

PIUMA EVOLUZIONE PREVISIONE DELLE CARATTERISTICHE DIVOLO

Il Piuma Evoluzione può essere dotato di elica a pale pieghevoli in volo in modo da ridurre la resistenza in volo voleggiato

Profilo alare

Poiché non era nelle intenzioni del progettista creare una macchina "da competizione", ma un ultraleggero sicuro e facile da pilotare, si è adottato un profilo un po' "vecchiotto", un piano convesso facile da costruire. Un moderno profilo laminare avrebbe consentito un'efficienza superiore, a scapito di maggiori difficoltà realizzative e, probabilmente, di uno stallo più critico. Stante la scarsa criticità dei profili spessi piano convessi, si è ritenuto di modificare il profilo Rhode St. Genese 36, portandolo dal 16% al 15% di spessore, ed alzando il punto di naso dall'originale 25% al 30% (come il Clark Y), al fine di diminuire sia la Resistenza che il Momento, sia pure a scapito di una leggera diminuzione del C_p max.



Coefficiente di Resistenza dell'intero velivolo

Per arrivare a conoscere le caratteristiche del nostro motolante, è necessario calcolare le resistenze delle varie parti costituenti il velivolo rapportandole alla superficie dell'ala. La determinazione di queste resistenze non è facile, in quanto intervengono molti elementi non esattamente quantificabili. Utilizzeremo pertanto alcuni dati approssimativi sui vari C_r che ricaveremo da:

- Diagramma del coefficiente di resistenza del cilindro circolare in funzione del N. RE.
- Diagramma del C_r per corpi fusiformi
- Tabelle e riferimenti su riviste EAA
- Riferimenti sull'ottimo libro di Stelio Frati "L'aliante"
- Coefficienti di resistenza dei profili

Vi proponiamo direttamente i risultati indicativi ottenuti, ed il risultato del CRA, Coefficiente di Resistenza Aggiuntiva; nell'effettuazione dei calcoli è stata trascurata sia la portanza

degli elementi considerati, sia la variazione della resistenza al variare dell'incidenza, che è usualmente di piccola entità agli angoli di attacco utilizzati per il volo.

Fusoliera: può ritenersi, con larga approssimazione, un corpo fusiforme, essendo lunga circa 3 metri ed alta 1,2. Il Coefficiente Aggiuntivo riferito all'ala è $100CRF = 0,44$

Timoni: il profilo utilizzato è il NACA 64010, la superficie totale dei piani è di m^2 2,4. Il Coefficiente Aggiuntivo è $100CRT = 0,11$

Carrello principale: costituito da due bracci profilati a goccia con forma trapezoidale. $100CRT = 0,02$

Ruote carenate: possiamo anche qui riferirci al caso dei corpi fusiformi, con le dovute correzioni che tengono conto di una parte di ruota sporgente, degli attacchi e delle interferenze dei freni. Si ottiene $100CRR = 0,99$

Teste motore sporgenti: anche se l'approssimazione è notevole, stimiamo che le teste sporgenti siano 2 cilindri di diametro 120 mm e lunghezza (sporgenza nell'aria) di 90 mm $100CRM = 0,20$

Elica: dalle tabelle EAA si rileva un $Cr = 0,40$. Nel nostro caso $100CRE = 0,30$

Montanti alari: la sezione profilata a goccia ha la corda di 82 mm e lo spessore di 34. $100CRM = 0,10$

Tubi di scarico: la sezione che presenta una significativa resistenza all'avanzamento è quella relativa a due tubi di 40 mm di diametro, lunghi 250 mm e posti in verticale. $100CRS = 0,23$

Il Coefficiente di resistenza Addizionale è dato dalla somma di tutti questi CR: $CRA = 1,50$ (con elica ripiegata o sotto motore il CRA si riduce della resistenza dell'elica e diventa $CRA = 1,50 - 0,30 = 1,20$)

Calcolo di efficienza, velocità e tasso di caduta

I dati sono riassunti nella Tabella 1: come si può osservare il tasso di caduta minimo $Vy = 0,9$ m/s, con elica estesa, si avrà ad una velocità di 63 km/h con un angolo di incidenza alare di 12° rispetto al vento relativo. Questo minimo non si ottiene alla velocità di migliore efficienza (69 km/h), ma ad una velocità inferiore, cioè a quella velocità che rende minimo il rapporto velocità/efficienza. Questi valori, anche se calcolati in modo esatto, sono comunque di modesta utilità nella pratica, in quanto la migliore velocità da tenere in termica sarà di 70/75 km/h, velocità che consente, oltre ad una migliore autorità sui comandi, un buon margine di velocità dallo stallo, con una penalizzazione insignificante del tasso di discesa. Vediamo dalla tabella che ad una velocità anche leggermente superiore (80 km/h) il tasso di caduta è ancora accettabile (circa 1,2 m/s), consentendo di sfruttare anche deboli ascendenze con efficienza di circa 18. Il Disegno 35 riporta la polare dell'ala e del velivolo completo.

