

ENERGIA DAL VENTO

Considerazioni tecniche
di fattibilità.

IL VENTO

- Come tutti sanno il vento è lo spostamento di masse d'aria nell'atmosfera da un punto con aria di alta pressione ad uno con aria di bassa pressione dovuta al riscaldamento del sole. Potremmo dire che è una forma
- Dell'energia solare che riceve la Terra.

IL VENTO

- Lo spostamento dell'aria può avvenire a velocità diverse ,dipendenti dall'energia ricevuta . Si manifesta stagionalmente o in alcune zone in modo più o meno costante durante l'anno.

A volte ha carattere violento nei fenomeni ciclonici come gli uragani.

IL VENTO

- Essendo un movimento di massa d'aria
- possiede una certa energia data dalla massa in gioco per la velocità.
- In fisica l'energia è espressa dalla formula
: $E = 1/2 \times m \times v^2$
- Da studi vari si sono ricavate formule
- Pratiche per determinarla.

IL VENTO

- Una massa che si sposta acquista un suo peso che è espresso in kg.
- Una prima formula è quella di Grashoff:
 - $P_v = 0,122 \times v^2$
- Che esprime il peso in kg esercitato su una superficie piana di 1 m² in funzione della velocità in m/s.

IL VENTO

- Normalmente l'aria ha una sua massa che ,a 15°C e pressione atmosferica di
- 1013,25 mbar o 1013,25 hPa , equivale
- a 1,225 kg/m³ .
- Questa massa in movimento possiede :
l'energia cinetica : $E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$
- il momento : $M_o = m \times v$

IL VENTO

- La potenza posseduta è data dall'energia cinetica per il momento:
- $P = E_c \times M_o$
- Normalmente pari a : $P = 0,006 \times v^3$
- per unità di superficie ed a condizioni normali di pressione e temperatura.
- Con $v = 10 \text{ m/s}$ avremo $P = 600 \text{ W/m}^2$.

IL VENTO

- Normalmente per utilizzare questa energia si converte l'energia di movimento in energia di rotazione.
- La conversione avviene mediante rotore ad elica o turbina eolica .
- Il rotore ha un suo diametro e su di esso
- agisce una massa d'aria racchiusa nel
- Cilindro dello stesso diametro.

IL VENTO

- Questa massa ha un'enorme energia ma solo il 59,3% viene assorbita dal rotore.
- E' intuibile che se tutta l'energia venisse ceduta al rotore l'aria si fermerebbe di colpo e dopo il rotore si avrebbe aria ferma
- Come un muro che impedirebbe il flusso
- E quindi il rotore resterebbe fermo.

IL VENTO

- La cessione di una sola parte dell'energia
- Consente al flusso di aria il proseguimento
- Del suo movimento e quindi consente al rotore di girare. La legge che regola tale cessione è data dalla teoria di Betz.

IL VENTO

- **La teoria di Betz.**
- La formulazione si basa su alcuni presupposti .
- 1 Il tubo di flusso non è influenzato dal resto dell'aria.
- 2 La velocità sia costante entro l'area del cilindro di flusso e il rallentamento sul rotore sia costante in tutta l'area del disco.

IL VENTO

- La teoria di Betz.
- 3 Che nelle sezioni a monte e a valle del rotore la situazione fluidodinamica sia indisturbata.
- 4 Che il flusso oltre il rotore non abbia ostacoli.
- 5 Il vento sia costante con la quota.

IL VENTO

- 6 che la vena del flusso non subisca
- rotazione a causa della perdita di energia.
- 7 Si consideri trascurabile la
- comprimibilità dell'aria, cioè densità
- costante.
- L'aria ha una velocità V_1 e cede energia al rotore fino ad avere velocità V_2

IL VENTO

- Per continuità deve valere :
- $m = \rho V_1 A_1 = \rho V_2 A_2$
- conservandosi la quantità di moto deve valere : $F = m (V_1 - V_2)$
- La potenza quindi sarà : $P = m (V_1 - V_2) V$
- La potenza ceduta al rotore sarà :
- $P = m (V_1^2 - V_2^2) / 2$

IL VENTO

- Le due potenze devono coincidere per cui:
- $m (V_1 - V_2) V = m (V_1^2 - V_2^2) / 2$
- Per cui avremo : $V = (V_1 + V_2) / 2$
- Il fattore di interferenza a è definito da:
- $a = 1 - V / V_1$ quindi
- $V = V_1(1 - a)$ e $V_2 = V_1(1 - 2a)$ sostituendo
- nella formula della potenza si ottiene

