

PROGETTO DELLA FUSOLIERA

(Parte II)

Layout della fusoliera di un business jet



La cabina di un business jet è dimensionata in modo da garantire un alto standard di comfort. Essi sono progettati per un numero di occupanti potenziali maggiore dei posti effettivamente installati. Utenti/operatori possono rinunciare ad un certo numero di posti in cambio di spazio aggiuntivo, seggiolini più comodi, tavoli ed altre amenità. Tipicamente la scaletta è integrata nella struttura del portello principale di accesso.

Lo spaccato di un business jet

Part III

Chapter 8

Page 414

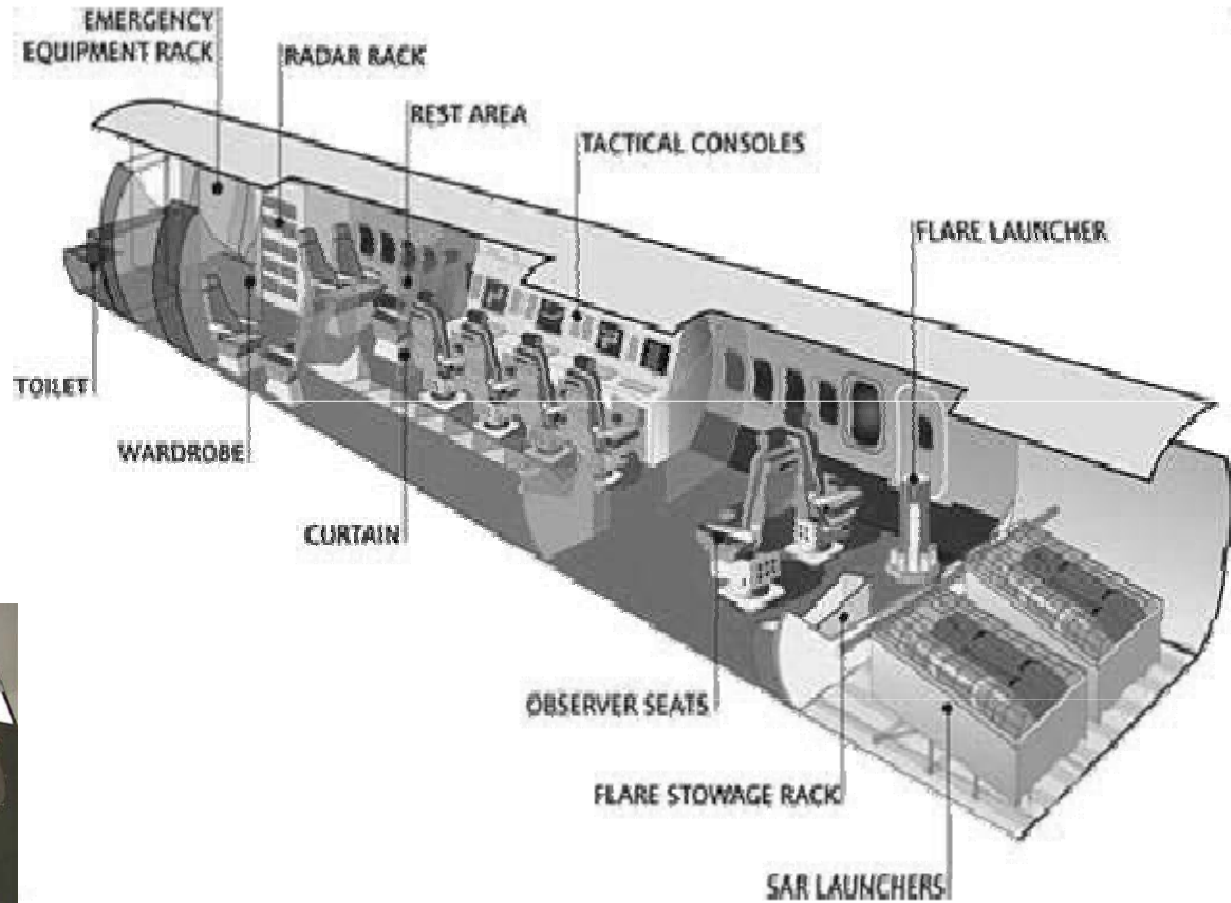


Fonte Roskam

Figure 8.15 Gates Learjet 28

Il cono di coda di un business jet, per ragioni aerodinamiche, tende ad essere molto snello e quindi inadatto ad ospitare passeggeri o aree di riposo. Inoltre, lo spazio del cono di coda è in gran parte occupato dalla struttura e dai vari sistemi che supportano e connettono i motori (motori montati in fusoliera sono molto comuni nei business jet). La coda è inoltre la parte più rumorosa della fusoliera.

Layout di fusoliera di un velivolo da ricognizione/sorveglianza



Layout di fusoliera di un velivolo da ricognizione/sorveglianza



Per definizione: nell'aviazione militare, velivolo usato per il monitoraggio dell'attività nemica, che generalmente non porta armamenti.

Nell'aviazione civile, velivolo usato per mappature, monitoraggio del traffico, rilievi scientifici e geologici. Inoltre, velivoli civili sono usati in molti paesi per il controllo dei confini, controllo della pesca, prevenzione del contrabbando e della immigrazione illegale.

Una missione di sorveglianza richiede un continuo pattugliamento di una data area, mentre una missione di ricognizione è più spesso associata ad un rapido attraversamento di un'area nemica.

Strumenti radar e varie console devono essere facilmente installati e sbarcati dal velivolo. Aree di riposo e zone di briefing sono spesso richieste a seconda del tipo e della lunghezza della missione.

I velivoli da ricognizione/sorveglianza sono spesso derivazioni e modifiche di velivoli passeggeri.

Layout di fusoliera di alcuni UAV

Sistema multisensore di sorveglianza

Diametro della torretta: 18 in
(45.7 cm)

Peso della torretta: 130 lbs
(59 kg)



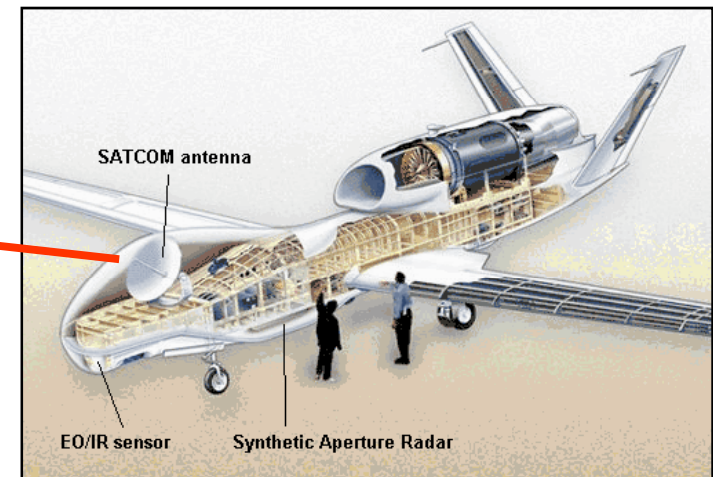
Antenna Satcom

Lunghezza: 54.6 in (1.39 m)

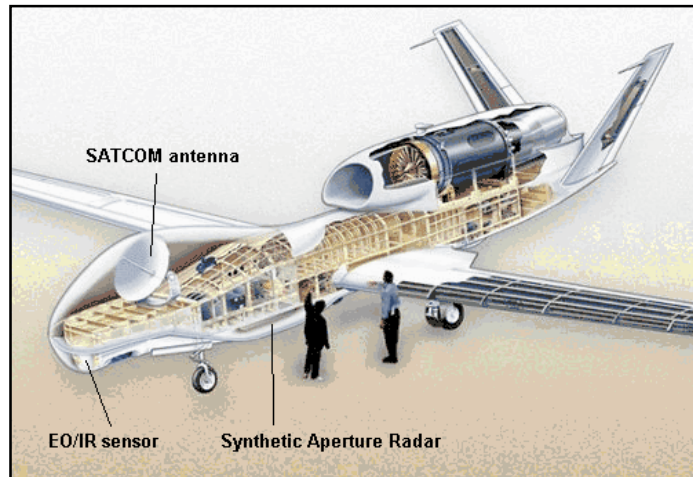
Larghezza: 48.8 in (1.24 m)

Altezza: 48.8 in (1.24 m)

Peso: 46 lbs (21 kg)



Layout di fusoliera di alcuni UAV



Nel caso di velivoli UAV non c'è un pilota intorno a cui costruire un cockpit. In questo caso sensori e antenne possono guidare il progetto della fusoliera, particolarmente della zona di prua dove il livello di "visibilità" è massimo.

L'integrazione di questi componenti può anche richiedere un disegno particolare tale da consentire un facile accesso per la sostituzione e/o la manutenzione.

Il posizionamento dei componenti è spesso guidato dai requisiti di raffreddamento e da problemi di sensibilità alle vibrazioni (una distanza minima dai motori deve essere rispettata) e dalla necessità di un'appropriata distribuzione dei pesi attorno al baricentro.

La scelta dei sistemi da portare a bordo dipende ovviamente dalla specifica missione.

La conoscenza delle dimensioni e del peso di questi sistemi diventa tanto importante quanto la conoscenza del peso e dei dati antropometrici dei passeggeri nel disegno delle fusoliere dei velivoli convenzionali.

