

Viste proiettate sui piani XZ e YZ



Disegno dell'elica



Vista laterale

Vista Proiettata

Distribuzione di Passo

Vista Espansa

