



Volare nel Tempo e Volare nello Spazio

Il vero obiettivo di questa avventura è imparare la teoria e la pratica, di una disciplina hobbistica che raggruppa: l'intuizione, il divertimento, la meccanica, la matematica, l'aerodinamica, l'elettronica, la segatura di legno, l'informatica, l'amicizia, lo stare all'aria aperta, il distruggere, lo stare in un buio garage a costruire ed a riparare.

Un punto di partenza per portare un po' di scienza tra i giovani?

Introduzione

La leggenda di Icaro. Perché esiste? È scaturita dall'innata voglia dell'Uomo di volare e dal complesso di inferiorità rispetto agli uccelli che dominano il cielo con armoniose tecniche di volo, con apparente semplicità e con scientificamente perfette caratteristiche aerodinamiche.

Di fronte a tal disinvoltura, perché noi essere umani non riusciamo a sollevarci da terra?

L'ambiente acquatico è subito stato conquistato seppur con semplici tecnologie ma anche a corpo nudo.

Con notevole tenacia ed intraprendenza empirico-scientifica, il 17 Dicembre 1903 si arrivò a scrivere la leggenda dei fratelli Wright (o forse di altri illustri pionieri, ma la storia comune ha premiato di fama, Wilbur e Orville).

Perché esiste la leggenda dei fratelli Wright? Per l'orgoglio di vincere la forza di gravità, per sfida, per fama, per divertimento.

Interrogiamoci ora sul perché la tecnica aeronautica si è così evoluta.

I motivi sono sempre i soliti due, per scopi militari e per profitto economico nel trasporto civile.

I militari ed i passeggeri chiedono una caratteristica principale, la velocità, cioè coprire grandi distanze in tempi drasticamente più ridotti dei trasporti terrestri e marittimi. La distanza è denaro!

Significa orientare gli studi, la ricerca e lo sviluppo verso tecnologie in grado volare per lunghe distanze nel più breve tempo possibile con efficiente consumo di energia. Il risultato di un secolo di lavoro è evidente a tutti, sia in campo militare che civile.

Ma potrebbe esserci interesse a sviluppare tecnologie in grado di mettere al centro dell'attenzione una lunga durata in volo rispetto ad una lunga distanza? Beh, le tecnologie delle

macchine volanti hanno sempre ruotato attorno alle necessità biologiche dell'equipaggio umano, calibrando di conseguenza i tempi di volo.

Oggi è crescente l'interesse per velivoli senza pilota, sia in campo militare che civile, di monitoraggio ambientale o per telecomunicazioni.

La peculiarità principale cambia, qui il tempo è denaro, si vuole quindi disporre di flotte di aerei senza pilota in grado di volare per lungo periodo (non lunga distanza) senza scalo.

Data una quantità fissa di energia "caricata" a bordo, volare per tanto tempo o coprire grandi distanze non è la stessa cosa, nel prossimo paragrafo affronteremo un'analisi teorica di confronto.

A parità di energia, quanto tempo e quanto spazio?

Immaginiamo di "caricare" a bordo una quantità finita di energia E , calcoliamo per quanto tempo possiamo volare.

Per volare a quota costante consumiamo una potenza P , quindi il tempo è:

$$t = \frac{E}{P}$$

Eq. 1 - Tempo di volo

La Potenza necessaria P è data dal prodotto tra la velocità di volo e la componente della forza di trazione parallela alla velocità (in termini matematici è il prodotto scalare tra il vettore velocità e la forza di trazione). In volo orizzontale, possiamo tranquillamente considerare la forza di trazione T uguale e contraria alla forza resistente D_T dell'intero modello, quindi:

$$P = \vec{v} \cdot \vec{D}_T$$

Eq. 2 - Potenza di volo

Ma a che velocità dovrà volare il modello per sostenersi? Dovrà sviluppare una forza di portanza L uguale e contraria alla sua forza peso Q .

(Mi piace essere piuttosto rigoroso con le unità di misura delle grandezze fisiche, quindi le forze si misurano in Newton (N) e non in Kg, per cui la forza peso $Q=m \cdot g$, cioè è la massa in Kg moltiplicata per l'accelerazione di gravità $g=9.81 \text{ m/s}^2$).

$$L = Q = \frac{1}{2} \rho S v^2 C_L$$

$$D = \frac{1}{2} \rho S v^2 C_D$$

Eq. 3 - Forze aerodinamiche agenti sull'ala

Nell'Eq. 3 C_L e C_D sono i coefficienti di portanza e di resistenza dell'ala finita e non del solo profilo, ρ è la densità dell'aria ($\rho=1.225 \text{ Kg/m}^3$ a livello del mare) ed S è la superficie alare. In

questo trattato consideriamo trascurabile la portanza e la resistenza della fusoliera e degli impennaggi.

Trascuro anche il fatto che la portanza L dovrà essere leggermente maggiore della forza peso Q per equilibrare anche la de-portanza del piano di coda¹ che dovrà annullare il momento.

Al solo fine del risultato di confronto che si prefigge questo paragrafo, chiedo all'attento lettore di accettare anche l'assenza della resistenza indotta D_i che generalmente non è trascurabile soprattutto lavorando a C_L elevati in modo da tenere ridotta la velocità, prometto di approfondire il tema nel capitolo seguente. Quindi $D_T = D$.

$$v^2 = \frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot C_L} = \frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S} \cdot \frac{1}{C_L}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C_L}}$$

Eq. 4 - Calcolo di v^2 e di v

Tornando a sostituire nell'Eq. 2 si ha:

$$P = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C_L}} \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_D \cdot \frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S} \cdot \frac{1}{C_L} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C_L}} \cdot m \cdot g \cdot \frac{C_D}{C_L} = \sqrt{\frac{2 \cdot m^3 \cdot g^3}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{C_D}{C_L \cdot \sqrt{C_L}}$$

$$P = \sqrt{\frac{2 \cdot m^3 \cdot g^3}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{C_D}{C_L^{1.5}}$$

Eq. 5 - Potenza di volo

Finalmente il tempo di volo prima di esaurire l'intera energia E :

$$t = \frac{E}{\sqrt{\frac{2 \cdot m^3 \cdot g^3}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{C_D}{C_L^{1.5}}} = E \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot S}{2 \cdot m^3 \cdot g^3}} \cdot \frac{C_L^{1.5}}{C_D}$$

Eq. 6 - Tempo di volo

Per massimizzare il tempo di volo, l'assetto del modello dovrà essere nelle condizioni in cui è massimo il rapporto $\frac{C_L^{1.5}}{C_D}$ generalmente denominato coefficiente di potenza (C_{PWR}), infatti è un po'

parente con l'efficienza aerodinamica $eff = \frac{C_L}{C_D}$, ma solo un po' parente, cioè $C_{PWR} = eff \cdot \sqrt{C_L}$.