Lo spaccato di un velivolo dell'aviazione generale

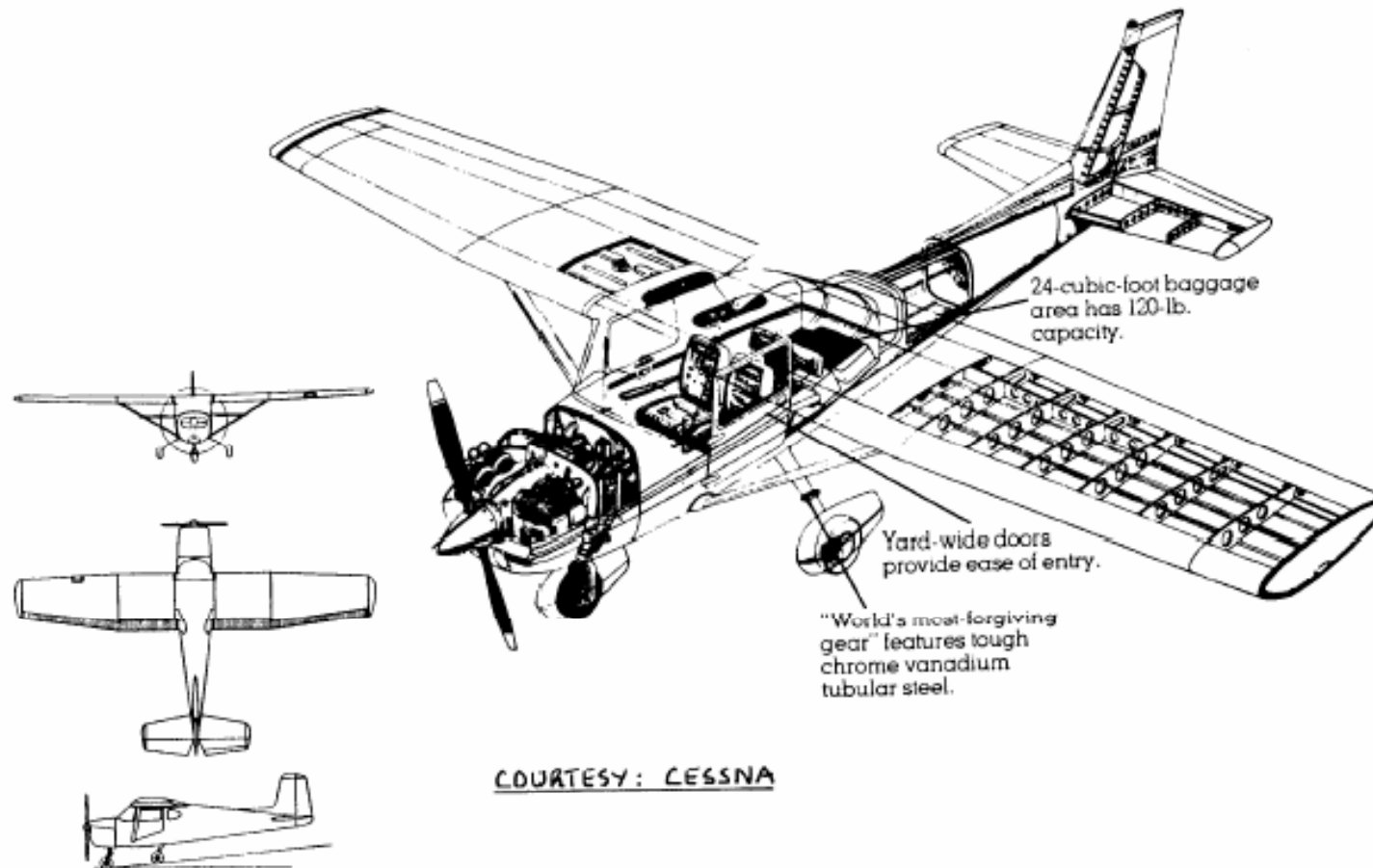


Figure 8.4 Cessna 150

Fonte Roskam

Lo spaccato di un velivolo dell'aviazione generale

La prua del velivolo in questo caso è determinata dalle dimensioni del motore. A questo stadio del progetto non si hanno le informazioni per la scelta/dimensionamento del motore, quindi bisogna affidarsi a dati ricavati da velivoli di riferimento allo scopo di assicurare uno spazio sufficiente.

Più avanti nel processo della progettazione si potrà rifinire iterativamente il dimensionamento della fusoliera.

La cabina del velivolo è disegnata in funzione dello spazio richiesto dal pilota (o dai piloti) e dagli eventuali passeggeri, più lo spazio per eventuali bagagli. La forma e la lunghezza della coda della fusoliera è principalmente determinata da ragioni aerodinamiche (allo scopo di creare un corpo snello) e di dalla necessità di fornire un braccio adeguato agli impennaggi orizzontale e verticale.

Nel caso del velivolo nella slide, l'ala è montata sul tetto della cabina e supportata da montanti. La presenza del motore in questo caso non lascia spazio sufficiente per un carrello di prua retrattile.

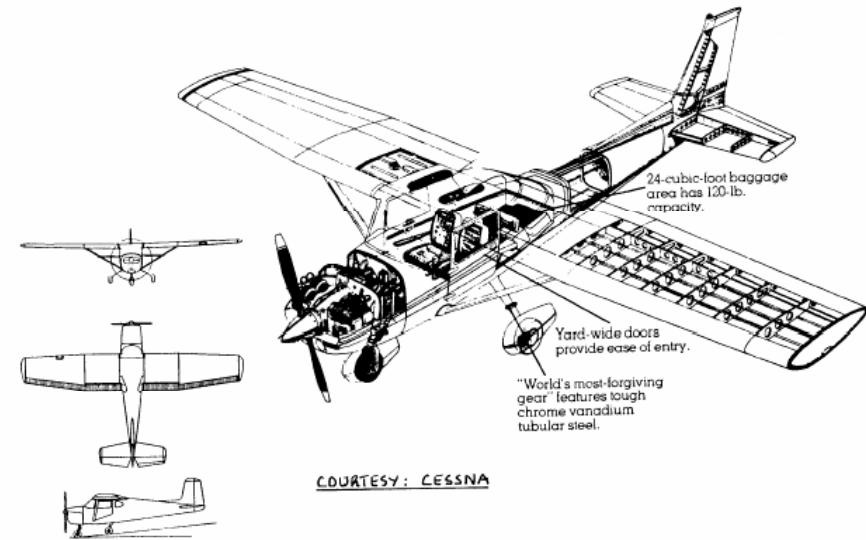
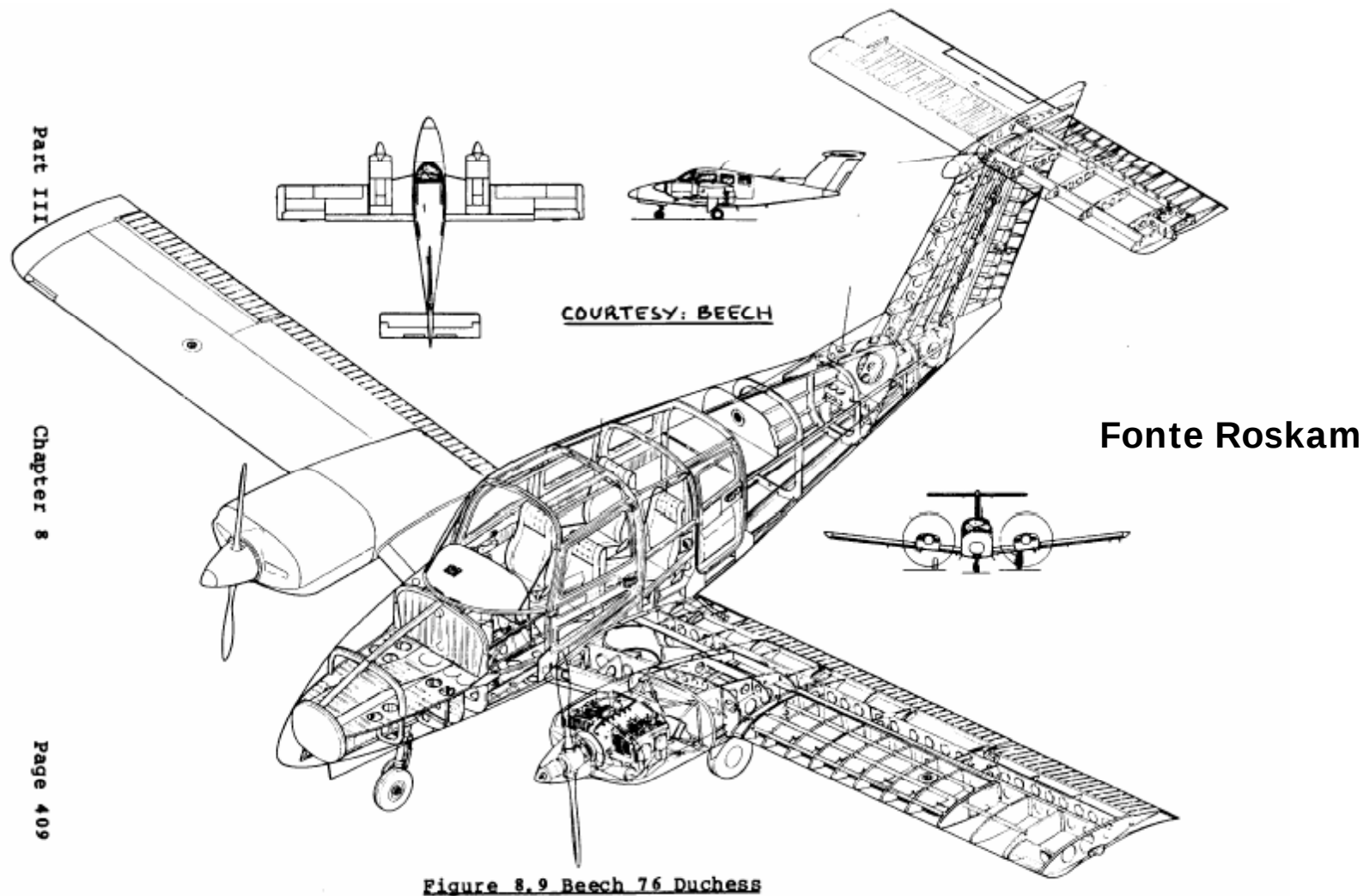


Figure 8.4 Cessna 150

Lo spaccato di un velivolo dell'aviazione generale



I motori sull'ala lasciano spazio nella prua del velivolo per il carrello. I piloti sono in effetti seduti sulla struttura attraversante dell'ala.

