

VALUTAZIONE DEI PESI

Allo scopo di calcolare i pesi caratteristici del velivolo determiniamo:

- W_{PL} , peso del carico pagante (passeggeri con bagaglio)
- W_{crew} , peso dell'equipaggio (pilota ed assistenti di volo, con relativo bagaglio)
- M_{ff} , rapporto tra peso all'atterraggio e peso al decollo
- W_{tfo} , peso dei lubrificanti non consumabili

i quali ci permetteranno di calcolare :

- W_{TO} (MTOW), peso al decollo (Maximum Take-off Operating Weight)
- W_E , peso a vuoto
- W_F , peso del carburante
- OEW, Operative Empty Weight, dato dalla somma di W_E , W_{tfo} e W_{crew}

CARICO PAGANTE

Viene riportata in tabella la situazione relativa al carico pagante, compatibilmente alle specifiche dichiarate (in particolare trasporto long-range)

N° di passeggeri	Peso medio passeggero (lbs)	Peso medio bagaglio (lbs)
350	175	40

Tab .1

Otteniamo $W_{PL} = 75250$ lbs, pari a 34133 Kg.

EQUIPAGGIO

Viene riportata in tabella la situazione relativa ai pesi caratteristici della categoria equipaggio

equipaggio	quantità	Peso medio (lbs)	Bagaglio (lbs)
piloti	2	175	40
assistenti	12	175	40

Tab .2

Otteniamo $W_{crew} = 1435 \text{ lbs}$, pari a 651 Kg.

CARBURANTE

Assegniamo le prestazioni base, valutate prevalentemente con criteri statistici, del velivolo in particolari fasi del volo

FASE DI VOLO	Consumo specifico (lb/lb h)	Efficienza aerodinamica
crociera	0.500	14
attesa	0.400	16
Atterraggio in aeroporto altern.	0.500	14

Tab .3

Fatto ciò, possiamo procedere alla valutazione del peso del carburante con il *fuel fraction method* con il quale valutiamo le frazioni di peso al decollo raggiunte al termine di ogni fase del profilo di missione.

1. Accensione e riscaldamento (Warm Up)

Il valore della frazione è valutato statisticamente (categoria trasporto a getto) ed è pari a $\frac{W_1}{W_{TO}} = 0.990$.

2. Rullaggio al suolo (Taxi)

La valutazione statistica porta a definire $\frac{W_2}{W_1} = 0.990$.

3. Decollo (Take-off)

La valutazione statistica porta a definire $\frac{W_3}{W_2} = 0.995$.

4. Salita (Climb)

Non disponendo di preferenze per il rateo di salita in decollo, applichiamo anche qui un criterio statistico per cui $\frac{W_4}{W_3} = 0.980$.

5. Crociera (Cruise)

Applichiamo la formula di Breguet dell'autonomia di percorso per un velivolo a getto

$$R = \left(\frac{V L}{c_j D} \right)_{cr} \ln \left(\frac{W_4}{W_5} \right)$$

Questa, con i parametri presenti nelle specifiche ed in Tab. .3, risolta per il rapporto dei pesi considerati, argomento del logaritmo, fornisce $\frac{W_5}{W_4} = 0.669$.

6. Attesa (Loiter)

Applichiamo la formula di Breguet dell'autonomia oraria

$$T_{lt} = \left(\frac{1 L}{c_j D} \right)_{lt} \ln \left(\frac{W_5}{W_6} \right)$$

Questa, con i parametri presenti nelle specifiche ed in Tab. .3, risolta per il rapporto dei pesi considerati, argomento del logaritmo, fornisce $\frac{W_6}{W_5} = 0.981$.

7. Discesa (Descent)

La valutazione statistica porta a definire $\frac{W_7}{W_6} = 0.990$.

8. Atterraggio in aeroporto alternato (Alternate)

Considerate ancora le specifiche e le caratteristiche di Tab. .3, inseriamo nella formula di Breguet per l'autonomia di distanza i dati necessari (per la distanza consideriamo 100nm, come da specifica) e risolviamo all'inverso per ottenere

$$\frac{W_8}{W_{7 \text{ alt}}} = 0.984.$$

9. Atterraggio (Landing)

La valutazione statistica porta a definire $\frac{W_8}{W_7} = 0.992$.

Effettuando il prodotto di tutte le frazioni di peso, otteniamo il fattore

$M_{ff} = \frac{W_8}{W_{TO}} = 0.606$ che fornisce la frazione di peso al decollo pari al carburante

utilizzato $W_{Fused} = W_{TO}(1 - M_{ff}) = 0.394W_{TO}$

Non è stato necessario determinare la percentuale in peso del carburante destinato a riserva poiché di esso ne è già stato tenuto in conto nelle fasi di attesa ed atterraggio in aeroporto alternato (rispettivamente ai punti 6 e 8).

LUBRIFICANTI NON CONSUMABILI

Poiché il numero di passeggeri è di gran lunga superiore a 120 unità (quindi il peso al decollo sarà superiore a 100000 lbs), possiamo affermare su base statistica che $W_{tfo} = M_{tfo} W_{TO}$ con $M_{tfo} = 0.005$.