¹ Considerando il volo notturno, prevalentemente strumentale, nella progettazione del modello si è enfatizzato l'aspetto di stabilità, quindi il centro di gravità si trova davanti al centro di pressione aerodinamica, richiedendo un piano di coda deportante, a differenza dei modelli per volo libero.

Ma potrebbero coincidere o essere uguali $C_{PWR} = \text{eff}$?

Sì, se progettassimo un profilo ed un'ala col massimo di $C_{PWR} = \text{eff}$ proprio per $C_L = 1$ ed il modello volasse in quel assetto di angolo e velocità. Ci ritorniamo.

L'Eq. 6 dà la risposta a “quanto tempo” di volo prima di esaurire l'energia disponibile E.

Trattiamo ora la domanda “quanto spazio” si percorre in volo prima di esaurire l'energia disponibile E.

Dalla fisica $E = F \cdot x$, dove x rappresenta lo spazio percorso ed F è la forza proiettata nella direzione dello spostamento, nel nostro caso è la forza di trazione che in volo stazionario è uguale (in modulo) alla forza resistente complessiva D_T . Anche in questi calcoli, in modo da confrontare risultati omogenei, come per lo studio precedente, lasciatemi approssimare che la resistenza totale è solo quella dell'ala. (So che è una cosa grave, ci torno in seguito).

$$x = \frac{E}{D}$$

$$x = \frac{E}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_D}$$

$$x = \frac{E}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot \frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S \cdot C_L} \cdot C_D}$$

Eq. 7 - Rappresentazione della distanza x in funzione di E

Abbiamo sostituito al posto di v^2 la sua espressione in funzione della portanza da sviluppare, quindi semplificando si ha:

$$x = \frac{E}{m \cdot g} \cdot \frac{C_L}{C_D}$$

$$x = \frac{E}{m \cdot g} \cdot \text{eff}$$

Eq. 8 - Distanza percorsa in funzione di E

Perfetto, ora confrontiamo l'Eq. 8 con l'Eq. 6 (che riporto in seguito per comodità).

$$t = \frac{E}{\sqrt{\frac{2 \cdot m^3 \cdot g^3}{\rho \cdot S} \cdot \frac{C_D}{C_L^{1.5}}}} = E \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot S}{2 \cdot m^3 \cdot g^3} \cdot \frac{C_L^{1.5}}{C_D}}$$

Eq. 9 - Tempo di volo

Per meglio schematizzare e rendere immediate le differenze riportiamo le considerazioni nella seguente tabella, sempre a parità di energia E e ricordando le approssimazioni adottate:

Volare per coprire lunga distanza	Volare per molto tempo
Massimizzare l'efficienza $ef f = \frac{C_L}{C_D}$	Massimizzare il coefficiente di potenza $C_{PWR} = \frac{C_L^{1.5}}{C_D}$
Non dipende dalle condizioni atmosferiche e dalla quota (non c'è ρ).	Dipende dall'aria, cioè quota, temperatura (c'è la radice quadrata di ρ).
Non dipende dalla superficie delle ali	Dipende dalle ali, è meglio avere una grande superficie alare S
Ovviamente dipende dalla massa che portiamo in volo ma "pesa" con esponente unitario.	Dipende dalla massa e, con esponente 1.5!
Dipende dal pianeta, ma con esponente unitario (g).	Dipende dal pianeta, ma con esponente 1.5. Un buon progettista potrebbe considerare di ridurre la massa della Terra!

Riflessioni: Cosa significa?

Progettare e pilotare un modello che con una quantità fissa di energia E possa volare percorrendo una lunga distanza è molto più semplice che "fargli vincere" la forza di gravità per lungo tempo!

Quindi supponendo di usare lo stesso modello con a bordo la stessa quantità di energia E , vediamo come pilotarlo per massimizzare l'una o l'altra grandezza.

Stesso modello significa aver fissato per i due voli la massa, la superficie dell'ala, la quota di volo ed anche il pianeta.

Per compiere molto spazio, scelgo un assetto di volo che ottimizzi l'efficienza, significa volare ad una velocità maggiore rispetto all'assetto di massimo C_{PWR} , consumerò più potenza, quindi volerò per meno tempo, ma coprirò una distanza maggiore.

Nell'altro caso, il modello volerà per più tempo ma ad una velocità più ridotta e, pur restando in volo più tempo, grazie al ridotto consumo di potenza, coprirà una distanza minore.

In questo trattato accontentiamoci di questa esposizione intuitiva, in quanto i calcoli richiedono complessi strumenti di analisi matematica e risoluzione di equazioni differenziali, altamente noiosi per l'autore ed il lettore.

Da evidenziare anche il fatto che il modello **non volerà nell'assetto di minima resistenza**, ma di minima potenza, ricordiamo che la potenza è il prodotto tra resistenza e velocità.

Quindi se la minima resistenza si ottiene ad una velocità più elevata, la potenza sarà maggiore, come evidenziato nei seguenti grafici relativi ad un modello di 7 Kg progettato per volare molto tempo.