Lo spaccato di un velivolo a getto da addestramento militare

DOUGLAS TA4F
COURTESY: DOUGLAS

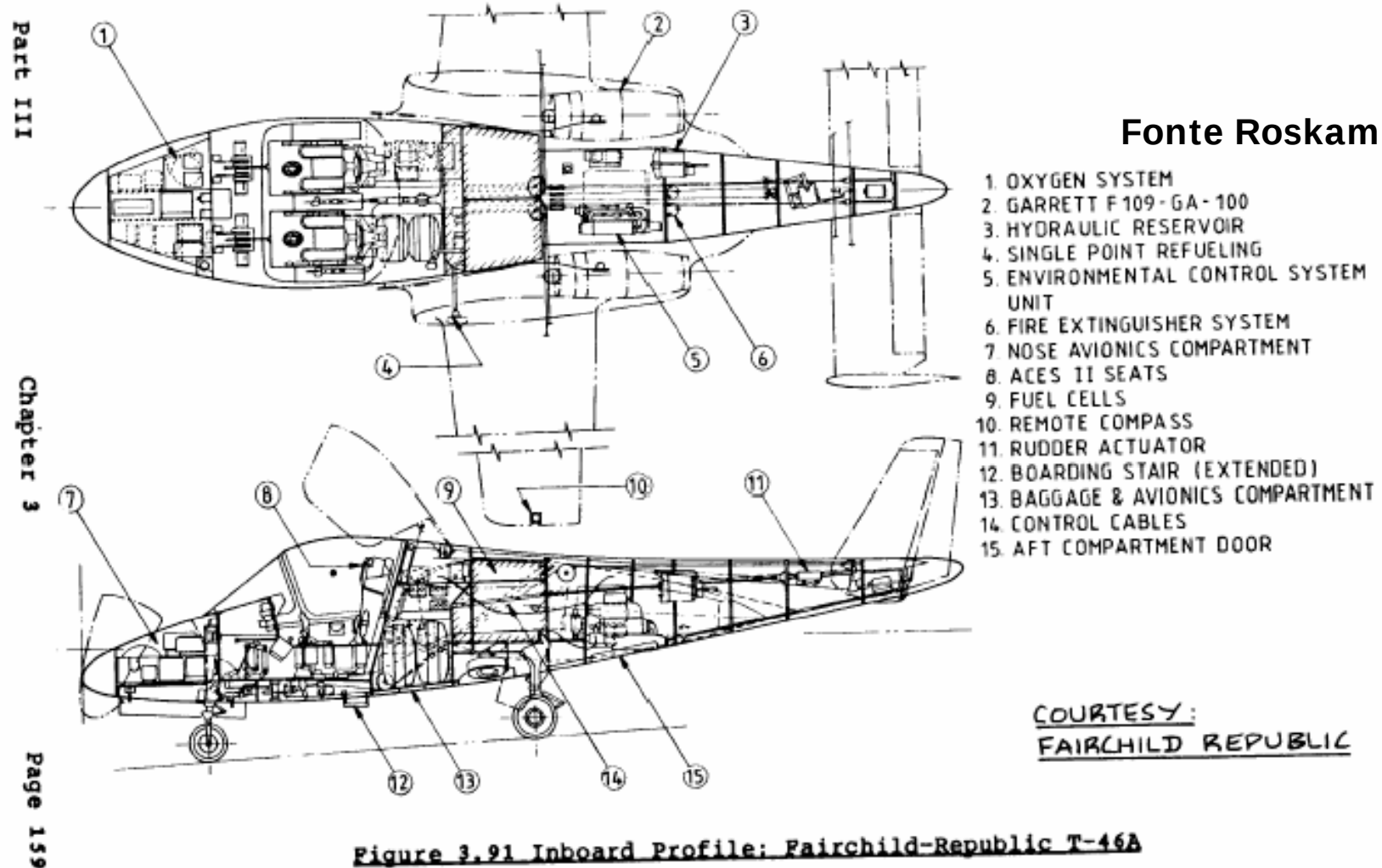


Fonte Roskam

Il dimensionamento della fusoliera è principalmente dipendente dal disegno del cockpit (in questo caso l'addestratore e l'allievo siedono in una configurazione tandem) e dalla collocazione del motore (o dei motori).

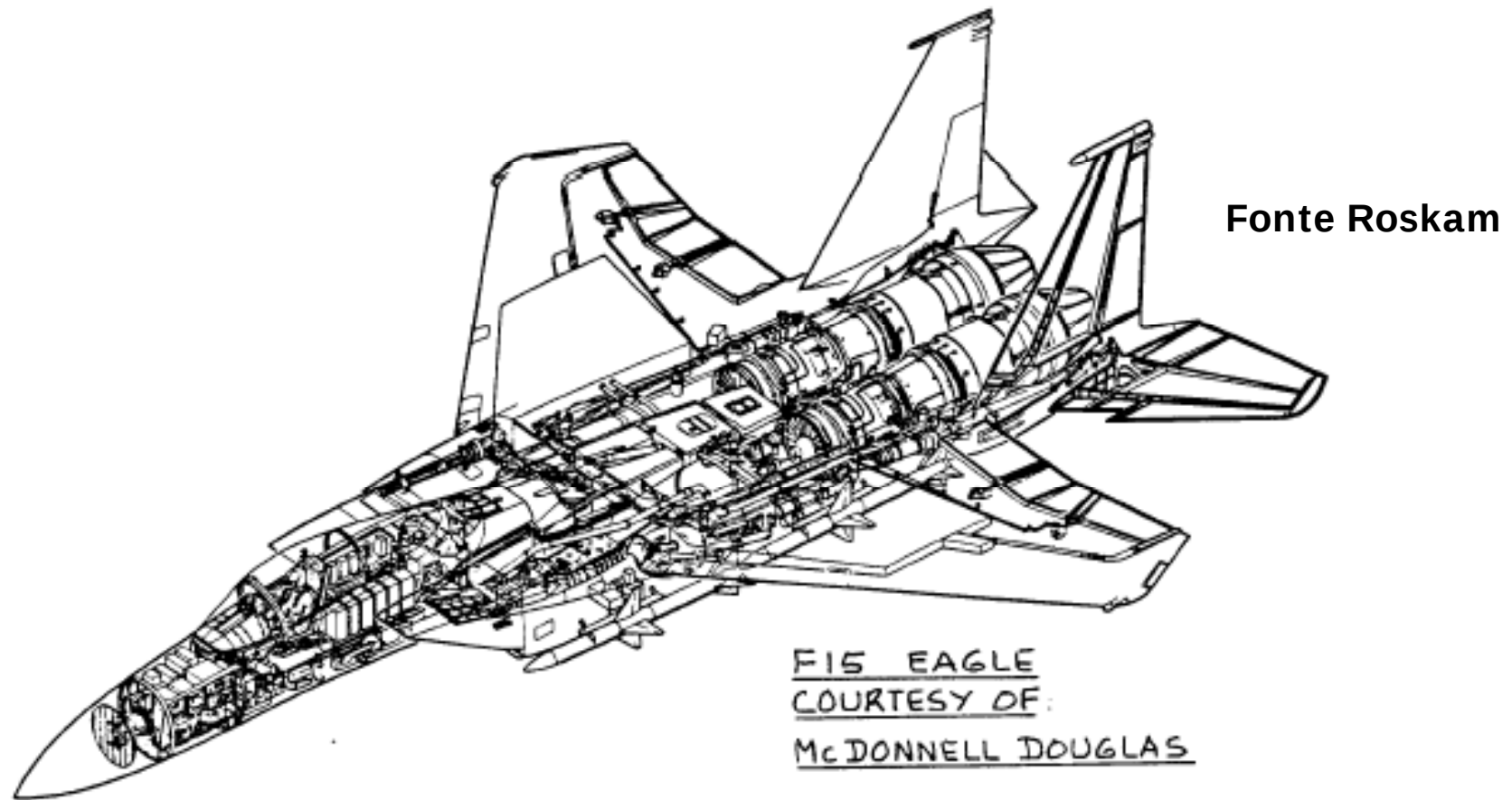
Un certo spazio è eventualmente occupato anche dai serbatoi di combustibile. L'alloggiamento del carrello di prua e l'attraversamento dell'ala rappresentano altri problemi importanti che interessano questo layout di fusoliera.

Lo spaccato di un velivolo a getto da addestramento militare



In questo caso l'istruttore e l'allievo siedono l'uno accanto all'altro. La parte anteriore di fusoliera è disegnata in relazione alla configurazione di alloggiamento dei piloti. La lunghezza e la forma del cono di coda sono principalmente determinate da ragioni aerodinamiche (necessità di un corpo affusolato) piuttosto che da necessità di allocazione funzionale del volume.

Lo spaccato di un velivolo a getto da combattimento



Il velivolo è disegnato attorno ai motori. L'attacco/integrazione della struttura dell'ala è una tipico problema. La sezione di prua è disegnata attorno all'abitacolo del pilota (dei piloti).

La visibilità è un requisito guida nel progetto e nel posizionamento del cockpit rispetto al corpo del velivolo.

Il progetto della fusoliera: sezioni di prua e cono di coda

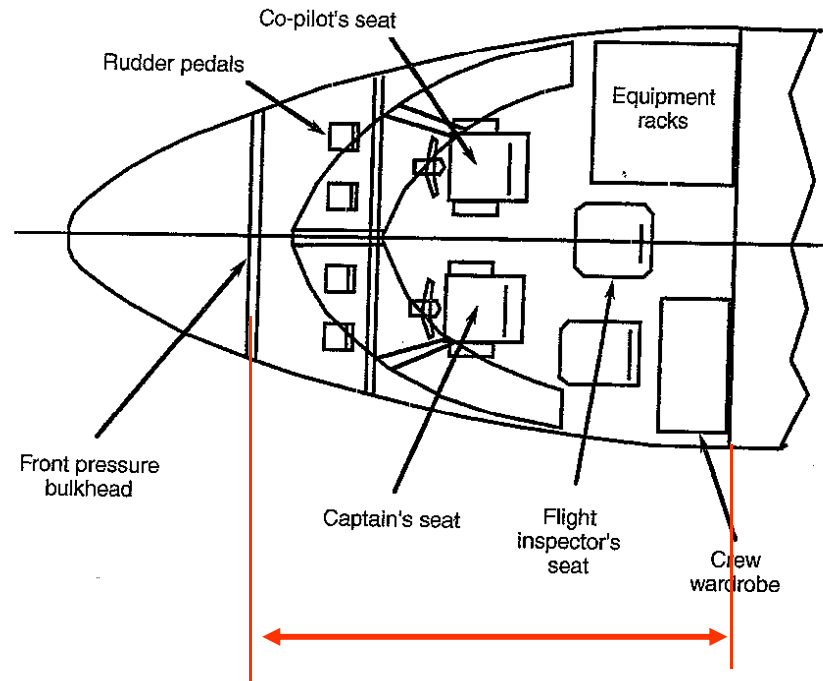
Il progetto delle sezioni di prua e di coda risulta da un compromesso tra:

- **capacità volumetrica (equipaggio, carrello di prua, sistemi, APU)**
- prestazioni (possibilità di rotazione del veleivolo, dimensioni della coda, problemi di visibilità)
- progetto aerodinamico (evitare onde d'urto e separazione del flusso)
- progetto strutturale (pressurizzazione)



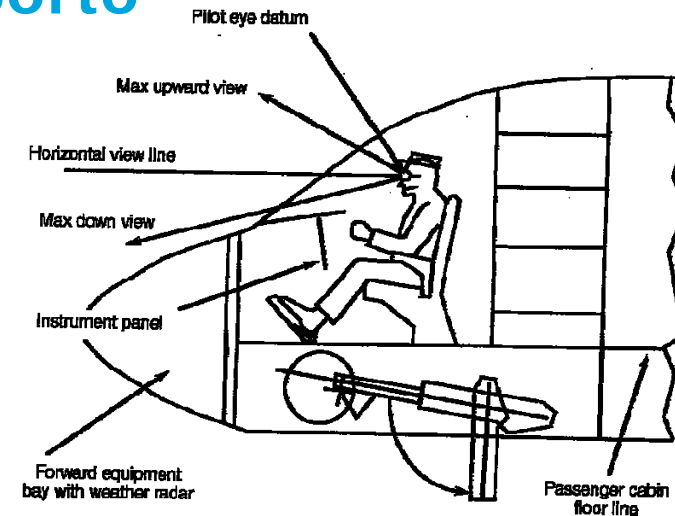
L'approccio al progetto di tipo *inside-out* (dall'interno all'esterno, dal contenuto al contenitore) gioca un ruolo fondamentale anche in questo caso

Dimensionamento del ponte di volo (*flight deck*) per velivoli da trasporto



Fonte Corke

flight deck length



Number of crew member	Flight deck overall length
4	150 in (3.8m)
3	130 in (3.3m)
2	100 in (2.5m)

Si veda Torenbeek pagg. 86-92 per maggiori dettagli circa il disegno e la stima delle dimensioni del ponte di volo.

La lunghezza del ponte di volo è calcolata dalla paratia di pressurizzazione di prua alla porta posteriore.

Dimensionamento del cockpit attorno al pilota

Velivolo da trasporto civile

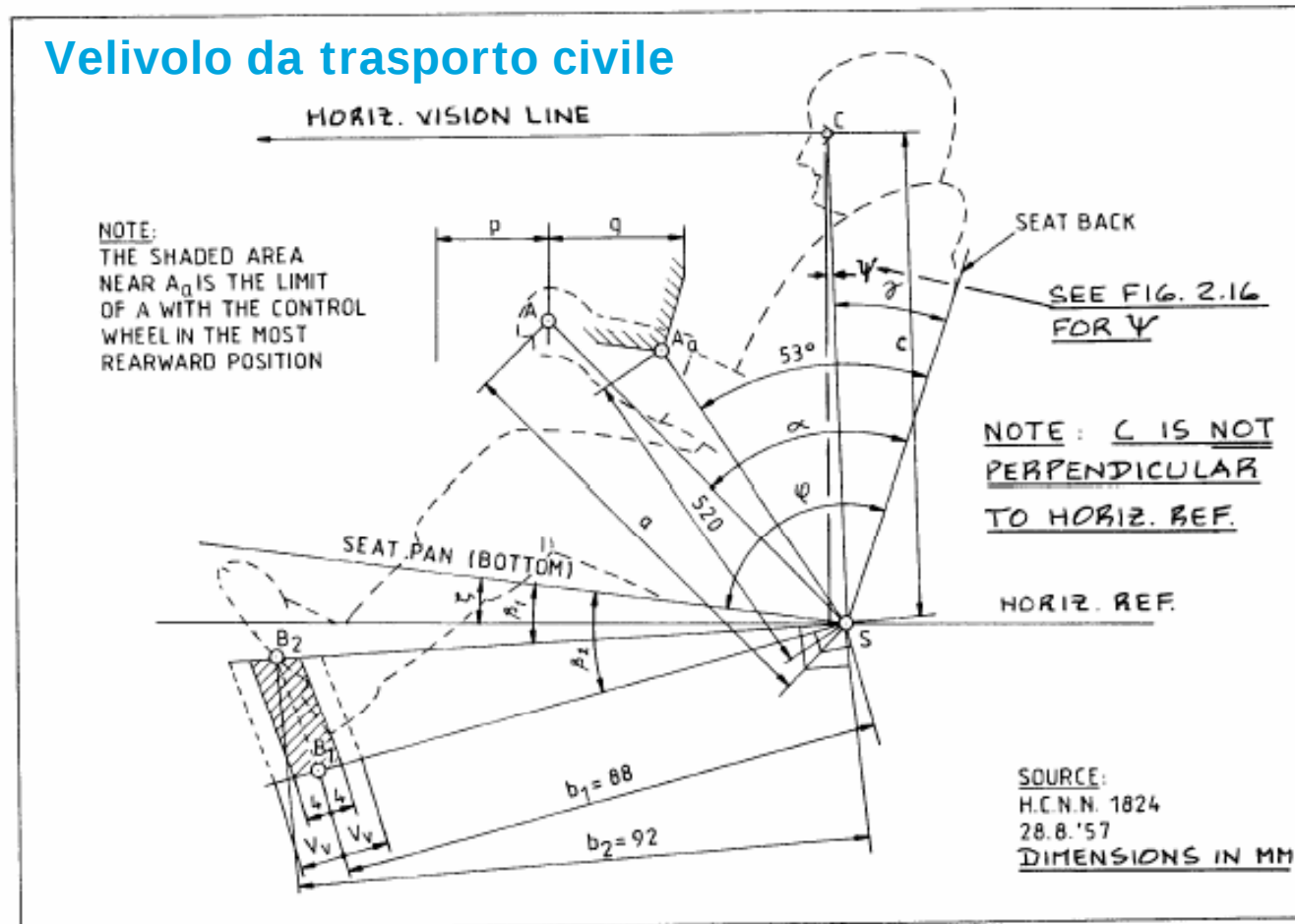
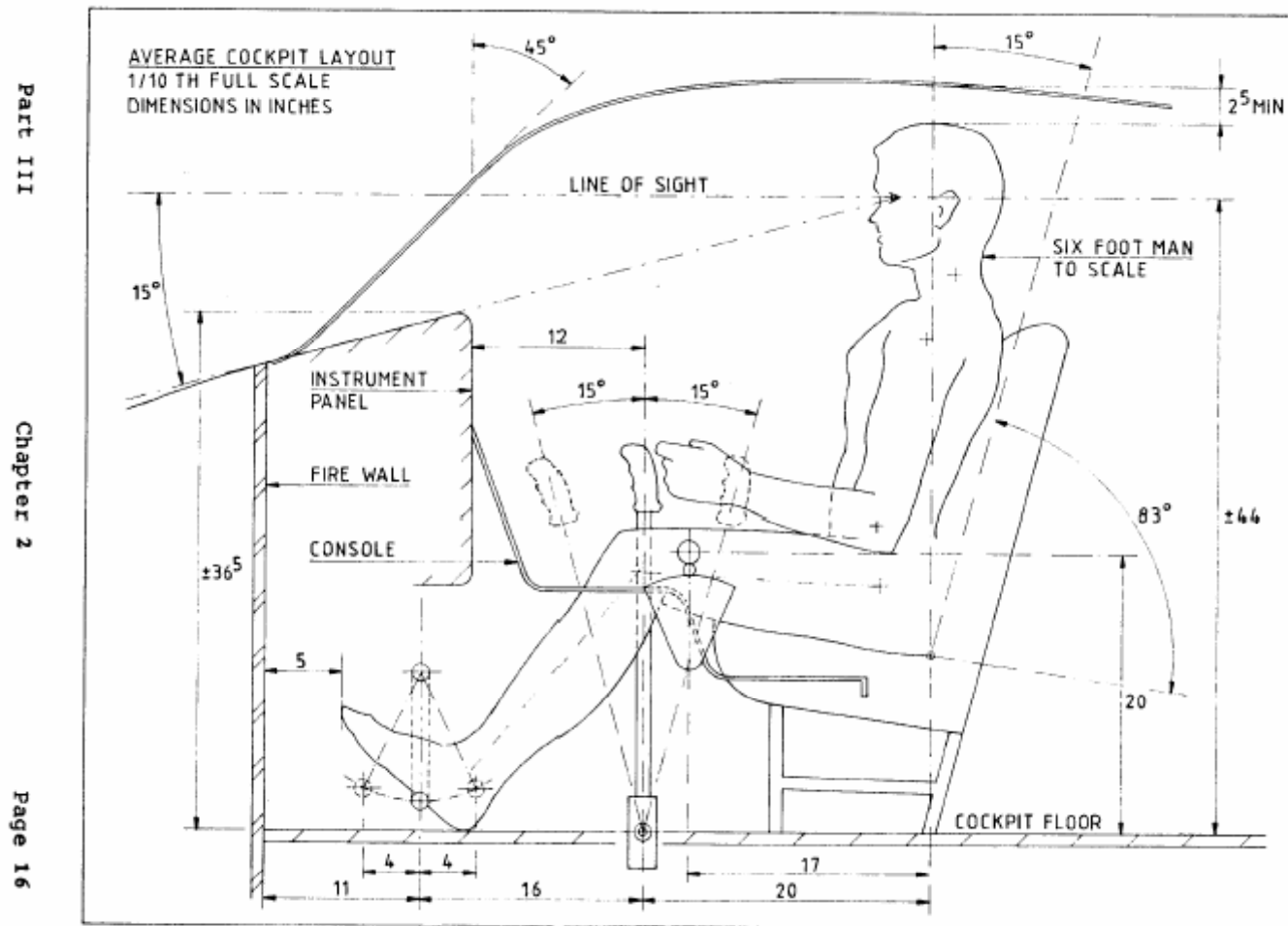


Figure 2.7 Recommended Seat Arrangement for Civil, Wheel and Center-stick Controlled Airplanes

Fonte Roskam

Ergonomia e antropometria sono aspetti fondamentali nel disegno del cockpit.