Ipotesi di caduta in candela Velocità limite

I risultati qui riportati e le considerazioni conseguenti hanno un valore puramente teorico, in quanto il Piuma Evoluzione non è stato progettato per resistere alle sollecitazioni proprie di alianti o motoalianti certificati, ma possono comunque servire di riferimento per i calcoli e le verifiche, e per meglio comprendere il progetto complessivo. La Velocità

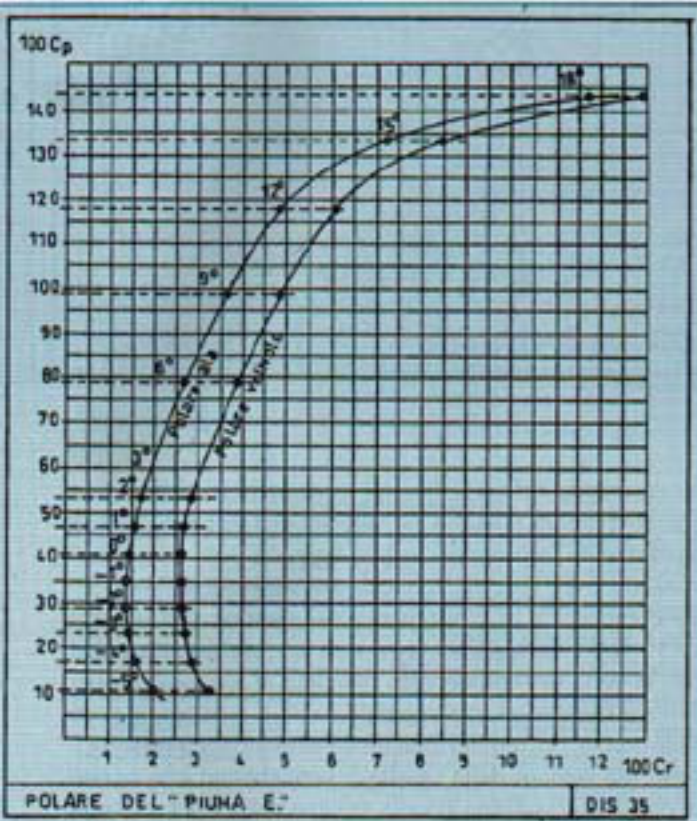
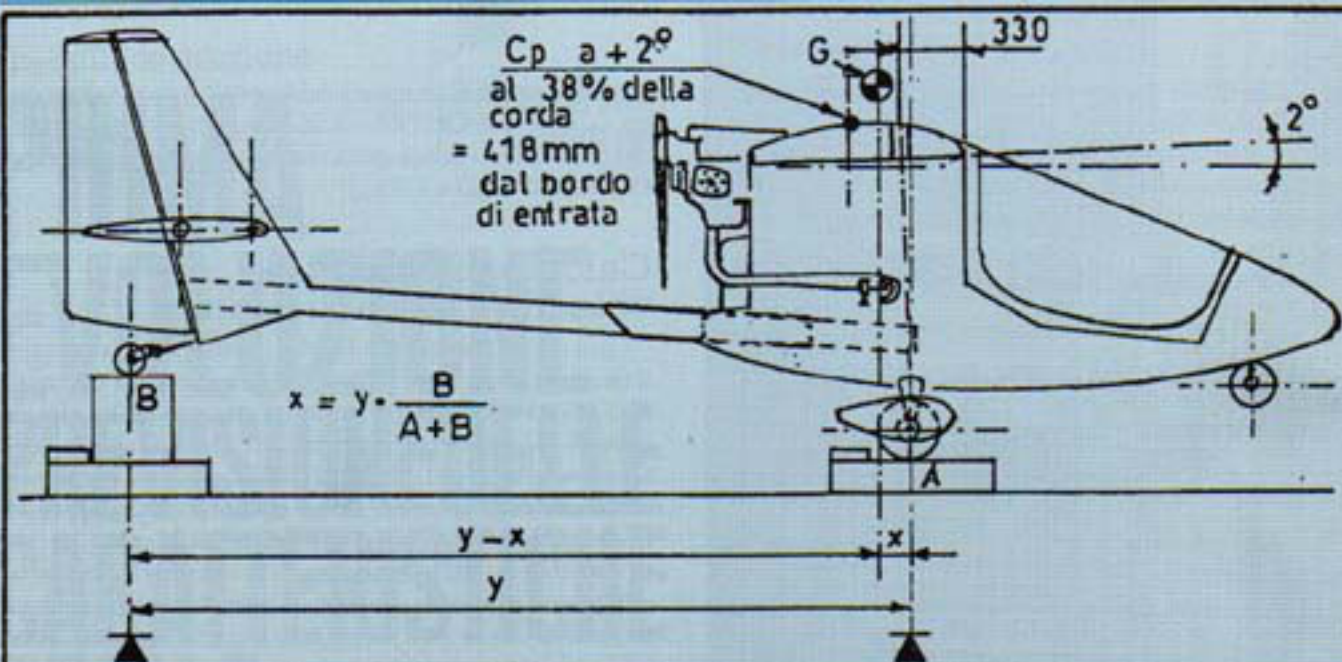