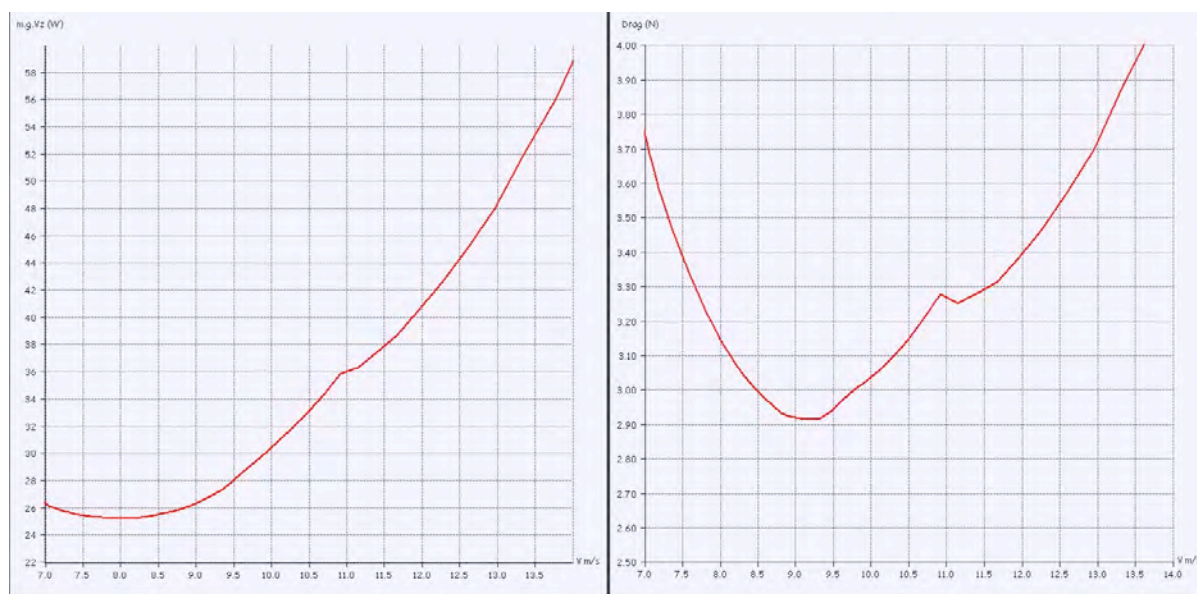


Fig. 1 - Potenza di volo e resistenza totale in funzione della velocità V_{inf} .

Ad esempio dal grafico della Fig. 1, si nota che il minimo valore di resistenza totale vale 2.9 N alla velocità di 9.3 m/s, qui si richiede una potenza di $P=2.9 \times 9.3=26.97$ W.

L'altro grafico ci dice che il minimo di potenza vale 25 W ad una velocità di volo di 8.0 m/s. Per volare a 8.0 m/s dovrò volare ad un assetto più cabrato rispetto a 9.3 m/s per poter avere un maggior C_L in grado di sviluppare la stessa portanza necessaria per sostenere la stessa massa (trascuriamo la forza di deportanza del piano di coda¹). In questo assetto la resistenza è aumentata e vale 3.12 N (ben il 7.6% in più) ma, moltiplicando questi 3.12 N per una velocità minore, otterrò un potenza minore, infatti $P_{min}=3.12 \times 8.0=24.96$ W < 26.9 W!

Con le nozioni fin qui esposte sembrerebbe chiaro che occorre volare a circa 8.0 m/s per avere il minor consumo di potenza. Giunti a questo punto dobbiamo introdurre un **importante concetto relativo alla stabilità del controllo della velocità di volo**, che cerco di spiegare in modo intuitivo.

Se pilotiamo il modello volando ad una velocità per la quale la derivata della resistenza è negativa, come nel caso di 8.0 m/s, il pilota deve continuamente agire sui comandi per stabilizzare e mantenere costante la velocità di volo. Siamo infatti in una regione di instabilità, supponiamo che una perturbazione provochi una leggera riduzione di velocità, passando da 8.0 m/s a 7.5 m/s, a

causa di questa riduzione di v , la resistenza è aumentata, passando da 3.15 N a 3.40 N (Fig. 1), l'aumento della resistenza provocherà a sua volta un'ulteriore riduzione di velocità, generando una reazione positiva che porterà il modello alla continua riduzione la velocità di volo fino ad un ipotetico stallo.

Viceversa se la velocità tende ad aumentare, da 8.0 m/s a 8.5 m/s, la resistenza diminuisce, passando da 3.15 N a 3.0 N e questo contribuirà ad una ulteriore aumento di v , **richiedendo una continua correzione da parte del pilota o del controllore automatico.**

Volando invece ad una velocità maggiore rispetto a quella di minima resistenza, il modello tende a autostabilizzarsi, in quanto se una perturbazione ne aumenta la velocità, la resistenza aumentando anch'essa, tende a "frenare" il modello riducendone la velocità di volo.

Calcolo formale senza approssimazioni

Ringraziando il lettore per avermi permesso di arrivare fin qui senza includere i termini trascurati, ora non posso più scappare, ecco la stessa analisi considerando tutto o quasi.

$$D_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot (C_{D0} + C_D + \frac{1}{\pi \cdot AR} \cdot C_L^2)$$

Eq. 10 - Resistenza totale comprensiva del contributo della fusoliera e della resistenza indotta

Nell'Eq. 10 C_{D0} = resistenza della fusoliera e degli impennaggi; AR = allungamento alare.

$$v^2 = \frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot C_L} = \frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S} \cdot \frac{1}{C_L}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot S} \cdot \frac{1}{C_L}}$$

Eq. 11 - Ho riportato l'Eq. 4.

Ora iniziano una serie di passaggi analitici rigorosi, sostituzioni di variabili e semplificazioni che risparmio, scrivendo le relazioni finali per la lunga distanza ed il lungo tempo di volo.

$$t = \frac{\rho \cdot E \cdot C_L^2 \cdot S}{m \cdot g \cdot \left(\frac{C_L^{1.5}}{C_{PWR}} + C_{D0} + \frac{C_L^2}{\pi \cdot AR} \cdot wl \right) \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot m \cdot g \cdot S \cdot C_L}}$$

Eq. 12 - Tempo di volo senza grosse approssimazioni

$$x = \frac{E \cdot C_L}{m \cdot g \cdot \left(\frac{C_L}{eff} + C_{D0} + \frac{C_L^2}{\pi \cdot AR} \cdot wl \right)}$$

Eq. 13 - Distanza di volo

$$PWR = \frac{m \cdot g \cdot \left(\frac{C_L^{1.5}}{C_{PWR}} + C_{D0} + \frac{C_L^2}{\pi \cdot AR} \cdot wl \right) \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot m \cdot g \cdot S \cdot C_L}}{\rho \cdot C_L^2 \cdot S}$$

Eq. 14 - Potenza necessaria per volo a quota costante.

Riporto anche il valore della potenza necessaria per il volo a quota costante.

Si nota subito che il tutto si complica, ed anche per il volo a lunga distanza, intervengono i parametri del modello.