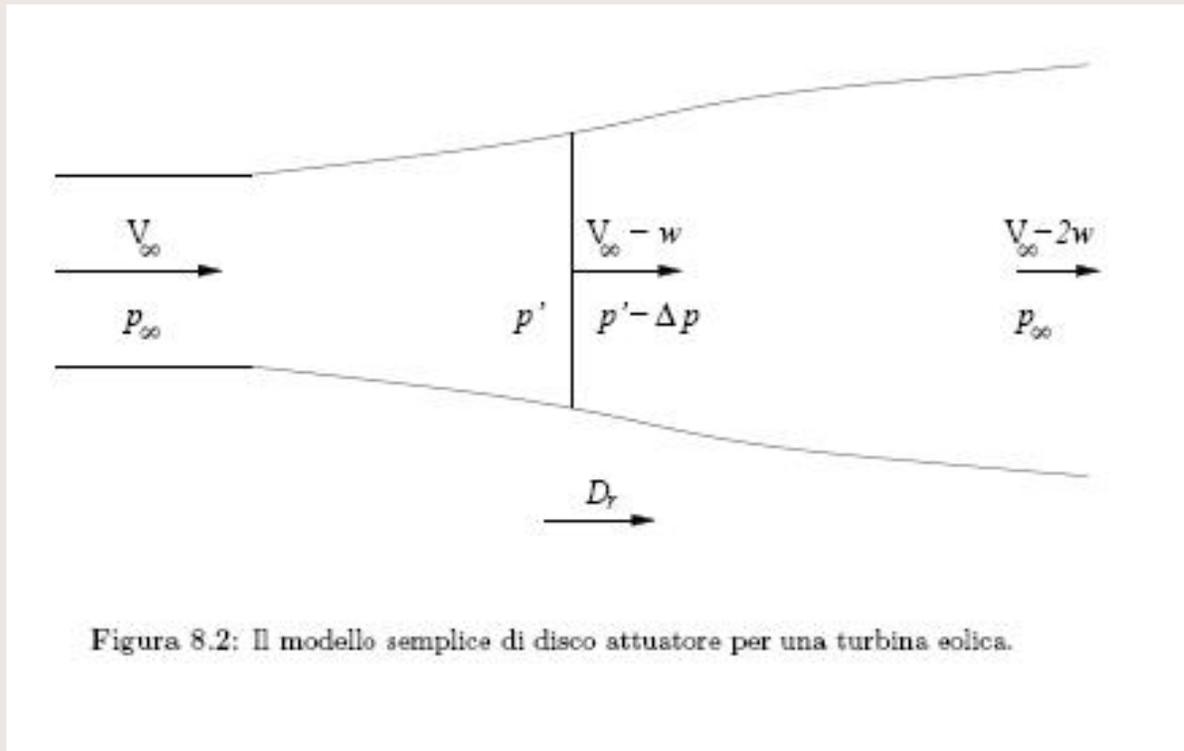
IL VENTO

- La potenza ceduta secondo Betz:
- $P = (1/2) m V^3 4 a(1-a)$
- Un valore di $a=1$ non ha senso mentre un
- Valore ottimale è $a = 1/3$
- Da cui si ottiene un coefficiente di prestazione :
- $C_p = [(1/2)m V^3 4a(1-a)^2] / [(1/2)mV^3]$

- Per $a = 1/3$ avremo
- $C_p = 0,593$
- Quindi la massima potenza estraibile è il
- 60% di quella posseduta dall'intera vena
- Fluida corrispondente al diametro del rotore.

IL VENTO

- Modello teorico di turbina eolica



IL VENTO

- Modello teorico di turbina con diffusore

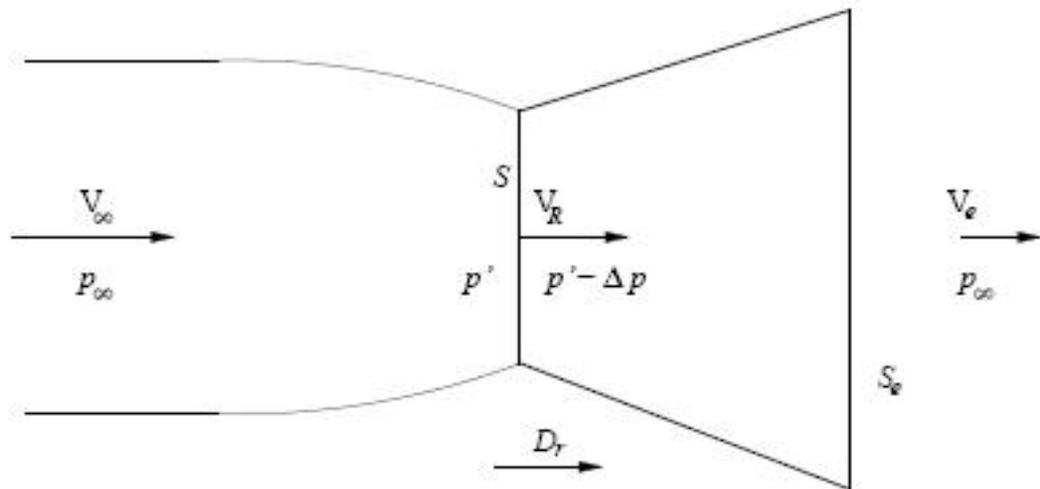


Figura 8.8: Schema di funzionamento di una turbina eolica con diffusore.