Dimensionamento del cockpit attorno al pilota

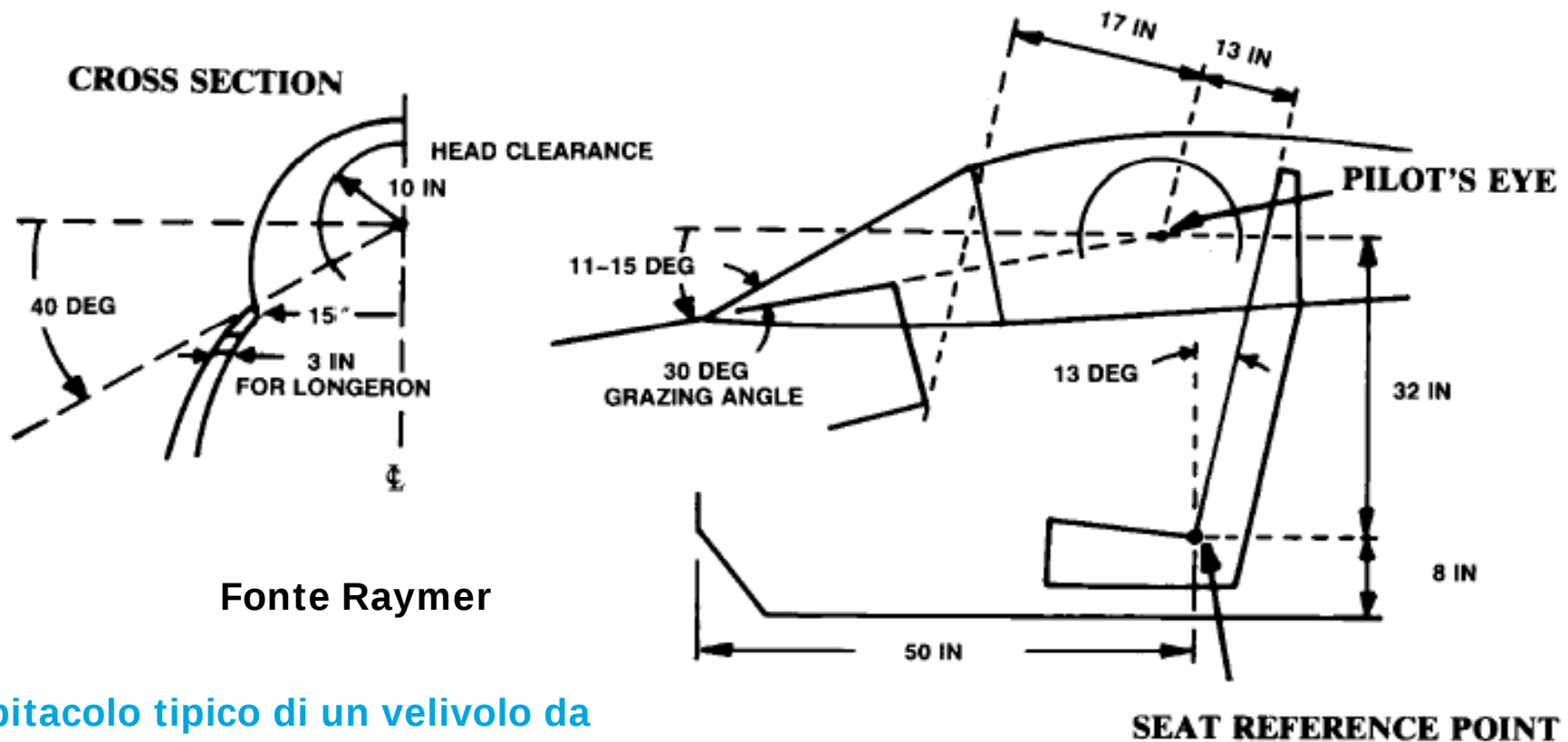


**Figure 2.8 Recommended Seat Arrangement for Homebuilt
Center-stick Controlled airplanes**

Velivolo dell'aviazione generale

Fonte Roskam

Dimensionamento del cockpit attorno al pilota



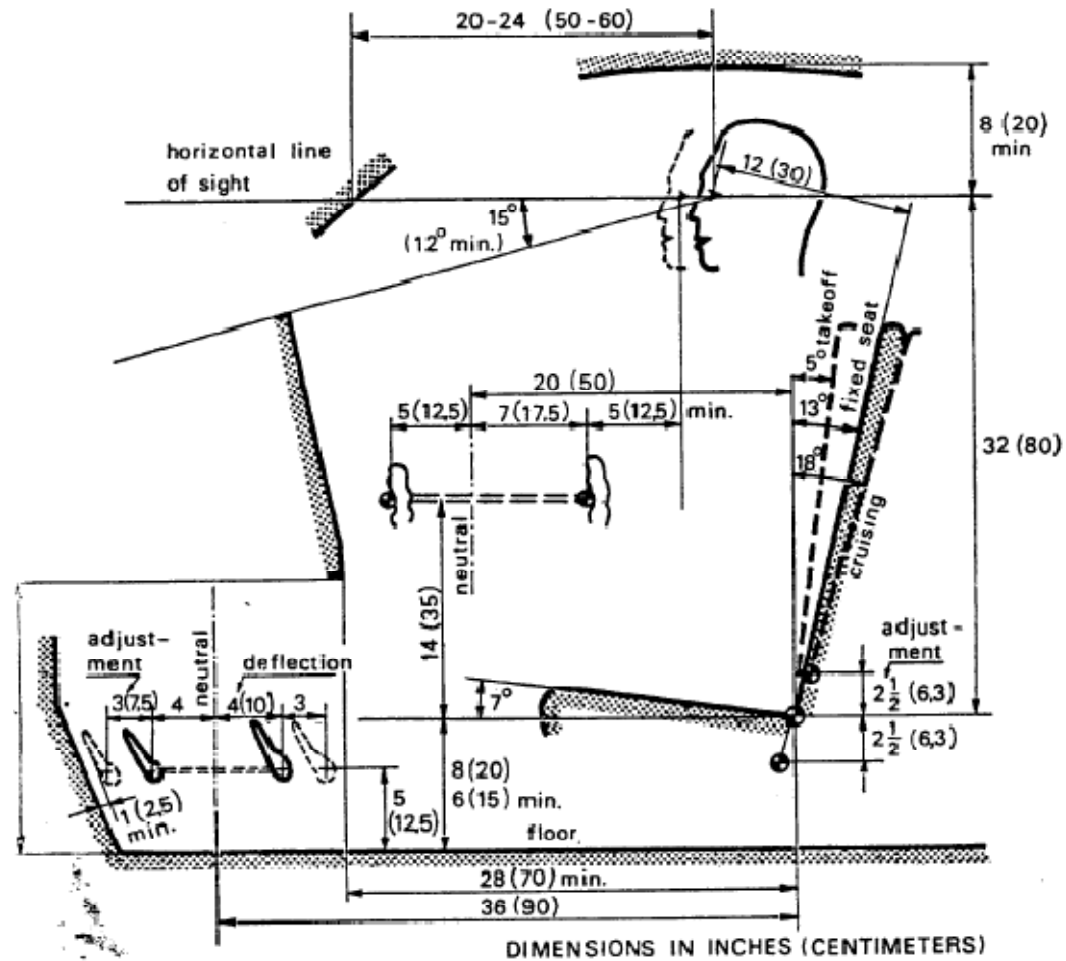
Abitacolo tipico di un velivolo da combattimento

La dimensione di un cockpit militare è basata sulla dimensione del sedile di eiezione!

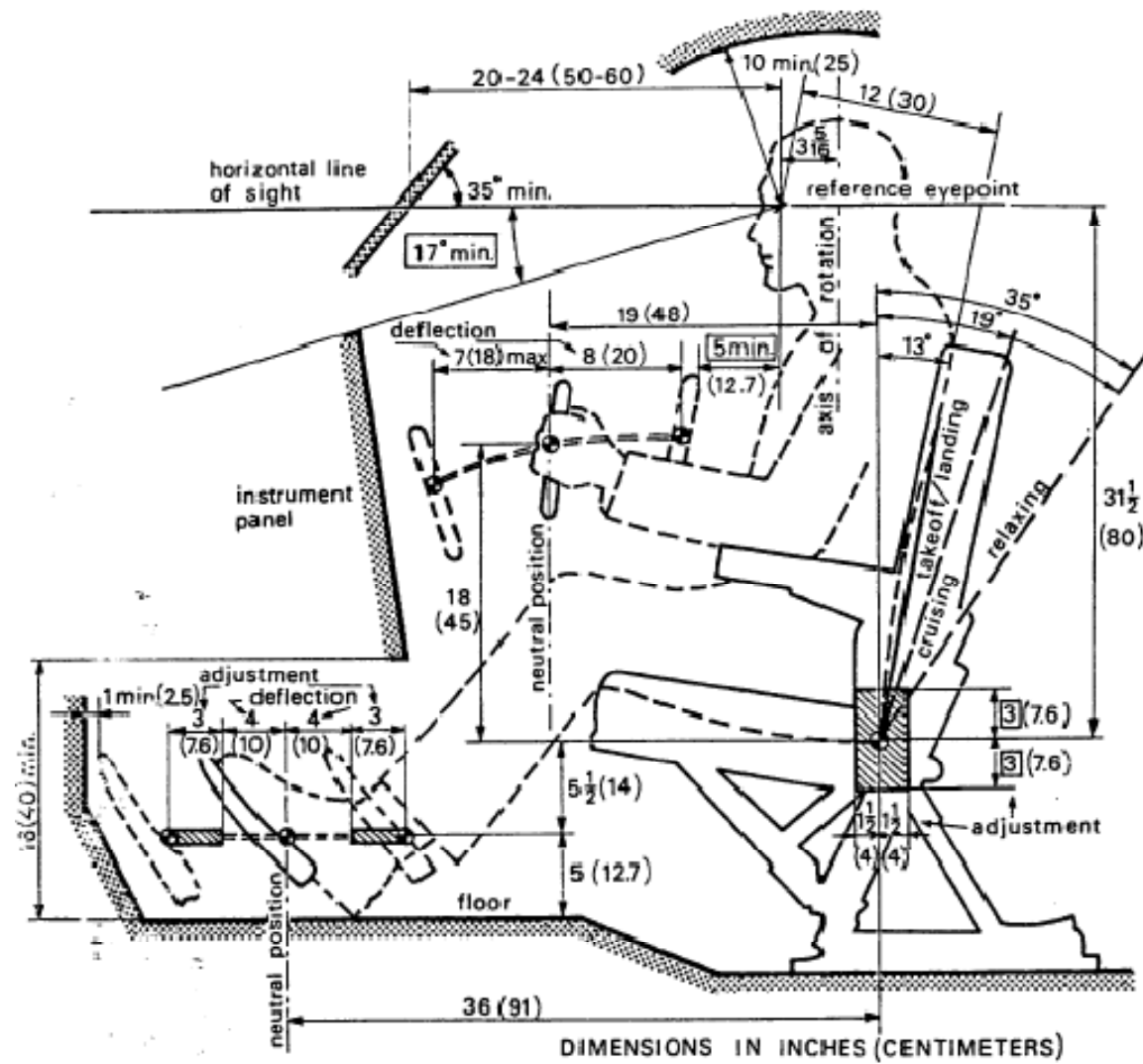
L'angolo di inclinazione del sedile (circa 13° nei velivoli civili) arriva fino a 70° per sostenere il pilota nelle virate ad alto numero di g.