Non spaventiamoci dalle formule, scritte così dicono poco, possiamo scegliere di proseguire con l'analisi matematica con strumenti di derivazione e integrazione per cercare punti di interesse, oppure con l'aiuto del computer estraiamo dei grafici.

Per prima cosa assegniamo un valore numerico alle variabili:

Simbolo	Descrizione	Valore	Unità di misura
P	Densità dell'aria	1.225	Kg/m ³
M	Massa aeromodello	6.0	Kg
G	Accelerazione di Gravità terrestre	9.81	m/s ²
AR	Allungamento Alare	9.286	
C _{D0}	Coefficiente di resistenza fusoliera, carrello, impennaggi.	0.02	
C _{PWR}	Coefficiente di potenza	28	
Eff	Efficienza aerodinamica	25	
C _D	C _D =C _L ^{1.5} /C _{PWR} nelle formule per massimizzare il tempo		
S	Superficie Alare	1.6	m ²
E	Energia a bordo (300W*h)	1.08	MJ
Wl	Coefficiente di Winglet	0.6	

Fissate queste variabili numeriche rappresentiamo il tempo di volo in funzione del coefficiente di portanza C_L , ed ecco cosa otteniamo:

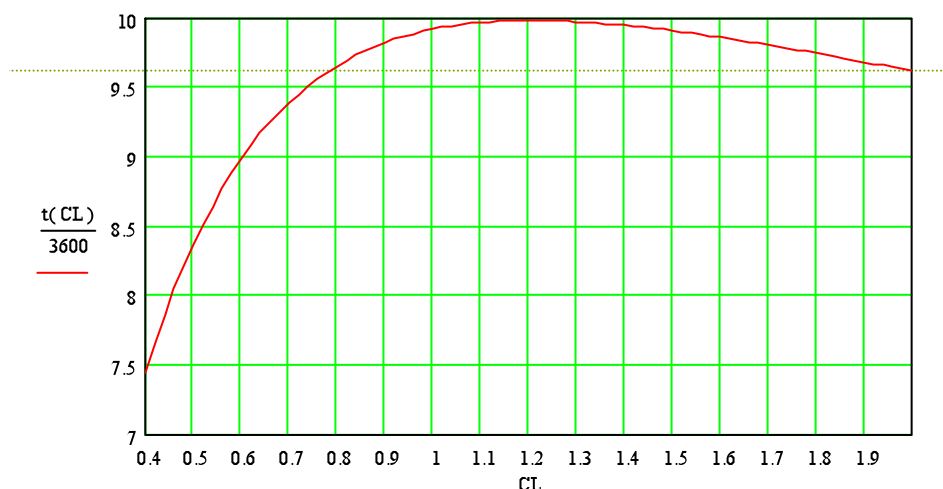


Fig. 2 - Tempo di volo in ore in funzione del C_L

Si nota che esiste un C_L ottimo, in questo esempio di valore $C_L=1.2$.

Occorre quindi disegnare un profilo molto portante e calettare l'ala con angoli piuttosto elevati.

Anche dal ragionamento intuitivo iniziale eravamo giunti al risultato di volare con un C_L elevato in modo da sviluppare la portanza necessaria per sostenere il peso del modello a bassa velocità.

Un profilo molto portante offre anche molta resistenza, però ci permette di volare a bassa velocità, condizione assolutamente necessaria per volare di notte, non a vista ma in modo strumentale via telemetria. Inoltre una bassa velocità mantiene ridotti anche tutte le resistenze aerodinamiche della fusoliera e degli impennaggi.

L'altra scelta potrebbe essere di adottare un profilo poco portante, ma con bassa resistenza, in questo modo la velocità deve necessariamente essere elevata per ottenere la portanza necessaria a sostenere il modello. Ma come si fa a pilotare di notte in volo telemetrico a 70-90 km/h?

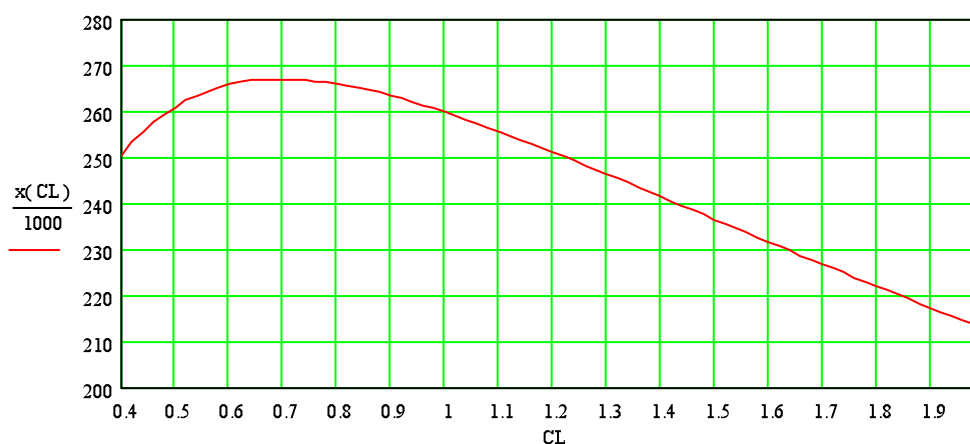


Fig. 3 - Distanza percorsa in volo in Km in funzione del C_L .

In Fig. 3 è riportato il grafico dell'Eq. 13 al variare del C_L e si nota che il massimo di distanza percorsa si ottiene con $C_L=0.7$.

Come precedentemente anticipato, per coprire molta distanza si vola ad una velocità maggiore, rispetto al caso di assetto per volare molto tempo, infatti per sostenere la massa del modello con $C_L=0.7$ occorre volare ad una velocità di $v=9.263$ m/s (33.35 Km/h) (Eq. 4) e si copre una distanza di circa 267 Km, quindi si resta in volo per un periodo di $267/33.35=8.0$ ore.

Nel caso di massimo tempo, cioè con $C_L=1.2$, la velocità è $v=7.075$ m/s (25.47 Km/h), dalla Fig. 2 si ottiene un tempo massimo di circa 10 ore, quindi si percorre una distanza di $25.47*10=254.7$ Km.

In conclusione, per “volare nel tempo”, dato che inevitabilmente il modello ha una certa massa, occorre sostenere tale massa alla velocità minore possibile, in modo da mantenere ridotte le resistenze della fusoliera e degli impennaggi, magari ricorrendo a controlli automatici della velocità relativa all'aria per poter volare anche in punti operativi con la derivata $dD/dv < 0$.