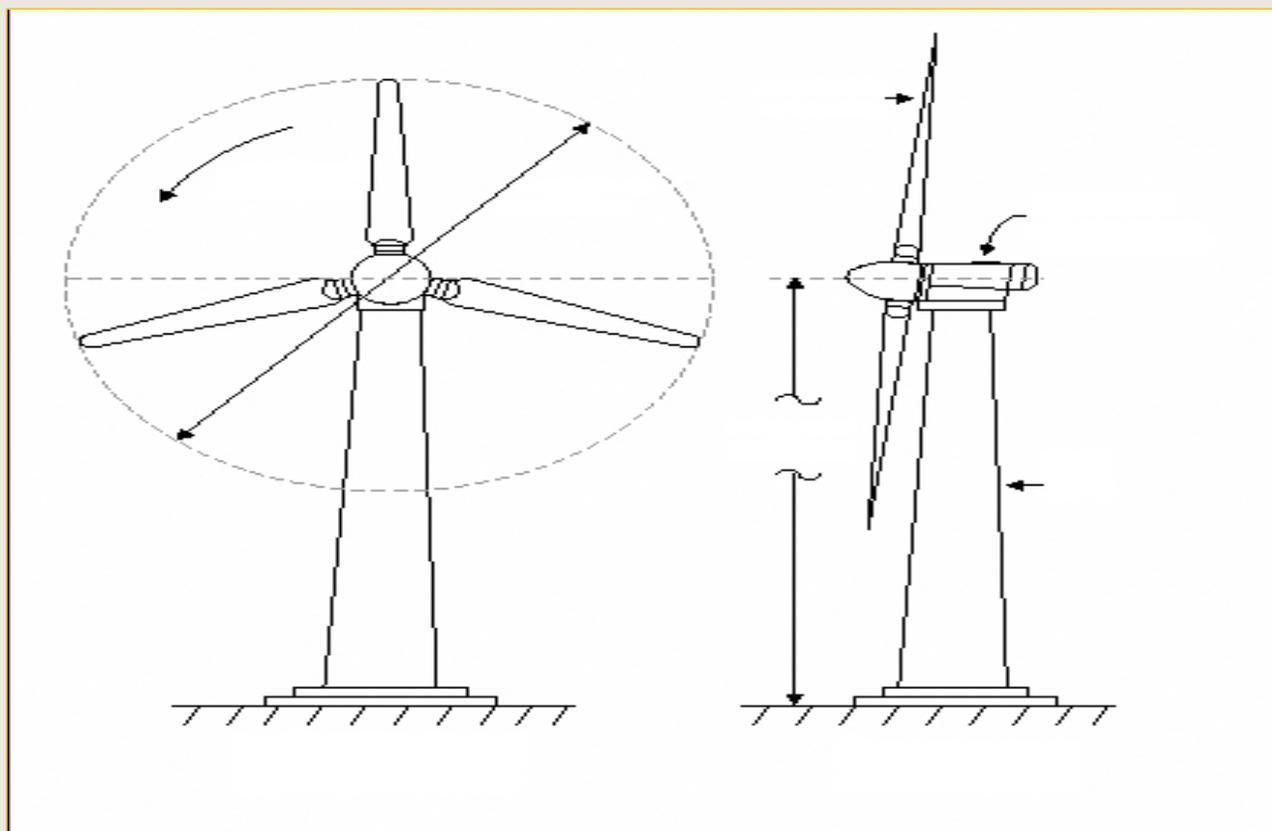
IL VENTO

- La formula principale per il calcolo della
- Potenza meccanica su un rotore ad asse orizzontale è:
- $$P_v = \frac{1}{2} * r * C_p * A * V^3$$
- Dove:
- r = dens.aria 1,2255 kg/m³ ; Coeff.poten.=0,593 (n:Betz);;A area del rotore in m² ; V velocità vento in m/s.
- Per ottenere la potenza elettrica introdurre il coeff,di trasform. Mecc.
- Elett. del generatore in uso.

IL VENTO

- Per turbine ad asse verticale tipo Darrieus e Savonius avremo:
- $A = 2 * H * R * \pi$ per turb. Savonius
- $A = 2 * H * r * \pi$ per turb. Darrieus
- H è l'altezza del rotore; R e r = raggio di rotaz.

IL VENTO



Golia per.ind. Damiano

IL VENTO

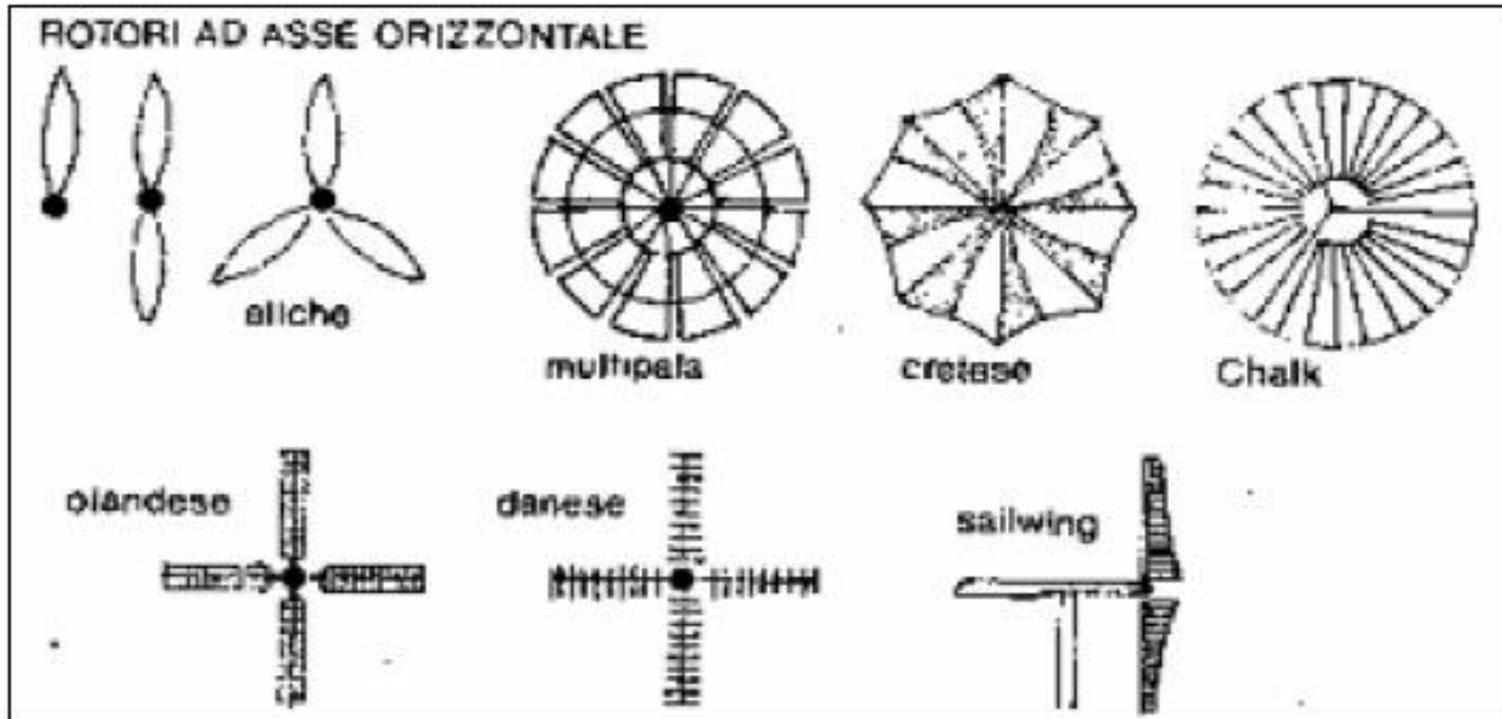


Fig. 61 - [W20]