STIMA FINALE DEI PESI

Date le formule empiriche di regressione del peso a vuoto e del peso al decollo, risolviamo il sistema

$$\begin{cases} W_E = CW_{TO} - D \\ \log_{10} W_{TO} = A + B \log_{10} W_E \end{cases} .1$$

con

$$C = [1 - (1 - M_{ff}) - M_{tfo}]$$

$$D = W_{PL} + W_{crew}$$

ed i rimanenti coefficienti, determinati statisticamente per categoria

$$A = 0.0833$$

$$B = 1.0383$$

ed otteniamo

- MTOW = 788055 lbs , pari a 357456 Kg
- $W_E = 397029$ lbs, pari a 180089 Kg

- $W_F = 310401$ lbs, pari a 140796 Kg (pari al MIFW, Maximum Internal Fuel Weight per aver considerato le riserve inglobate in esso)
- $W_{\text{tfo}} = 3940$ lbs, pari a 1787 Kg
- $W_{\text{PL}} = 75250$ lbs, pari a 34133 Kg

ANALISI DI SENSITIVITA'

Vengono riportati alcuni fattori di crescita relativi ai pesi caratteristici del velivolo.

$\frac{OEW}{MTOW}$	$\frac{MIFV}{MTOW}$	$\frac{PL}{MTOW}$	$\frac{\partial MTOW}{\partial PL}$	$\frac{PL}{OEW}$	$\frac{MIFV}{PL}$	$\frac{\partial MTOW}{\partial EW}$	M_{ff}
0.511	0.394	0.095	8.629	0.187	4.125	2.061	0.606

Tab .4

Da questi parametri abbiamo un'indicazione di quale possa essere la variazione, in particolare, del peso massimo al decollo, in funzione di una variazione unitaria di carico pagante (quindi passeggeri) o di peso a vuoto (quindi di masse strutturali o altro).

In fig. .1 vengono riportati i risultati, a sinistra, un istogramma che riassume i pesi considerati e calcolati a seguito della trattazione, nonché, in alto a destra, la distribuzione percentuale sull'MTOW. In basso a destra sono riportate le due rette di regressione di cui al sistema .1, da cui, nell'intersezione, troviamo W_E e MTOW.

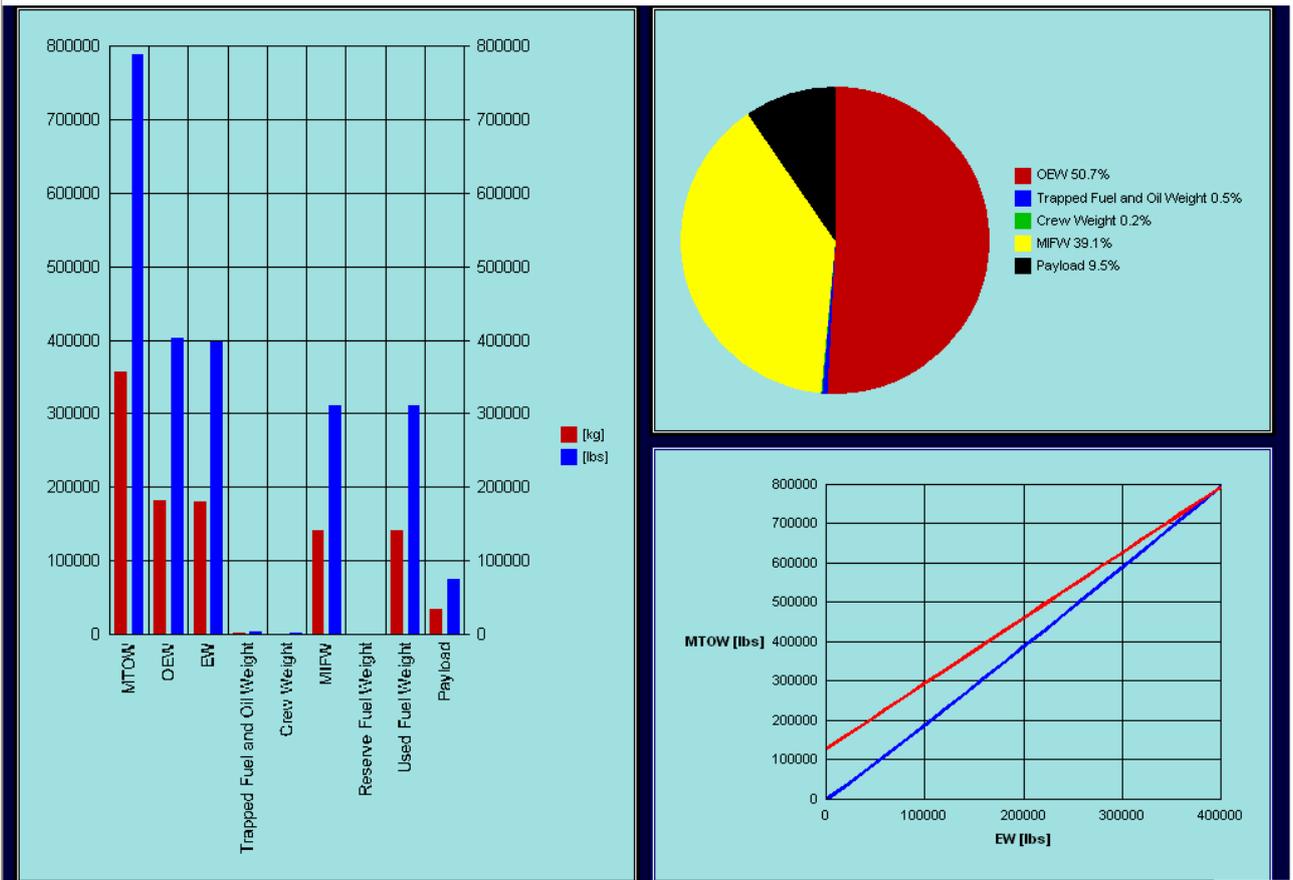


fig. .1