Volando a bassa velocità occorre sviluppare notevole portanza, quindi occorre un buon profilo, ma soprattutto cercare sperimentalmente le wing-let ottime, senza escludere quelle simili alle ali dei falchi, non potendo adottare la soluzione dell'albatros.

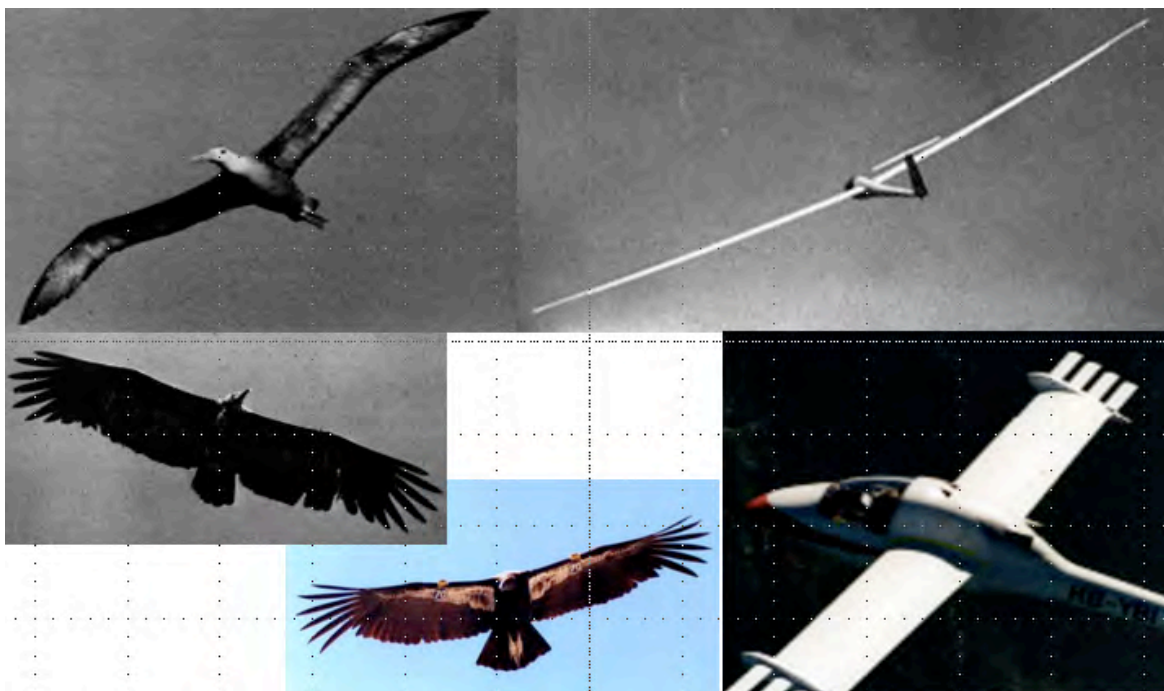


Fig. 4 - Progetti naturali per ridurre la resistenza indotta

Il progetto di volare 24^h non stop

Ecco cosa trapelava tra le righe dei paragrafi precedenti. Il tutto nasce da un'idea dello stimatissimo Dott. Bruno Murari che nel 2004 mi lanciò la proposta di fare un aeromodello a trazione elettrica in grado di volare 24 ore non stop alimentato da batterie ricaricate da celle fotovoltaiche di giorno per garantire l'autonomia notturna.

Di seguito riporto un breve anticipo del progetto in realizzazione.

Dapprima ho iniziato lo studio teorico sopra riportato in parte, ho omesso i calcoli della ricerca ottima (su basi matematiche) della massa delle batterie rispetto alle prestazioni di volo ed alla densità di energia (Wh/Kg) delle diverse famiglie di batterie.

Dalle considerazioni precedenti si deduce che la massa del modello deve essere sostenuta a bassa velocità, quindi occorre avere un profilo molto portante e calettato al giusto angolo.

Ho disegnato il seguente profilo alare, partendo da un RG15 e modificandone principalmente il Camber per aumentarne la portanza.

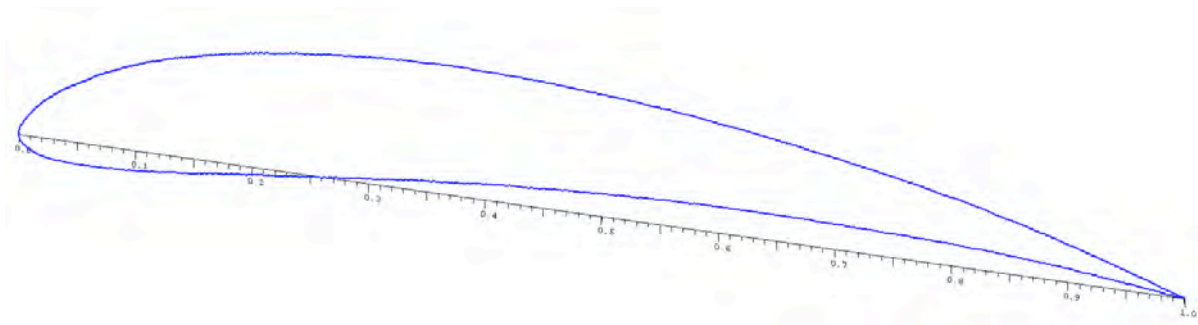


Fig. 5 - Profilo alare sviluppato

Il profilo è qui riportato con un angolo di incidenza della corda di $+8^\circ$, ed in effetti con un po' di immaginazione, considerando il flusso dell'aria incidente con un angolo nullo rispetto all'orizzontale, il primo terzo della linea mediana, investe l'aria con angolo quasi nullo per poi "forzare" la lamina di fluido a seguirne la propria curvatura, "scaraventando" la massa d'aria incidente verso il basso, ottenendo per la circolazione di Newton una notevole portanza.

Dalle considerazioni sull'energia "catturabile" dalle celle fotovoltaiche ne ho dedotto la superficie necessaria, pari a 1.55 m^2 , da cui la progettazione di un aeromodello con pari superficie alare.