IL VENTO

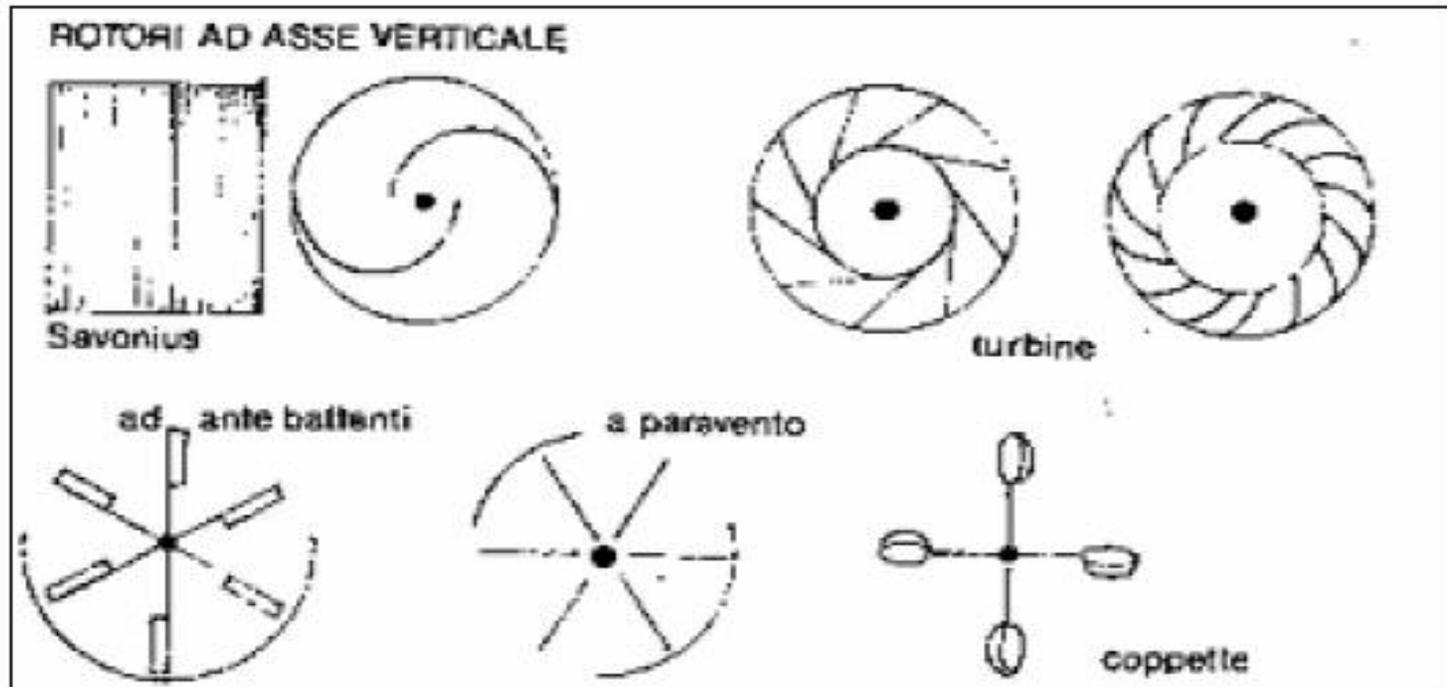


Fig. 62 - [W20]

IL VENTO

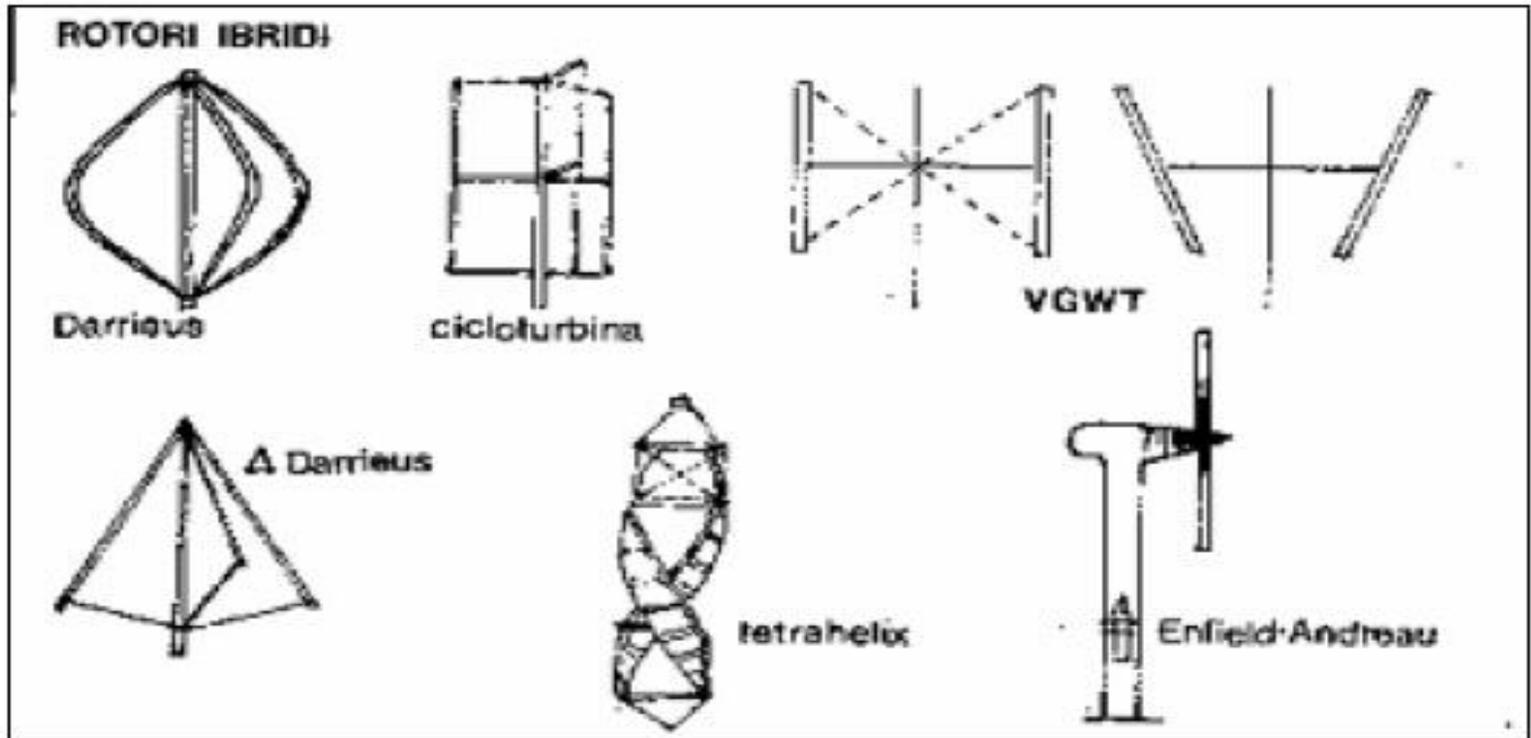


Fig. 63 - [W20]

