

GUILLERMO FERRARI

# NAVIGANDO CONTROVENTO

Vi siete mai domandati se una barca può procedere esattamente controvento sfruttando la sola azione del vento? La domanda, certamente un pò trabocchetto, è sorta chiacchierando all'Idroscalo con alcuni soci della Lega Navale. Subito sono sorti i due schieramenti quelli del sì e quelli del no. Ho preso quindi spunto da quell'episodio per scrivere queste righe, in cui proverò a dare una risposta al quesito in base ad alcuni principi elementari.

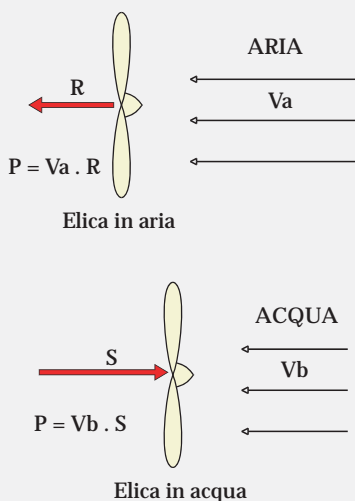
Anzitutto, la barca che stiamo cercando non può essere a vela convenzionale, perchè tutti sappiamo che se facciamo gonfiare le vele con la prua al vento esse spingono la barca all'indietro. Ma il vento può essere sfruttato in altri modi. Ad esempio attraverso un'elica montata su un albero in coperta che, mediante un opportuno meccanismo, trasmetta il suo moto ad un elica di propulsione sotto lo scafo. Il principio dovrebbe essere chiaro: l'elica in aria riceve dal vento l'energia che serve per far girare l'elica in acqua; quest'ultima, a sua volta, fornisce la

forza propulsiva all'imbarcazione.

A questo punto, il dubbio potrebbe essere, ma ciò è fisicamente possibile? Un tale marchingegno può stare veramente in piedi? Proviamo a ragionare. Pensiamo alla barca che naviga controvento a regime (cioè a velocità costante). Per poter mantenere la sua velocità, essa dovrà avere una forza propulsiva capace di eguagliare le forze che si oppongono al moto. E queste ultime sono la resistenza all'avanzamento prodotta dall'opera viva (che si muove nell'acqua) più la resistenza prodotta dall'opera morta e dalle sovrastrutture investite dal vento di prua. C'è ancora un'altra fonte di resistenza che preferiamo per chiarezza considerare separatamente alla resistenza dell'opera morta appena menzionata. Mi riferisco alla resistenza (che è intuitivo aspettarsi) originata dallo "sforzo" realizzato dall'elica in aria per muovere l'elica in acqua; se staccassimo quest'ultima, questa resistenza sparirebbe. Il nostro problema si riduce quindi a verificare se si può estrarre dal vento

una potenza tale da contrastare tutte queste resistenze. Per far ciò, proviamo a capire come funziona un'elica "ideale". Se essa si lascia girare liberamente immersa in un fluido (aria o acqua) che la investe a una certa velocità  $v$  rispetto a l'elica stessa, dopo un certo tempo girerà alla sua velocità di regime. In queste condizioni, l'elica non toglie né trasferisce energia al fluido. Se con l'elica girando a regime si attacca al suo asse qualcosa che tenda a frenare il suo moto, allora una certa quantità di energia verrà tolta al fluido e consumata per vincere questa forza frenante. In questo caso, sull'elica compare una resistenza che è una forza avente la stessa direzione e lo stesso verso della velocità del fluido che la investe, applicata sull'asse dell'elica stessa. Contrariamente, se con una manovella (ad esempio) s'imprime al asse dell'elica un movimento rotatorio che tenda ad accelerare il suo moto libero, una certa quantità di energia verrà trasferita al fluido, a spese di chi fa girare detta manovella. In questo caso sull'elica comparirà una spinta, ossia una

forza con la stessa direzione della velocità del fluido che la investe ma di verso opposto. Tanto per esemplificare, l'elica che produce resistenza è quella del mulino che estrae dal vento l'energia necessaria per muovere la macina (oppure per pompare acqua e irrigare i campi) mentre l'elica che produce spinta è quella dell'aeroplano che fornisce energia all'aria spingendo il velivolo in avanti. In definitiva, vediamo che quest'elica ideale non è altro che un mezzo per estrarre o trasferire energia al fluido.