Si veda Raymer per informazioni dettagliate circa il progetto di abitacoli per velivoli militari.

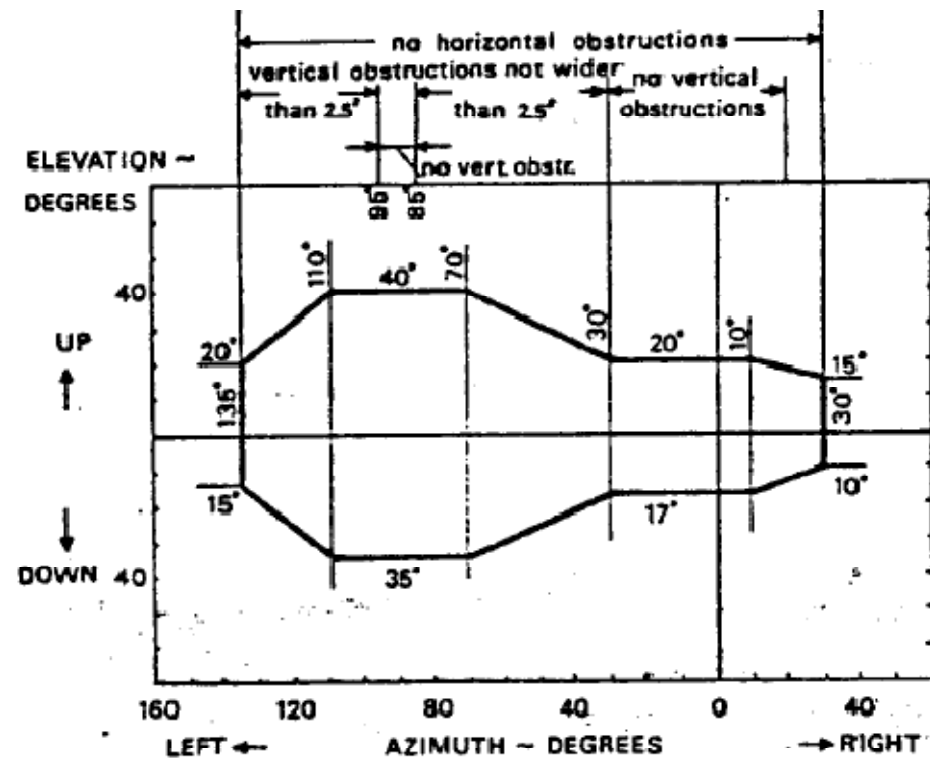
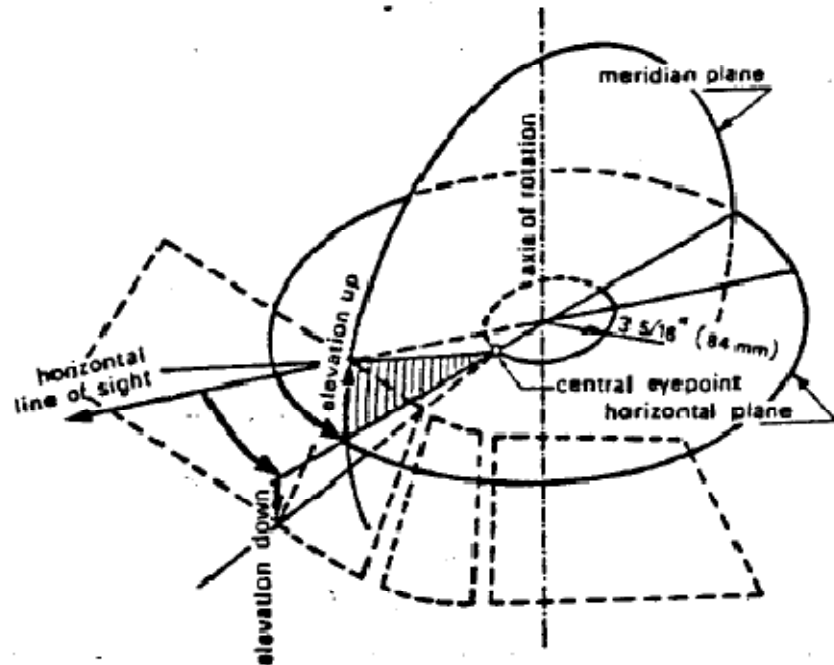
Flight deck design



Flight deck design

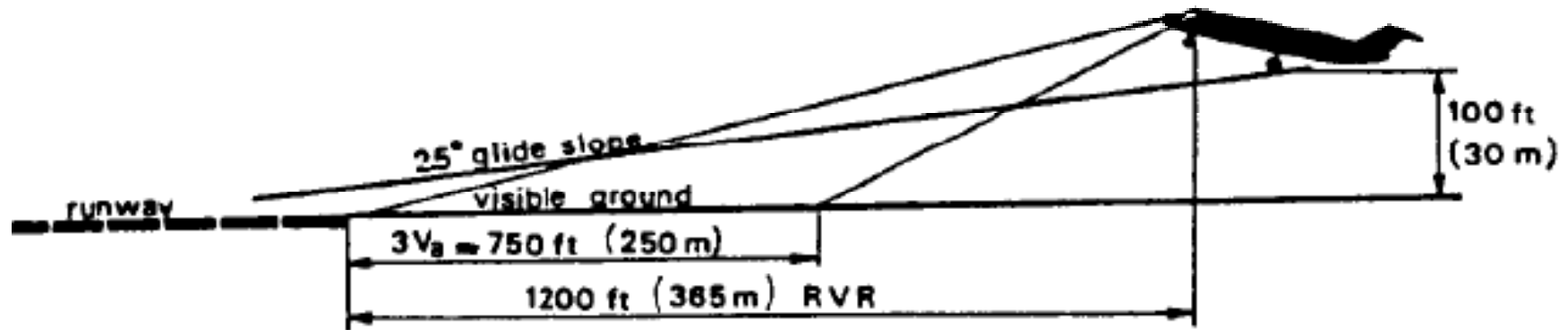


Flight deck design

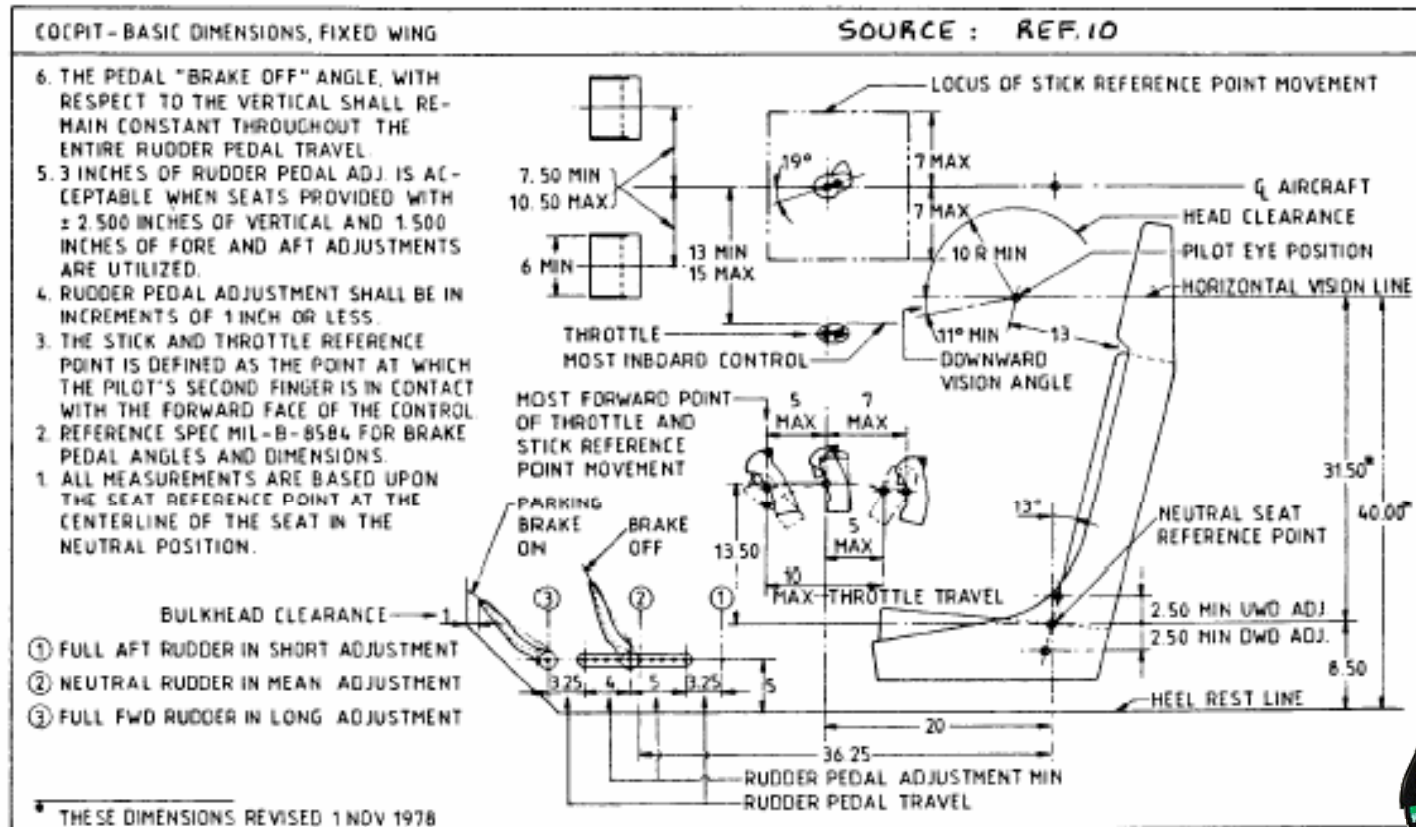


b. Minimum required clear areas of vision

Flight deck design - FAR 25



Dimensionamento del cockpit attorno al pilota



Fonte Roskam



Figure 2.10 Recommended Seat Arrangement for Military, Center-stick Controlled Airplanes