IL VENTO

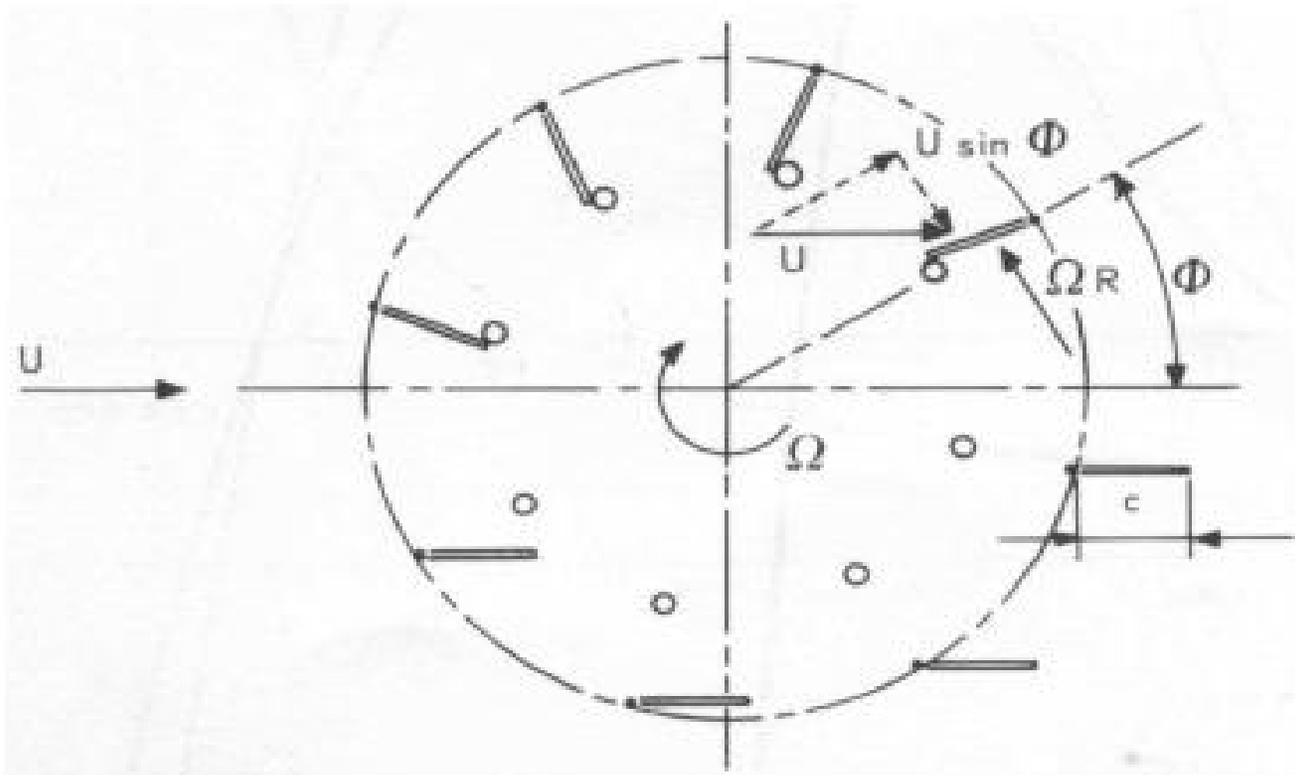


Figura 9.1: Schema di funzionamento di un panemone articolato (de Vries, 1979).

IL VENTO

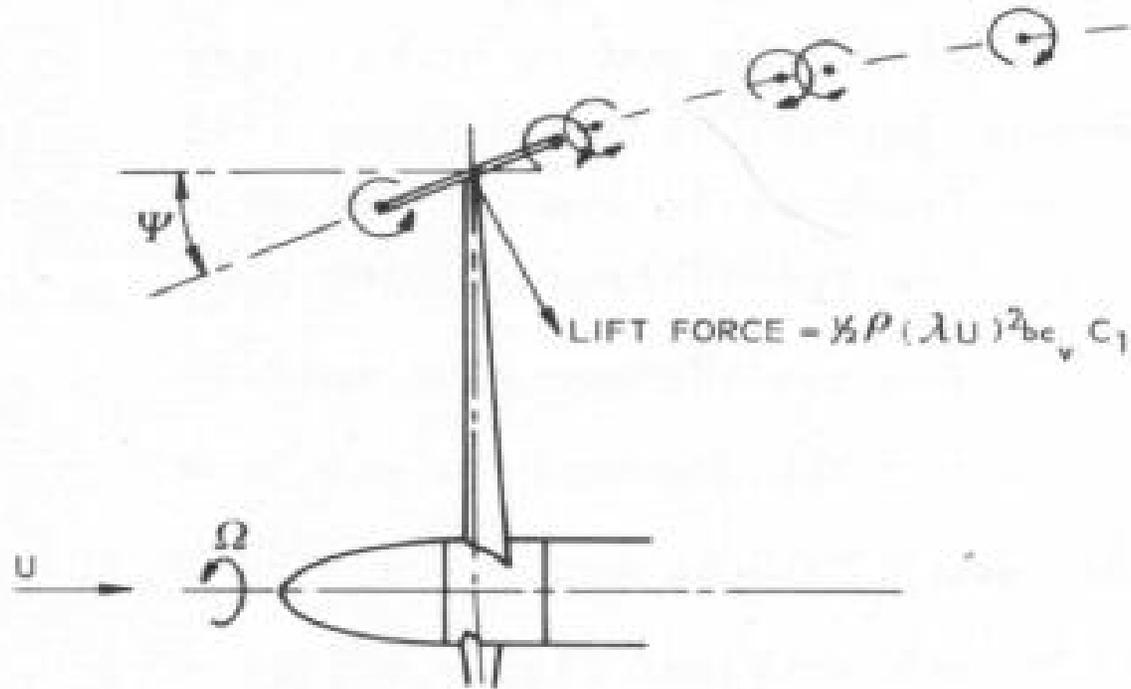


Figura 8.10: Aletta di estremità (de Vries, 1979).