Va: velocità del vento apparente  
 Vb: velocità della barca  
 S: spinta  
 R: resistenza  
 P: potenza

FIG 1

**Resistenza, spinta e potenza**

Il modello che segue è un pò semplificato, ma fornisce comunque un'idea corretta dei bilanci energetici. Se il fluido ha una velocità  $v$  rispetto all'elica allora la potenza  $P$  in gioco, cioè quella estratta o trasferita al fluido, è data da

(fatte un piccolo atto di fede, comunque è fisica):

$$P = F \cdot v \quad (1)$$

dove  $F$  è la forza esercitata sull'elica. Questa forza può essere resistenza ( $R$ ) oppure spinta ( $S$ ) a seconda che essa abbia il verso della velocità del fluido o meno, rispettivamente. Nel caso qui considerato di navigazione controvento, è chiaro che l'elica in acqua deve produrre spinta mentre quella in aria resistenza. Se consideriamo l'elica in acqua, la velocità del fluido rispetto ad essa è quella della barca (che chiameremo  $V_b$ ) mentre per l'elica in aria, la velocità del fluido, sempre rispetto a l'elica stessa, è quella del vento apparente (che chiameremo  $V_a$ ). Per tanto, la potenza estratta dal vento è data dal prodotto  $R \cdot V_a$  mentre la potenza trasferita all'acqua è  $S \cdot V_b$ . La figura 1 illustra questi concetti elementari.

Consideriamo ora il sistema costituito dalle due eliche ideali ed il meccanismo di trasmissione che le collega, anch'esso ideale (cioè senza attriti). Se la barca ha raggiunto la sua velocità di regime, detto sistema, che si muove insieme alla barca, non varia la propria energia (cinetica, potenziale o di qualsiasi altro tipo); la stessa rimane costante. Di conseguenza, l'energia fornita a questo sistema attraverso l'elica in aria deve essere uguale all'energia che il sistema cede attraverso l'elica in acqua. Non è altro che il principio di conservazione dell'energia (in soldoni: se l'e-

nergia di un sistema non varia, allora quella che "vi entra" dev'essere uguale a quella che "vi esce"). Applicato al nostro caso, questo vuol dire che la potenza estratta dal vento dev'essere uguale alla potenza fornita all'acqua, cioè

$$R \cdot V_a = S \cdot V_b \quad (2)$$

Ora siccome sappiamo che una barca che naviga con una velocità propria  $V_b$  esattamente contro un vento reale  $V_r$  ha un vento apparente percepito a bordo d'intensità  $V_a = V_r + V_b$ , ne consegue che in queste condizioni il vento apparente sarà maggiore della velocità della barca  $V_b$ . Perchè sussista l'uguaglianza (2) è quindi necessario che  $S$  sia maggiore di  $R$ . Ossia che la spinta  $S$  che produce l'elica in acqua è superiore alla resistenza  $R$  dell'elica in aria. Per così dire, una volta vinta la resistenza dell'elica in aria rimane ancora "un pò di spinta" per vincere le altre resistenze (quella dell'opera viva e dell'opera morta comprese le sovrastrutture) e procedere controvento. La figura 2 illustra il principio di funzionamento (notare che il vento di velocità  $V_v$ , considerato come vettore ha il verso opposto della velocità della barca ma numericamente essi sono identici, cioè  $V_b = V_v$ ).