Fig. 6 - Aeromodello AP07 senza celle PV sulle ali

In Fig. 6 e Fig. 7 è riportato il modello realizzato grazie all'enorme esperienza e perfezione di Angelo Montagna che nuovamente ringrazio. Ecco perché nelle formule precedenti ho considerato un ridotto allungamento alare ($AR=9$), non potevo rastremare seguendo le ottime regole degli alianti, in quanto devo ben ottenere i 160dm^2 necessari per raccogliere la luce del sole!

Ovviamente ho rimediato per quanto possibile con delle imponenti wing-let prototipali, sostituibili con diverse forme fino alla ricerca del ridotto consumo di potenza, monitorabile in volo dalla telemetria. Rivedendo i filmati di volo è impressionante notare quanto si flettono all'interno le 2 wing-let in depron, a causa della differenza di pressione tra l'intradosso e l'estradosso dell'ala, soprattutto alle basse velocità quando si vola con elevato C_L ed angolo d'attacco.



Fig. 7 - AP07 con Wing Let in atterraggio durante le prove di volo nella ricerca dei parametri ottimi.

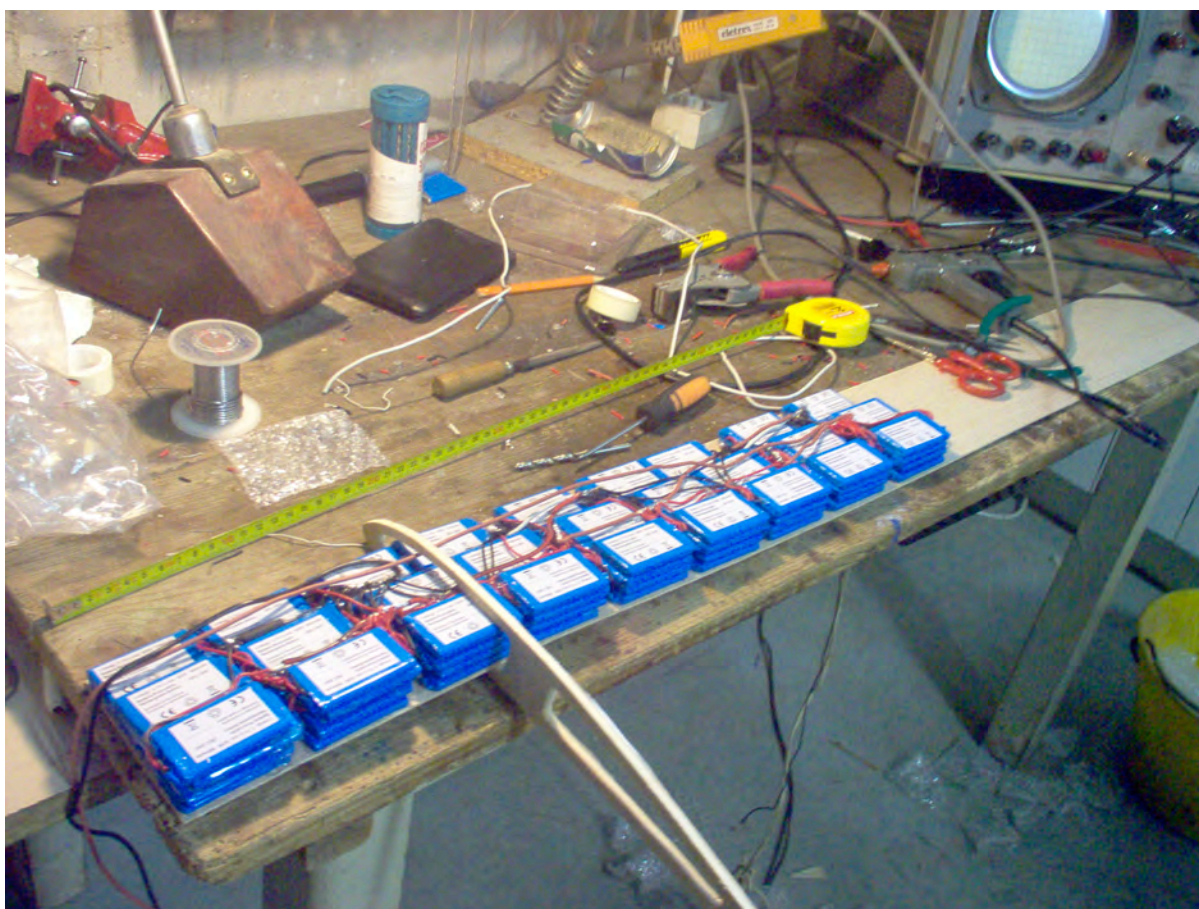


Fig. 8 - Assemblaggio batterie Li-Ion 3s27p (81 in tutto) per essere ospitate all'interno dell'ala.