IL VENTO

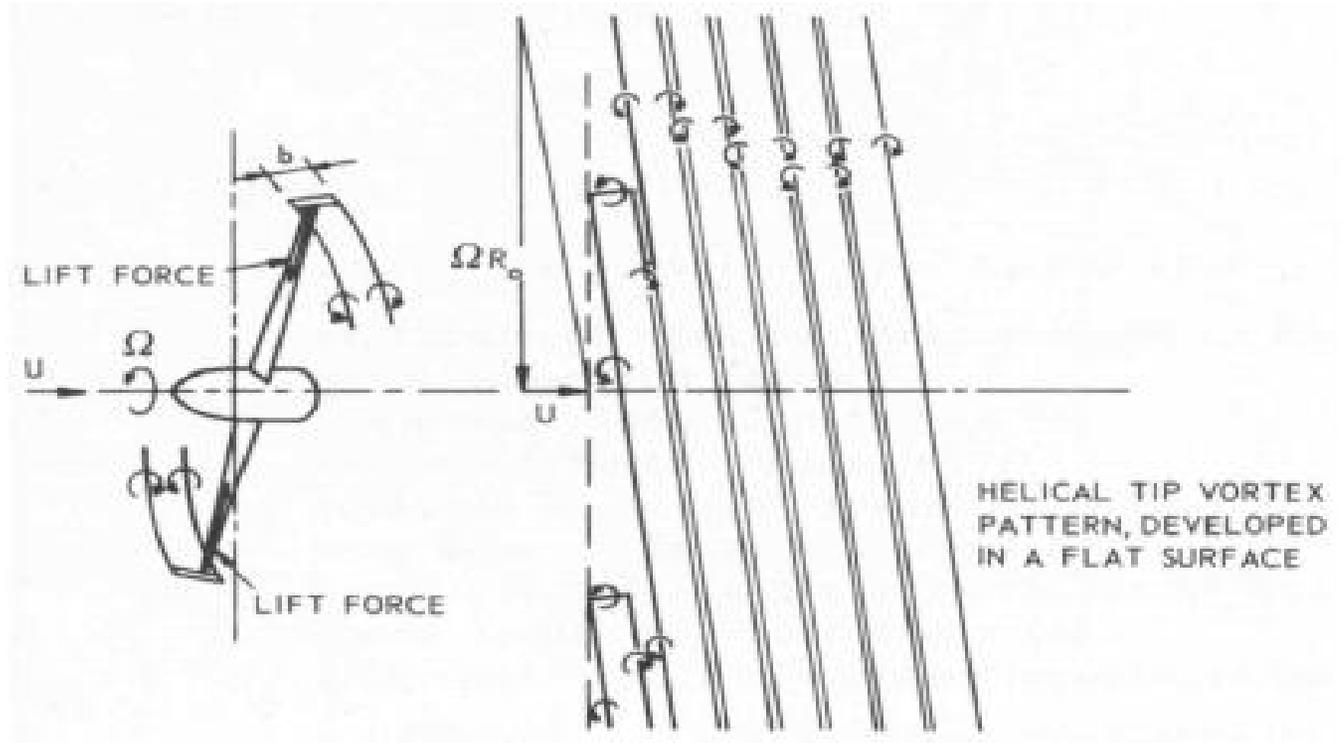


Figura 8.11: Schema di funzionamento di un'aletta di estremità (de Vries, 1979).

IL VENTO

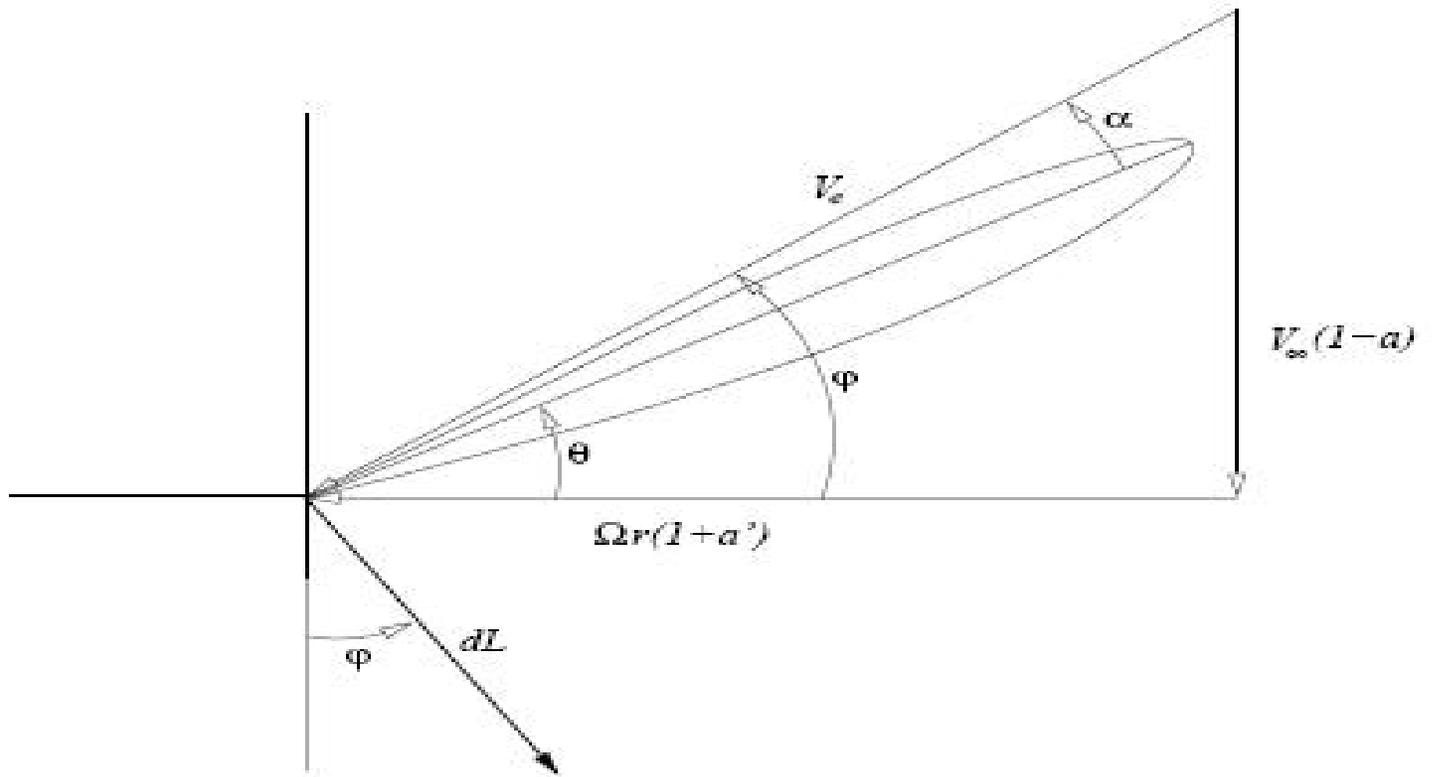
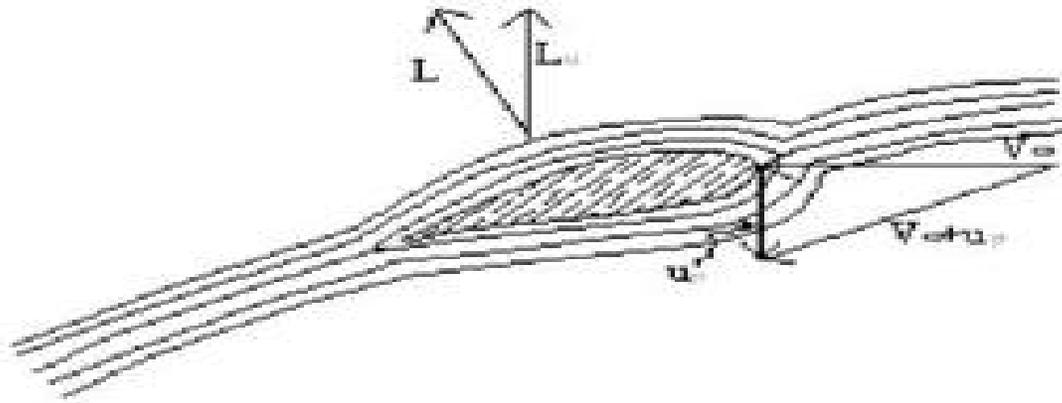


Figura 8.5: Schema di un elemento di pala per una turbina eolica.

