# Esercitazione 8

La condizione più gravosa che deve sostenere il carrello è sicuramente in fase di atterraggio, dove deve essere in grado di assorbire tutta l'energia cinetica relativa alla componente verticale della velocità del velivolo all'istante del contatto con il terreno e la variazione di energia potenziale.
Dalla conservazione dell'energia abbiamo

(8.1) $$\frac{1}{2}mv_z^2 + mg\delta = \int_0^\delta Ld\delta + \int_0^\delta Rd\delta$$

dove δ è la coordinata dello spostamento del pistone e R la reazione scambiata tra l'ammortizzatore e il terreno. In volo la portanza L è naturalmente uguale al peso Q del velivolo, mentre una volta toccata terra, come da norme, la portanza si riduce ad un valore definito per lo schiacciamento massimo, indicato con Δ, pari a un terzo del peso del velivolo. Possiamo quindi scrivere

(8.2) $$\int_0^\Delta Ld\delta = \frac{1}{2}\left(Q + \frac{Q}{3}\right)\Delta = \frac{2}{3}mg\Delta$$

Introduciamo ora il rendimento dell'ammortizzatore

(8.3) $$\eta = \frac{Rd\delta}{R_{\max}\Delta}$$

Sostituendo il tutto nell'equazione di bilancio possiamo scrivere quindi che

(8.4) $$\frac{1}{2}mv_z^2 + mg\delta = \frac{2}{3}mg\Delta + \eta R_{\max}\Delta$$

La condizione che ci manca per risolvere il bilancio è data dalla limitazione strutturale che è rappresentata dal fattore di contingenza, definito come

(8.5) $$n_{\max} = \left(\frac{L+R}{Q}\right)_{\max} \Rightarrow R_{\max} = (n-1)mg$$

da cui possiamo ricavare $R_{max}$ = 784800 N
Considerando un rendimento η = 0,89 possiamo quindi ricavarci dalla (8.4) lo schiacciamento massimo Δ = 0,223284 m. Osserviamo che noi abbiamo sostituito L = mg nell'equazione (8.5) anche se non sappiamo il valore reale di L. Così facendo tuttavia ci siamo posti dalla parte della sicurezza.

- **Dimensionamento dell'ammortizzatore**

Ipotizziamo che la compressione del gas sia una trasformazione adiabatica e scriviamo l'equazione prendendo come riferimento gli istanti iniziale e finale:

(8.6) $$\frac{P_{\min}}{P_{\max}} = \left(\frac{V_{\min}}{V_{\max}}\right)^\gamma$$

con

(8.7)
$$V_{\min} = V_{\max} - A_s \Delta$$
$$A = 1,96 A_s$$

dove A è l'area del martinetto e $A_s$ è l'area dello stelo.
Indicando con $P_1$ la pressione che agisce su A e con $P_2$ la pressione agente su $A_2$ definita come l'area utile soprastante, ovvero A - $A_s$, abbiamo

(8.8)
$$R = P_1 A - P_2 \left( A - A_s \right)$$

In condizioni statiche $P_1 = P_2$ , osserviamo che quando R = $R_{max}$ abbiamo $P_1 = P_2 = P_{max}$.
Dobbiamo quindi ipotizzare delle pressioni minime e massime di esercizio dell'ammortizzatore.
Scegliamo quindi

(8.9)
$$P_{\max} = 75000000 Pa$$
$$P_{\min} = 25000000 Pa$$

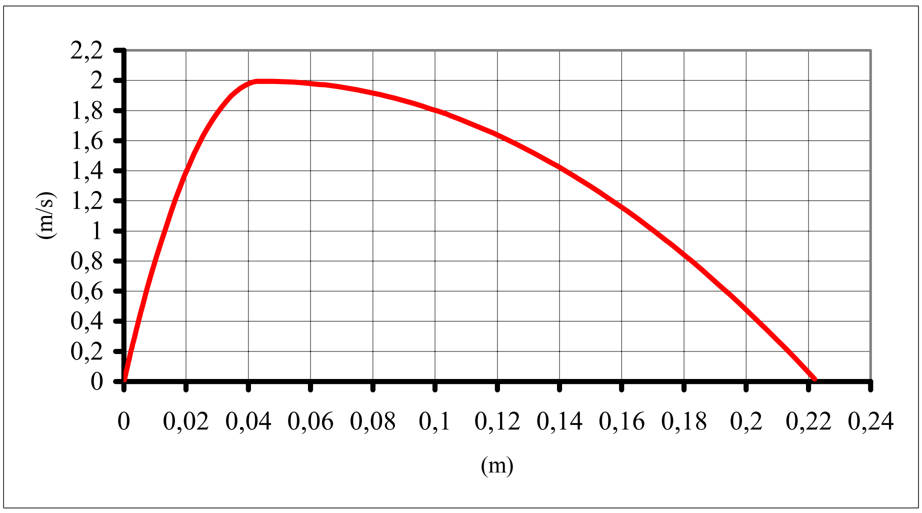
il che significa che la pressione non potrà superare gli 80 Mpa (scelta di $P_{max}$) e che la sospensione è già in pressione (scelta di $P_{min}$).
Da quanto detto possiamo scrivere che

(8.10)
$$R_{\max} = P_{\max} A - P_{\max} \left( A - A_s \right) = P_{\max} A_s$$

Da cui ricaviamo che $A_s$ = 0,010464 $m^2$ e di conseguenza $D_s$ = 0,115455 m. Dato il rapporto che avevamo stimato in partenza è immediato ricavare che A = 0,020509 $m^2$ con D = 0,161637 m.
Dal punto di vista dinamico considerando un rapporto politropico $\gamma$ = 1,3 possiamo ricavare dalla (8.6) e dalla (8.7) i volumi massimo e minimo del gas, ottenendo $V_{max}$ = 0,004096 $m^3$ e $V_{min}$ = 0,001759 $m^3$.