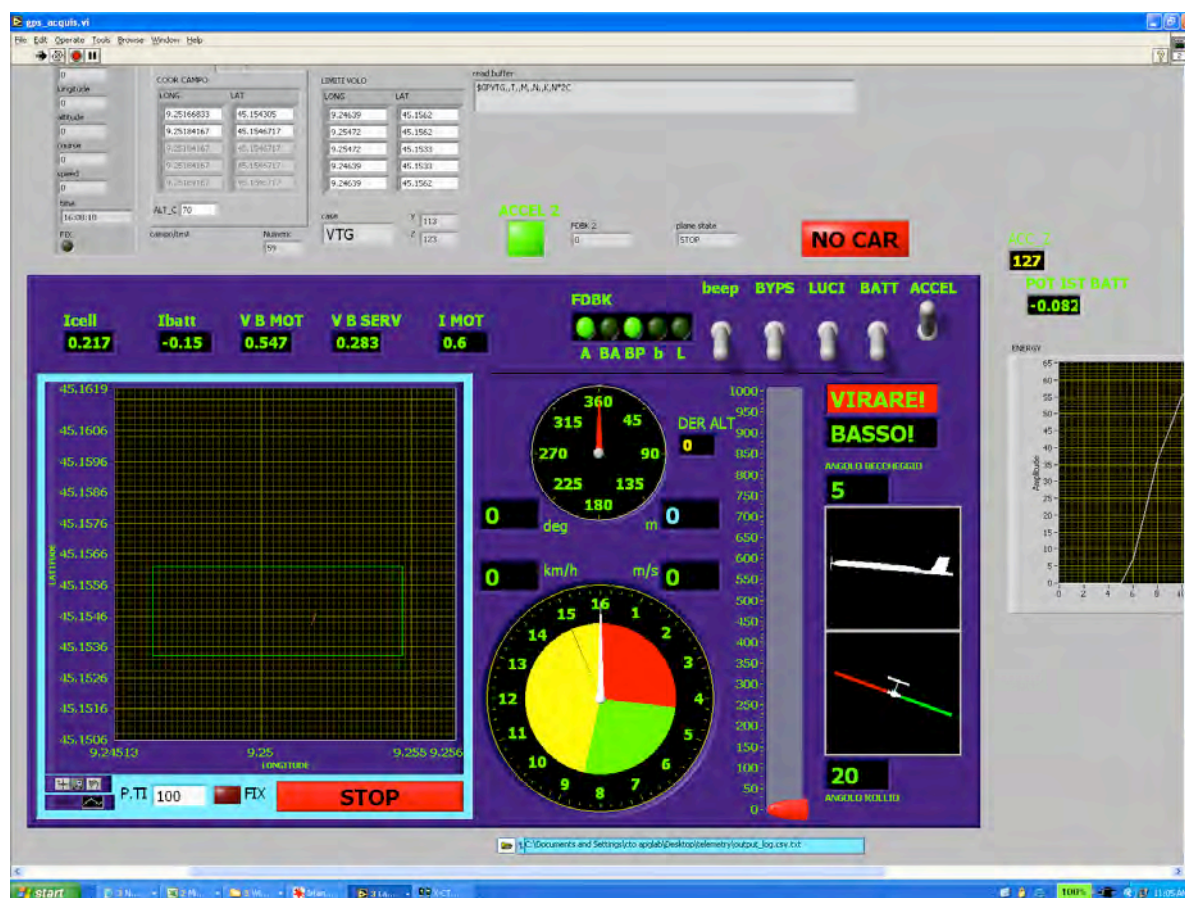


Fig. 9 - Schermata della telemetria interamente Progettata e Realizzata da zero secondo le esigenze del progetto in termini di consumo, precisione e sensoristica.