L'installazione del sedile eiettabile è un problema fondamentale nel progetto di un velivolo da combattimento

Dimensionamento del cockpit attorno al pilota

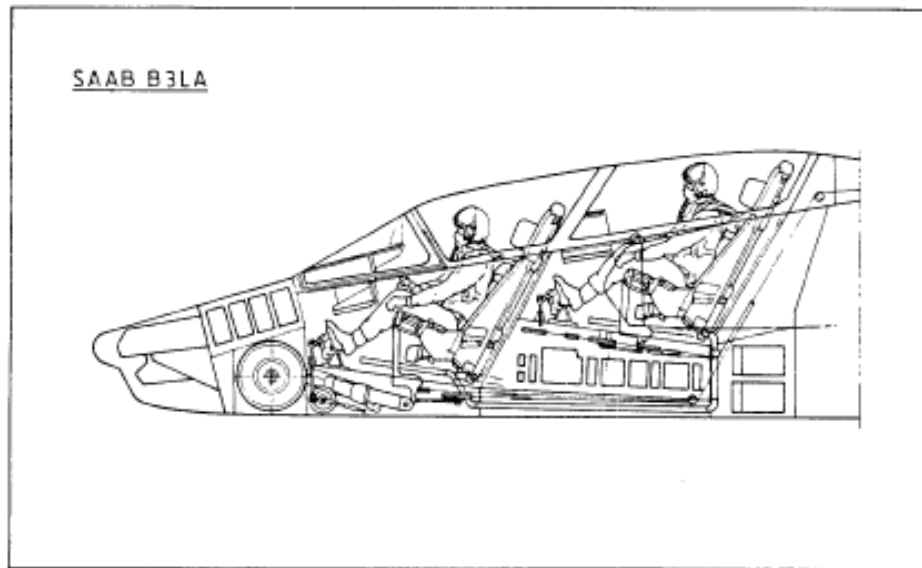


Figure 2.25 Cockpit Layout and Inboard Profile: SAAB B3LA

Configurazioni del cockpit a tandem

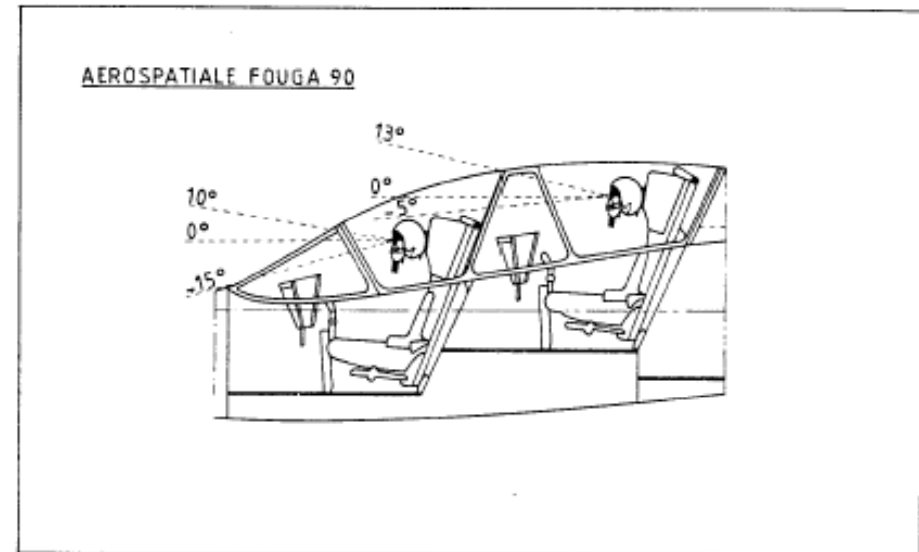
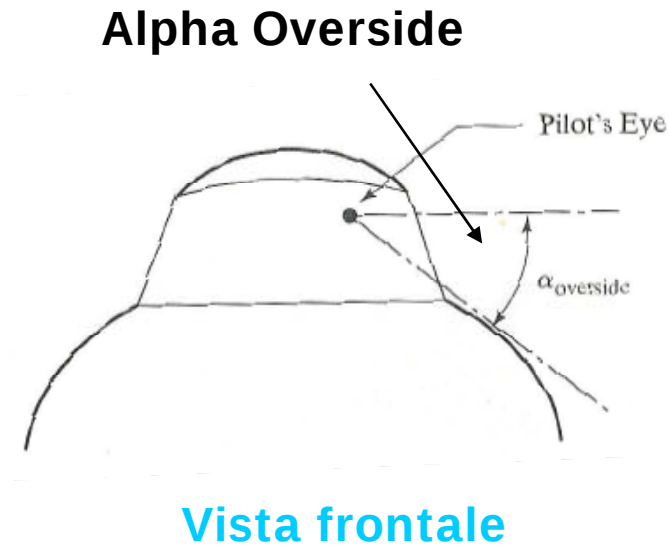
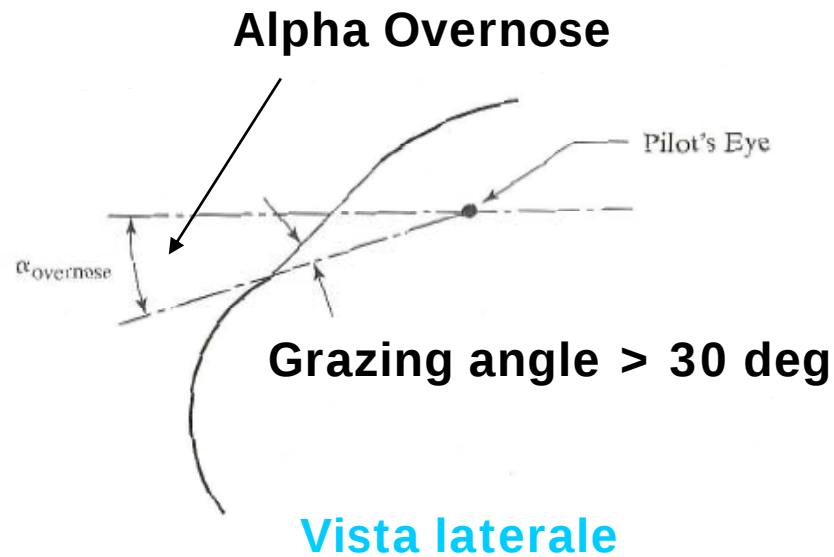


Figure 2.24 Cockpit Visibility and Layout: Fouga 90

La configurazione in tandem deve essere progettata tenendo conto dei requisiti di visibilità dei piloti

Fonte Roskam

Progetto del ponte di volo: problemi di visibilità



	Alpha overnose	Alpha overside
Military Transport/ Bombers	17	35
Military Fighter	11 - 15	40
General aviation	5 - 10	35
Commercial transport	11 -20	35

Fonte Corke

Progetto del ponte di volo: problemi di visibilità



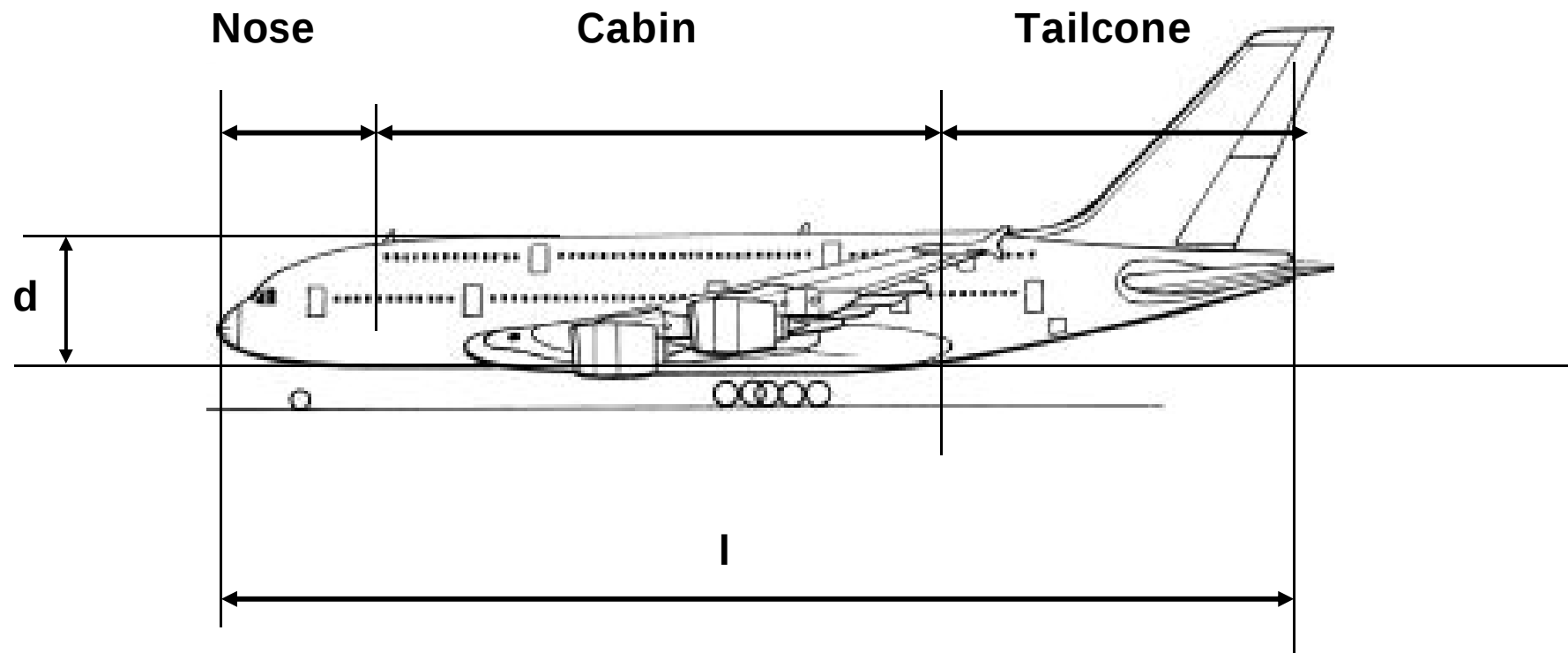
Si veda Torenbeek pagg. 87-92 per maggiori dettagli sul progetto del ponte di volo.