- **Dimensionamento dell'orifizio**

La prima cosa da fare è trovare l'andamento della velocità dello stelo in funzione dello spostamento. Si suppone un andamento parabolico, con due parabole che si incontrano nel punto di massima altezza. Disegnandolo graficamente otteniamo



Ora si deve determinare l'andamento della R sullo stelo ed essa dovrà avere valore simile a quello ricavato precedentemente in prima approssimazione, con un errore sulla valutazione di $R_{max}$ del 10 - 15%. Scriviamo quindi

(8.11)
$$\begin{cases} R(\delta) = P_1 A - P_2 (A - A_s) \\ P_2 = P_1 - \Delta P \end{cases}$$

da cui ricaviamo

(8.12)
$$R(\delta) = P_1 A_s + \Delta P (A - A_s)$$

Utilizzando l'equazione dell'adiabatica possiamo scrivere

(8.13)
$$\begin{cases} \dfrac{P_1}{P_{\min}} = \left( \dfrac{V_1}{V_{\min}} \right)^{\gamma} \\ V_1 = V_{\max} - A_s \delta \end{cases}$$

Da cui ricaviamo che

(8.14)
$$P_1(\delta) = P_{\min} \left( \frac{V_{\max}}{V_{\max} - A_s \delta} \right)^{\gamma}$$

Scriviamo inoltre le perdite di carico dovute all'orifizio come

(8.15)
$$\Delta P = \frac{1}{2} \lambda \rho v^2$$

e l'equazione di conservazione della massa

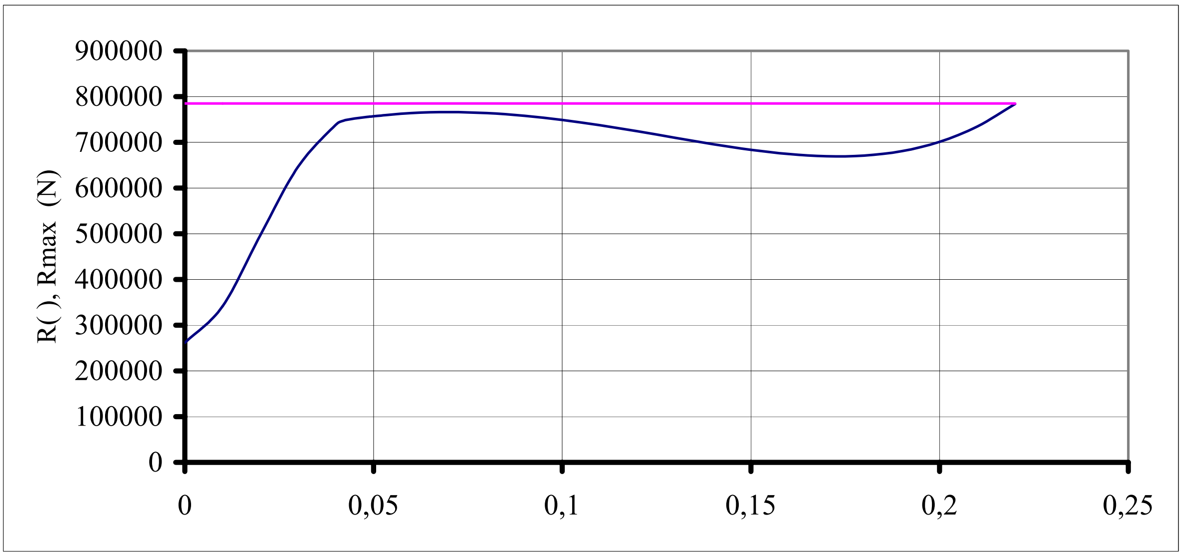
(8.16)
$$(A - A_s) \frac{d\delta}{dt} = v A_{orifizio}$$

Adesso possiamo scrivere la funzione R(δ) sostituendo quanto ricavato in precedenza, ovvero

(8.17)
$$R(\delta) = P_{\min} \left( \frac{V_{\max}}{V_{\max} - A_s \delta} \right)^{\gamma} A_s + \frac{1}{2} \lambda \rho \left( \frac{(A - A_s)}{A_{orifizio}} \frac{d\delta}{dt} \right)^2 (A - A_s)$$

A questo punto occorre fare delle ipotesi per i valori di $A_{orifizio}$ e per il rapporto L/d dal quale, attraverso il grafico fornito dall'esercizio, si ricava il valore di λ.

Scegliendo i valori di L/d = 1,6 otteniamo $\lambda$ = 1,6 e imponendo $A_{orifizio}$ = 0,00007854 $m^2$ troviamo $D_{orifizio}$ = 0,01 m. Sostituendo della (8.17) possiamo rappresentare il tutto graficamente ottenendo




Calcoliamo numericamente le aree sottese ai grafici di R(δ) e $R_{max}$ ottenendo un valore pari a

(8.18)
$$\int_0^{\Delta} R d\delta = 147354$$
$$\eta R_{max} \Delta = 153802$$

Dal confronto dei valori otteniamo che l'errore che abbiamo commesso è pari a 4,38% che è del tutto accettabile.