Tabella 1

α°	100CR ala	100CR addiz.	100CR TOTALE	100CR senza elica	100CP	Vx m/sec	Vx Km/h	Efficienza		Vy m/sec	Efficienza con elica rip		Vy m/sec
								R (Kg)			R		
-5	2,05	1,50	3,55	3,25	11	57,4	207	77	3,1	18,5	71	3,4	16,9
-4	1,58	1,50	3,08	2,78	17	46,1	166	43	5,5	8,4	39	6,1	7,6
-3	1,49	1,50	2,99	2,69	23	39,7	143	31	7,7	5,2	28	8,6	4,6
-2	1,46	1,50	2,96	2,66	29	35,3	127	24	9,8	3,6	21,6	10,9	3,2
-1	1,41	1,50	2,91	2,61	35	32,2	116	20	12	2,7	17,9	13,4	2,4
0	1,43	1,50	2,93	2,63	41	29,7	107	17	14	2,1	15,3	15,6	1,9
1	1,62	1,50	3,12	3,82	47	27,8	100	16	15,1	1,8	14,5	16,7	1,7
2	1,78	1,50	3,28	2,98	53	26,1	94	15	16,2	1,6	13,4	17,8	1,5
3	1,96	1,50	3,46	3,16	60	24,6	89	14	17,3	1,4	12,7	19	1,3
6	2,70	1,50	4,20	3,90	79	21,4	77	12,7	18,8	1,1	11,8	20,2	1,1
9	3,68	1,50	5,18	4,88	99	19,1	69	12,5	19,1	1	11,8	20,3	0,9
12	4,83	1,50	6,33	6,03	118	17,5	63	12,8	18,6	0,9	12,2	19,6	0,9
15	7,22	1,50	8,77	8,47	133	16,5	59	15,8	15,2	1,1	15,3	15,7	1,1
18	11,72	1,50	13,22	12,92	143	15,9	57	22	10,8	1,5	21,5	11,1	1,4



BARICENTRO "G" = 335 ± 50mm DAL BORDO DI ENTRATA

DIS 37

Limite in Candela Vc risulta pari a 89.7 m/s = 323 km/h, ma è chiaro che ben prima di questa velocità si avrebbe la distruzione del velivolo, non progettato per resistere alle sollecitazioni di queste condizioni limite. Nella ipotesi di caduta in candela con i direttori tutti fuori la velocità raggiungibile in linea teorica è di 74,1 m/s = 266 km/h, ancora di gran lunga superiore a quella ammissibile per il nostro ultraleggero. Per far rientrare le velocità in limiti accettabili sarebbe stato necessario aumentare di molto la superficie dei direttori, ma l'operazione avrebbe provocato un notevole appesantimento delle strutture destinate a resistere all'effetto frenante degli stessi, e sarebbe stato necessario il ricalcolo delle rimanenti strutture resistenti, con ulteriore aggravio di peso. I direttori serviranno quindi per aumentare il rateo di discesa in caso di necessità (ad esempio entrata in nube), in atterraggio su campi corti o in atterraggio di emergenza.