IL VENTO



IL VENTO

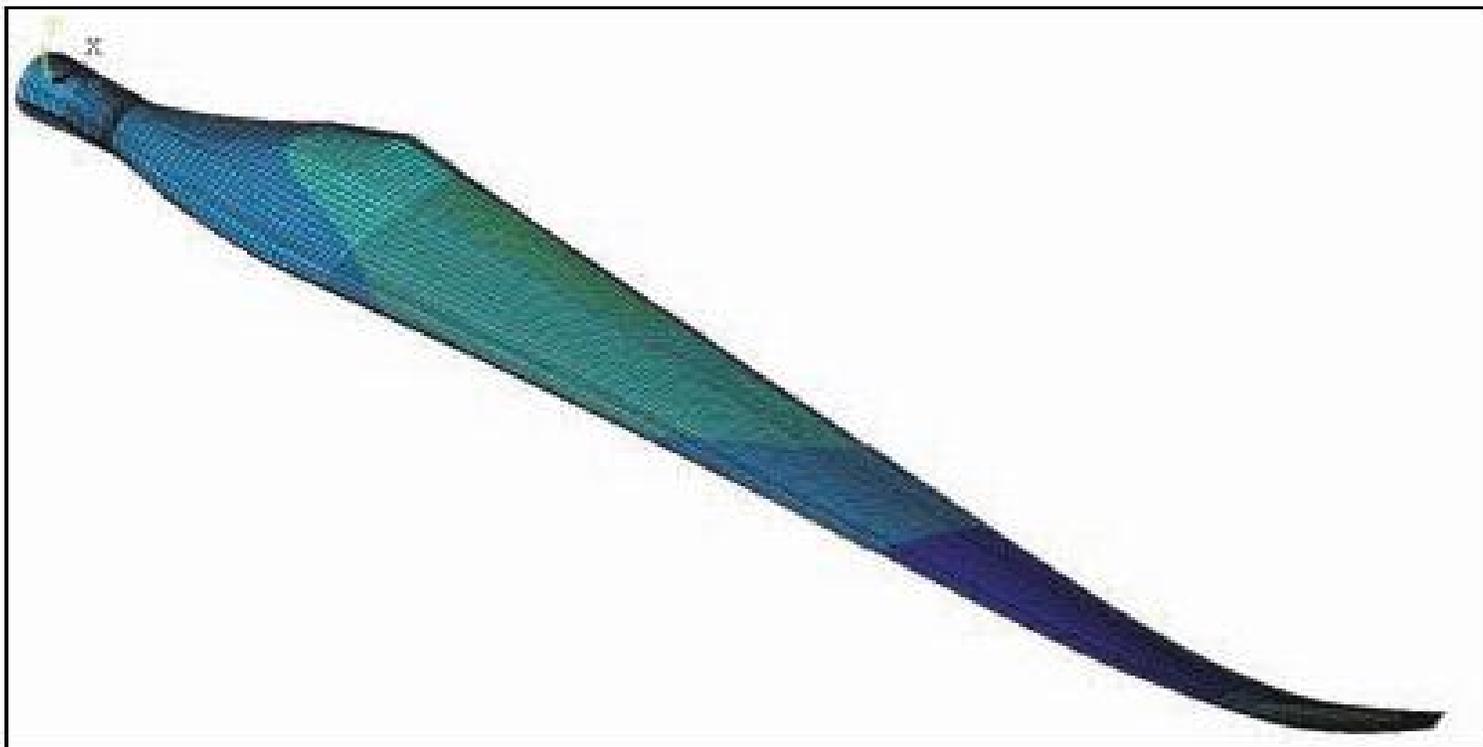
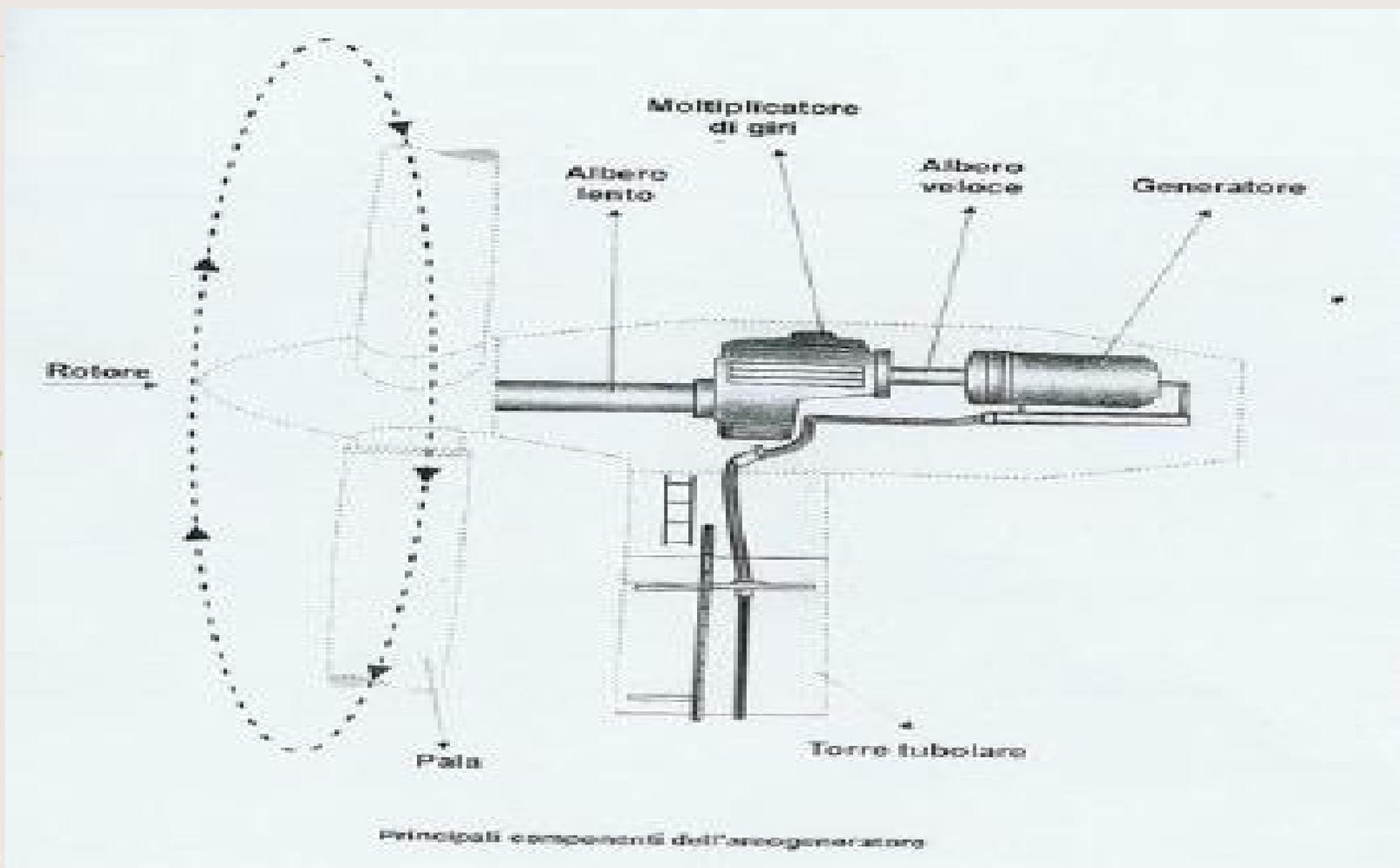