Tanto per dare un'idea delle grandezze in gioco, riassumiamo un possibile insieme dei loro valori per una barca di circa 9 metri di lunghezza al galleggiamento navigando esattamente contro un vento reale di 10 nodi:

Va	Vb	R	S
15 Nd	5 Nd	40 Kgr	120 Kgr

Notare che la differenza fra spinta e resistenza è 80 Kgr; questa è la parte di spinta che rimane per vincere gli effetti del vento sull'opera morta e dell'acqua sulla carena, spinta ragionevole per una barca della lunghezza ipotizzata che navighi a 5 nodi contro un vento apparente di 15 nodi. E se le eliche ed il meccanismo di trasmissione invece di "ideali" fossero reali? Poco male, vorrà semplicemente dire che parte della potenza estratta dal vento si perderà in energia dissipata dal meccanismo di trasmissione e dagli inevitabili vortici e turbolenze create dalle eliche reali. La velocità di regime della barca sarà un pò minore rispetto al caso ideale, ma il principio rimane lo stesso. C'è comunque da evidenziare che questo sistema di propulsione presenta qualche svantaggio. In effetti, le difficoltà

per costruire una tale imbarcazioni non sono poche. Sistemare un'elica in aria di dimensioni adeguate, compresa la sua struttura di supporto, non è compito facile. Inoltre, questo in alza parecchio il centro gravità cosa che fa diminuire la stabilità, che può venire ulteriormente compromessa dalle forze giroscopiche create dalle parti rotanti in alto. Non ultimo, avere delle grosse pale che girano a poca distanza delle teste porrebbe anche qualche problemino alla sicurezza dell'equipaggio. Ma la cosa interessante rimane il fatto che dal punto di vista teorico la navigazione controvento è possibile sfruttando soltanto l'energia del vento stesso. In fondo, questo fatto non dovrebbe sorprendervi più di tanto: tutto sommato, facendo ricorso ai bordi di bolina, anche una barca a vela con attrezzatura convenzionale è in grado di spostarsi da un punto ad un altro esatta-

mente sopravvento sfruttando solamente l'energia che le fornisce il vento. Cambia soltanto il modo e l'efficienza con cui si estrae ed impiega l'energia dal vento. Non sono riuscito a convincervi? Allora potreste andare in Nuova Zelanda per ammirare il Te Waka, una barca di 9,4 m di lunghezza con motore eolico progettata da Jim Bates. Il suo motore consiste in un'elica a passo variabile di tre pale e otto metri di diametro montata su un albero rotante allo scopo di mantenere l'elica perpendicolare al vento in tutte le andature. A parità di vento reale, le velocità misurate della barca sono pressochè identiche ad ogni andatura. In particolare, con vento reale costante a 14 nodi Te Waka riesce a lanciarsi controvento a una velocità di 7 nodi. Niente male, no?

Altre notizie insieme a qualche foto di barche con motore eolico potete trovarle nel sito internet:  
<http://www.users.globalnet.co.uk/~fsinc/yachts/auto/index.htm>

**Vedere per credere...**

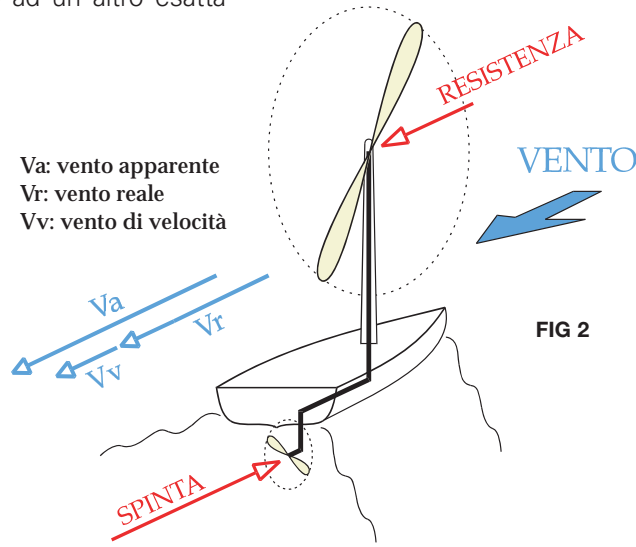


FIG 2

**Barca con motore eolico**