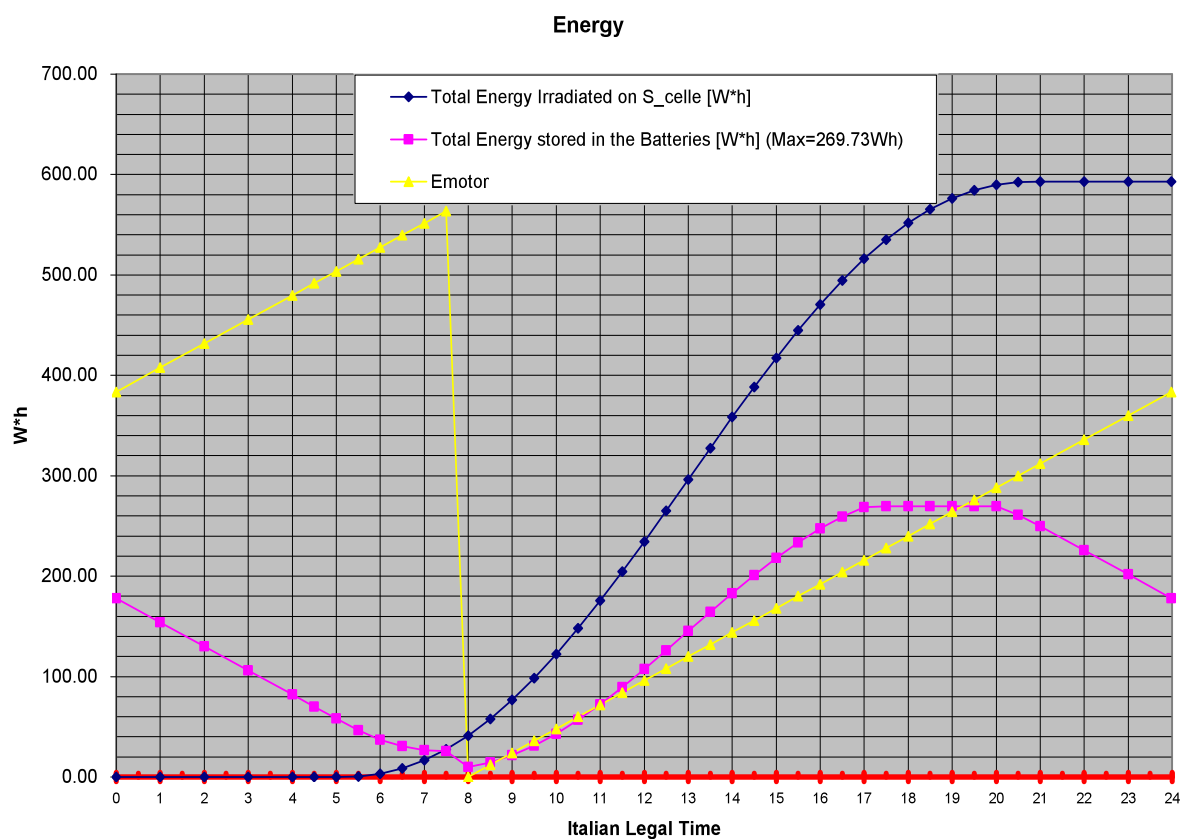


Fig. 10 - Grafico orario del bilancio energetico per volo a quota costante

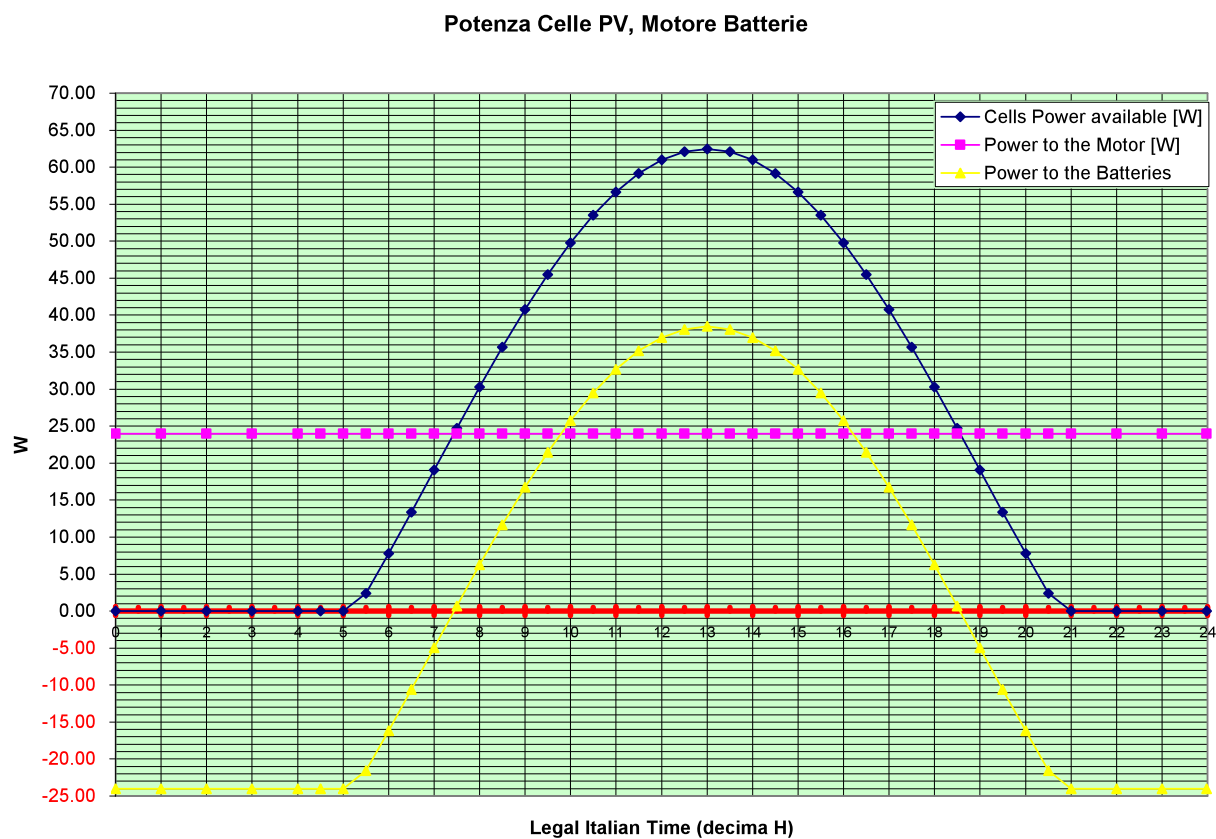


Fig. 11 - Bilancio della potenza.

La telemetria è stata interamente progettata e realizzata dal sottoscritto, con l'aiuto dell'Ing. Daniele Ronchi per la realizzazione dell'interfaccia grafica su PC.

In pratica si misurano i dati relativi allo stato di carica delle batterie motore, rappresentando in tempo reale, la tensione, il bilancio di corrente entrante/uscente, la corrente fotogenerata, la corrente istantanea consumata dal motore, nonché lo stato di carica della batteria della ricevente e dei servi.

Mediante un ricevitore GPS a bordo, si conosce istantaneamente, la posizione geografica, la quota e la velocità relativa al suolo, parametri necessari per il volo strumentale di notte.

Mediante un accelerometro tri-assiale si ottiene l'angolo di beccheggio e rollio, inoltre elaborando la componente Z dell'accelerazione, si può anticipare l'entrata in termica mediante una segnalazione acustica.

La telemetria è bidirezionale, è quindi possibile inviare comandi al modello, quali il travaso di energia dalle batterie-motore alle batterie-servi, l'accensione/spegnimento di LED e/o cicalini acustici.

E' stato implementato anche un particolare circuito di by-pass per escludere lo shunt di lettura della corrente del motore in fase di decollo, per evitare sovradimensionamenti e perdite di risoluzione dei circuiti di sensing.

Durante la stesura del presente articolo, mi sono addentrato in un interessante studio teorico che può relazionare matematicamente l'assetto di massima efficienza con l'assetto di minima potenza mediante gli strumenti di analisi matematica delle formule riportate, ma accorgendomi di aver già scritto una dozzina di pagine, ho deciso di rimandare ad un futuro trattato.

Per quanto riguarda l'implementazione del sogno di Murari, continueremo a lavorarci con impegno e soprattutto tanto tanto tempo per le prove pratiche alla ricerca meticolosa dell'ultimo milliAmpere risparmiato nel pilotaggio del motore. In tutto questo, la telemetria sviluppata sta contribuendo moltissimo al mio sogno di un aeromodellismo scientifico basato su precise misure in tempo reale dei parametri di volo del modello, per poter essere confrontati con le pagine di formule teoriche studiate.

Sarebbe ottimo poter proporre un tema di tesi universitaria a qualche volonteroso studente che confrontando i parametri teorici di progetto con quelli misurati potesse sviluppare i corretti parametri correttivi per un preciso modello matematico.



Programma delle azioni future

1. Aumentare la frequenza di campionamento degli accelerometri della telemetria per rendere più “fluida” la visualizzazione dell’assetto.
2. Implementare un sensore di velocità relativo all’aria ed un sistema di controllo automatico della velocità.
3. Implementare un giroscopio in grado di asservire il pilota nelle virate. Si è stabilito di gestire la prova con tre piloti che si alternano ogni mezz’ora, però volare a bassa velocità, occorre un notevole allenamento a compiere tutte le virate senza perdere quota e quindi energia. E’ un po’ come uno sciatore durante una prova di slalom, per vincere tutti i paletti devono essere superati in modo perfetto.
4. Ricerca e prove sperimentali del miglior sistema motore-riduttore-elica.
5. Prove sperimentali dell’angolo di calettamento ala.
6. Prove sperimentali di diversi prototipi di wing-let.
7. Allenamento, allenamento, allenamento

Grazie alla telemetria che permette di conoscere in tempo reale il consumo istantaneo e quello medio espresso in Wh/s, si riescono ad ottenere risultati scientificamente validi per i punti 4-5-6.

Per concludere riprendo il sottotitolo:

“Il vero obiettivo di questa avventura è imparare la teoria e la pratica, di una disciplina hobbistica che raggruppa: l’intuizione, il divertimento, la meccanica, la matematica, l’aerodinamica, l’elettronica, la segatura di legno, l’informatica, l’amicizia, lo stare all’aria aperta, il distruggere, lo stare in un buio garage a costruire ed a riparare.

Un punto di partenza per portare un po’ di scienza tra i giovani?”

Grazie per la lettura.