VNE Velocità da non superare

Il lato negativo della classe di profili scelta è rappresentato da un Momento Torcente alquanto elevato, cosa che comporta la necessità di limitare la velocità massima entro limiti ben definiti, al fine di non sottoporre il cassone antitorsione a sforzi superiori a quelli previsti dal progetto. Il Momento Massimo di Torsione ammissibile (al limite elastico) che l'ala costruita con il rivestimento del cassone a 45° è in grado di sopportare è pari a Kgm 100. Dalla Tabella 2 vediamo che il limite di 100 kgm viene raggiunto ad una velocità di circa 200 km/h. Sconsigliamo di raggiungere questa velocità limite, sia per la possibilità che il compensato utilizzato non sia perfetto, sia perché eventuali piccoli ingobbamenti potrebbero far diminuire molto questo valore. Non ultima ragione la possibilità del flutter, che aumenta con l'aumentare della velocità, anche se per evitarlo sono stati previsti

dei contrappesi che equilibrano le masse degli alettoni (ma non dei piani di quota). Una velocità di 140 km/h, pari ad un Momento Torcente di circa 65 Kgm, del 35% inferiore al massimo, è da ritenersi il limite da non superare per l'utilizzo del compensato di rivestimento del cassone con la vena a 45°. Nel caso qualcuno pensasse di costruire il cassone con la vena del compensato parallela al longherone, per limitare l'angolo di torsione dell'ala ai 4° massimi previsti dalle norme, dovremmo limitare il Momento Torcente a 35,5 Kgm. Ma sempre dalla tabella 2 verificiamo che questo valore viene raggiunto già alla minima velocità di sostentamento. Appare quindi evidente che non è ammissibile la costruzione del cassone antitorsione con le fibre del compensato parallele al longherone, bensì con fibre a 45° come indicato nei disegni e nel manuale di costruzione.

Baricentro - Posizionamento ed escursione possibile

Ci limitiamo a richiamare alcuni concetti fondamentali: il CG (Centro di Gravità o baricentro) di un corpo è il punto di applicazione della risultante di tutte le forze, dovute alla gravità, agenti sulle masse che costituiscono il corpo medesimo. Il CPA (Centro di Pressione dell'Ala) è il punto di applicazione della sommatoria di tutte le forze, dovute alla portanza dell'ala, che sostengono l'aereo in volo. In quasi tutti i profili (esclusi i biconvessi simmetrici) questo punto si sposta lungo la corda alare, a secondo dell'incidenza dell'ala rispetto al vento relativo (e quindi a secondo della velocità dell'aereo, essendo questi due elementi legati da una relazione fissa, almeno in condizioni di quota e pressione costanti). Il CG dovrà sempre trovarsi davanti al CPA, in modo da generare un momento picchiante (dato dal valore della portanza alare moltiplicato per il braccio di leva

TABELLA DEL MOMENTO TORCENTE A LLE VARIE VELOCITA

α	U Km/h	U mt/sec	100 CP	x / l	Cm	MT Kgm
-5	207	57,4	11	0,90	0,10	104
-4	166	46,1	17	0,70	0,12	80
-3	143	39,7	23	0,58	0,13	64
-2	127	35,3	29	0,52	0,15	59
-1	116	32,2	35	0,47	0,16	52
0	107	29,7	41	0,44	0,18	50
1	100	27,1	47	0,41	0,19	46
2	94	26,1	53	0,39	0,21	45
3	89	24,6	60	0,37	0,22	42
6	77	21,4	79	0,34	0,27	39
9	69	19,1	99	0,31	0,31	36
12	63	17,5	118	0,30	0,36	35
15	59	16,5	133	0,30	0,40	34
18	57	15,9	143	0,31	0,44	35