Fig. 66 – Pala eolica; [67]

IL VENTO



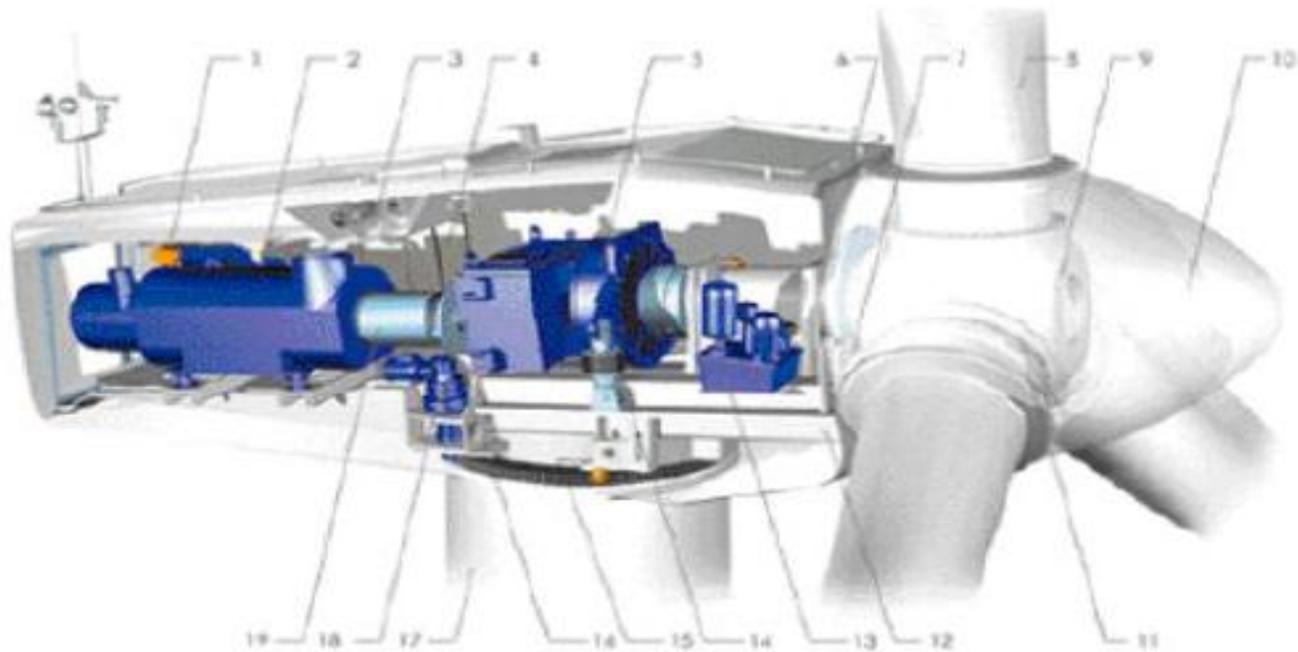
IL VENTO



Fig. 67 – Vista panoramica di una navicella eolica; [67]

IL VENTO

Aerogeneratore *Vestas V 52* – 850 kW.



Spaccato della navicella

IL VENTO



Golia per.ind. Damiano

IL VENTO

- Per ogni tipo di turbina esistono specifiche
- Considerazioni teoriche sulla potenza trasformabile dal tubo di flusso al rotore.
- In tutti però è fondamentale il profilo aerodinamico che determina la forma delle pale .Per ogni tipo esiste un valore massimo ottenibile.

IL VENTO

- Nella slide 29 è mostrato un tipico profile di pala . In esso si evidenzia che:
- V_{oo} è la velocità del vento incidente.
- L è la portanza determinata dal profilo .
- Ortogonale a $V_{oo} + u_p$
- L_u è la forza che \times il diametro da il momento utile di rotazione .

IL VENTO

- Le scelte della tipologia di un impianto
- Devono essere valutate in base alla potenza
- Da ottenere . Per esempio:
- Un rotore da 52 m di diametro sviluppa 1,3 MW con velocità del vento di 10 m/s
- Per un effettivo valore di trasformazione di 0,35 possiamo disporre di 0,455 MW.
- Quindi si dovrà accoppiare al rotore un generatore da 850 kWn.

IL VENTO

- Le macchine elettriche possono essere accoppiate mediante moltiplicatori di giri che portano il numero di giri da 20 % 30 giri/min del rotore a 1500 giri/min del generatore , legato alla frequenza e tensione. Oppure con accoppiamento senza
- Ingranaggi e sistema frenante di regolazione.

IL VENTO

- I valori di velocità di rotazione sono legati da valutazioni ambientali di rumore e turbolenza indotta nell'aria, usura delle parti meccaniche e vibrazioni trasmesse alla struttura portante