Tabella 2

tra CPA e CG), che sarà equilibrato dal momento cabrante dovuto alla deportanza dei piani di quota. Tuttavia, se il CG risultasse troppo avanti rispetto al CPA, le caratteristiche di volo sarebbero degradate, essendo necessaria una esagerata deportanza per equilibrare il momento picchiante. Questa deportanza, sommandosi al peso dell'aereo, costringerebbe l'ala a generare molta più portanza del necessario e quindi a lavorare con un angolo di attacco maggiore rispetto a quello proprio di un corretto posizionamento del CG; si verificherebbero alcuni effetti negativi: un aumento di resistenza dell'ala con conseguente maggior potenza richiesta al motore, un maggior consumo di carburante ed una minore efficienza globale del velivolo. Ma soprattutto (specie per gli ultraleggeri che spesso volano a bassa velocità), l'aumento dell'angolo di incidenza ridurrebbe il margine con l'angolo di incidenza critico che porta allo stallo. In queste condizioni una raffica proveniente dal basso potrebbe portare l'incidenza oltre l'angolo critico, provocando uno stallo immediato, oppure rendere problematica la richiamata a bassa velocità in atterraggio. Quindi un CG arretrato, vicino al CPA, consente un'ottima manovrabilità, la possibilità di volare con angoli di attacco inferiori ed una buona sicurezza in caso di raffiche. Ma è anche vero che se CG e CPA fossero troppo vicini, ogni piccola variazione di assetto, dovuta ai moti naturali dell'aria, provocherebbe ripetute oscillazioni intorno all'asse del beccheggio, costringendo il pilota a continue correzioni. Inoltre uno stallo accidentale in queste condizioni indurrebbe facilmente all'entrata in vite, con maggiori difficoltà di rimessa rispetto ad un centraggio corretto. Nel caso del Piuma Evoluzione poniamo la deportanza del piano di quota variabile tra l'1 ed il 4% del peso dell'aereo in ordine di volo (240 kg) cioè variabile tra 2,4 e 9,6 kg. Poiché il braccio di leva (distanza tra il CP del piano di quota ed il CPA dell'ala) è pari a metri 3,3, il Momento

generato dal piano potrà variare tra 8 e 32 Kgm. Dividendo questi valori per il peso dell'aereo avremo l'escursione ammissibile del CG rispetto al CPA:

Posizione posteriore: $8/240 = 0,033$ metri


Posizione anteriore: $32/240 = 0,133$ metri

Quindi il CG dovrà essere posizionato tra 33 mm e 133 mm davanti al CPA. Dalle caratteristiche del profilo alare leggiamo che, all'incidenza di progetto (+2°), il CPA si colloca a circa il 38% della corda alare, e cioè a 418 mm dal bordo di attacco. Conseguentemente il CG dovrà trovarsi tra 385 mm e 285 mm (cioè $335 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$) dal bordo di attacco medesimo.

Stabilita la posizione ideale del baricentro, non ci resta che verificarla con l'aereo in ordine di volo, pilota a bordo e 2/3 di carburante, ponendo l'ala a +2° di incidenza. Per la determinazione del CG si può utilizzare il metodo dei momenti, disponendo di una bilancia pesa persone e di due spessori di

altezza pari alla bilancia. Si pongono alternativamente la bilancia ed i due spessori sotto le ruote principali e sotto il ruotino posteriore (oppure sotto l'anteriore se il CG si trovasse davanti alle ruote principali), leggendo i pesi segnati. La somma dei valori letti sulle due ruote principali corrisponde al valore A, mentre il peso in corrispondenza della ruota posteriore corrisponde al valore B. Nel nostro caso il valore $y = \text{mm } 3620$ corrisponde alla distanza fra il ruotino posteriore e le ruote principali, dalla seguente relazione troviamo:

$$A \cdot x = B \cdot (3620 - x) \text{ da cui } x = 3620 \cdot B / (A + B)$$

Il valore di x trovato è la distanza del CG dalla linea verticale tracciata attraverso il punto passante per il contatto del terreno con le ruote principali. Il disegno 37 illustra chiaramente i concetti e le formule esposte. Questo metodo di validità generale non è comunque indispensabile nel nostro caso. Dato il particolare posizionamento del carrello esiste infatti una posizione di equilibrio con il ruotino anteriore a 80 mm da terra, che coincide con il baricentro a 335 mm dal bordo di attacco. Eseguendo dei semplici calcoli si è verificato che se la posizione di equilibrio viene raggiunta per una distanza del ruotino da terra compresa tra 20 e 140 mm, il baricentro resta entro i limiti minimo e massimo stabiliti. Basterà dunque verificare il punto di equilibrio per determinare con esattezza il CG. Il fatto di aver costruito il carrello in questa posizione un po' anomala offre notevoli vantaggi: il principale consiste nell'aver gli attacchi direttamente sull'ordinata principale senza alcun bisogno di rinwi o rinforzi; è inoltre inutile un ruotino sterzabile anteriore, potendo ottenere lo stesso risultato con il posteriore collegato alla pedaliera (cloche alla pancia ed un filo di gas, aiutati anche dal timone di direzione, reso più efficace dal flusso dell'elica). 

Per informazioni: Tiziano Danieli, via dei Tamburini 14 - 36015 Schio (VI) www.schio.it/piuma