L'angolo di visuale in prua deve essere calcolato per ogni velivolo in ragione della possibilità per il pilota di vedere e reagire alle luci di avvicinamento all'altezza di decisione (100 ft, 30.5 m) nelle condizioni meteorologiche peggiori (366 mm di campo visivo). Maggiore è la velocità di approccio, maggiore deve essere l'angolo di visuale in prua.

$\text{Alpha overnose} = \text{alpha approach} + 0.04 V \text{ approach}$ (V in Km/hr) (da Raymer)

Allo scopo di fornire sufficiente visibilità al pilota, la lunga e aguzza prua del Concorde è stata dotata di un meccanismo di inclinazione.

Il progetto della fusoliera: considerazioni aerodinamiche



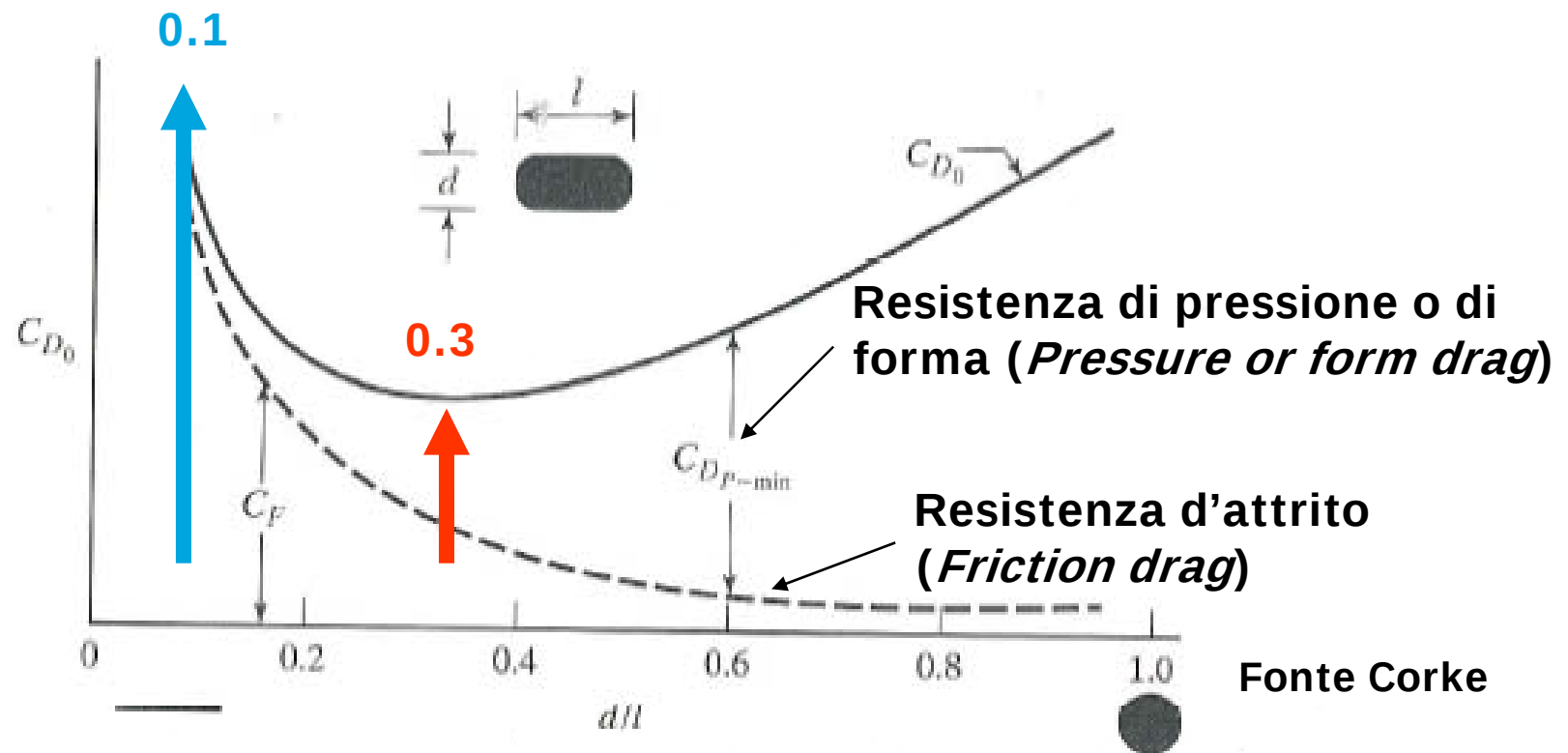
d/l : rapporto di finezza (*fineness* o *slenderness ratio*)*

* A volte anche l/d

Il valore del rapporto di finezza è definito come il rapporto tra il massimo diametro trasversale (si assume una sezione quasi circolare di fusoliera) e la lunghezza totale di fusoliera (dall'estremità di prua a quella del cono di coda). A volte anche l'inverso di tale grandezza è indicato come *fineness ratio*.

La cabina è la parte della fusoliera tipicamente a sezione trasversale costante usata per alloggiare i passeggeri o il carico pagante. In caso di grande cono di coda, è possibile ospitarvi passeggeri e cargo, anche se la minore sezione trasversale richiede una differente disposizione di posti e cargo.

Il progetto della fusoliera: considerazioni aerodinamiche



Effetto del rapporto di finezza sui contributi della resistenza viscosa e di pressione alla resistenza complessiva di un corpo SUBSONICO

Grandi rapporti di finezza corrispondono ad aree bagnate ridotte, cioè bassi valori della resistenza di attrito. Ma tali corpi tozzi creano una notevole resistenza di scia.

Il progetto della fusoliera: considerazioni aerodinamiche

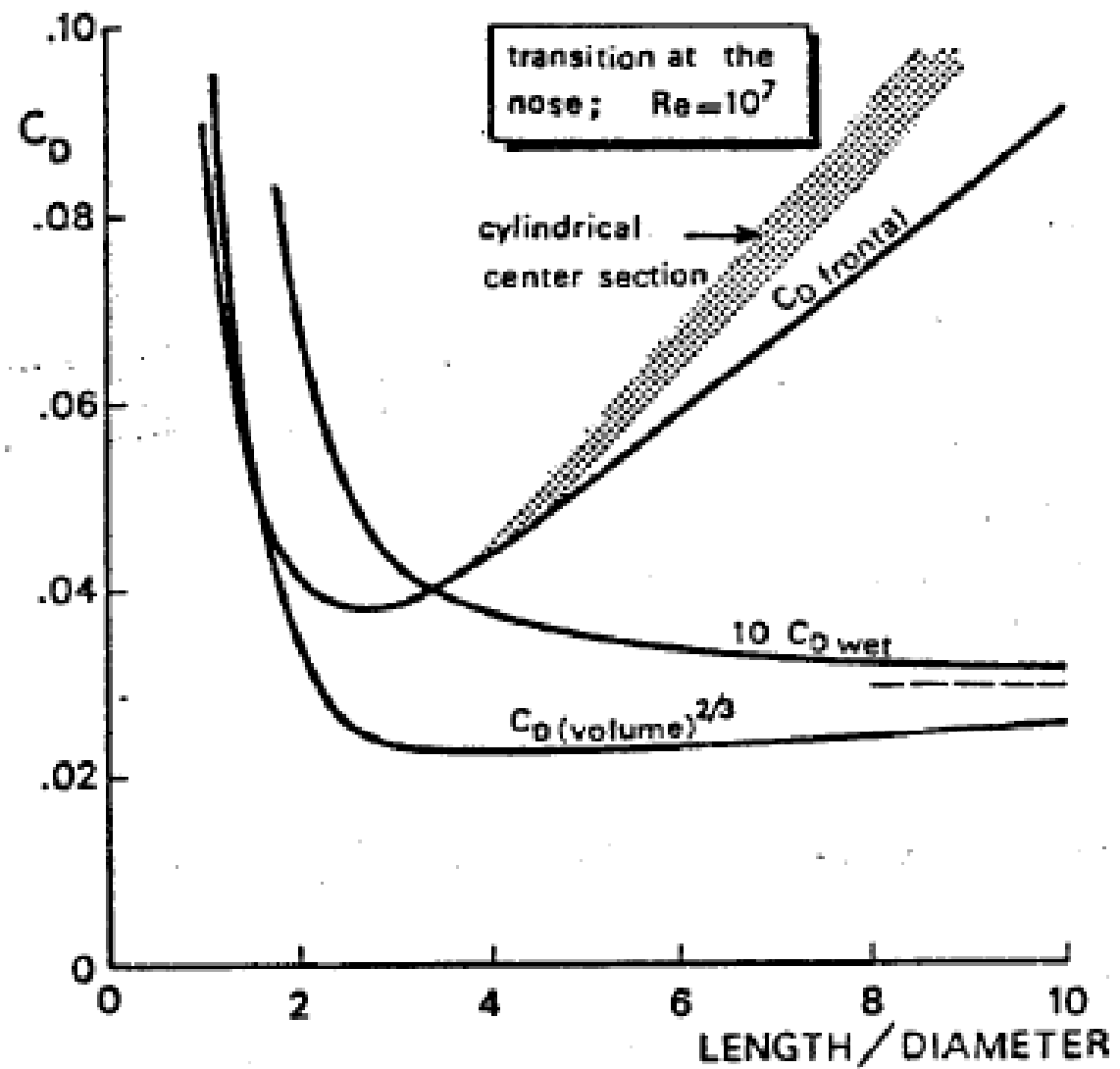
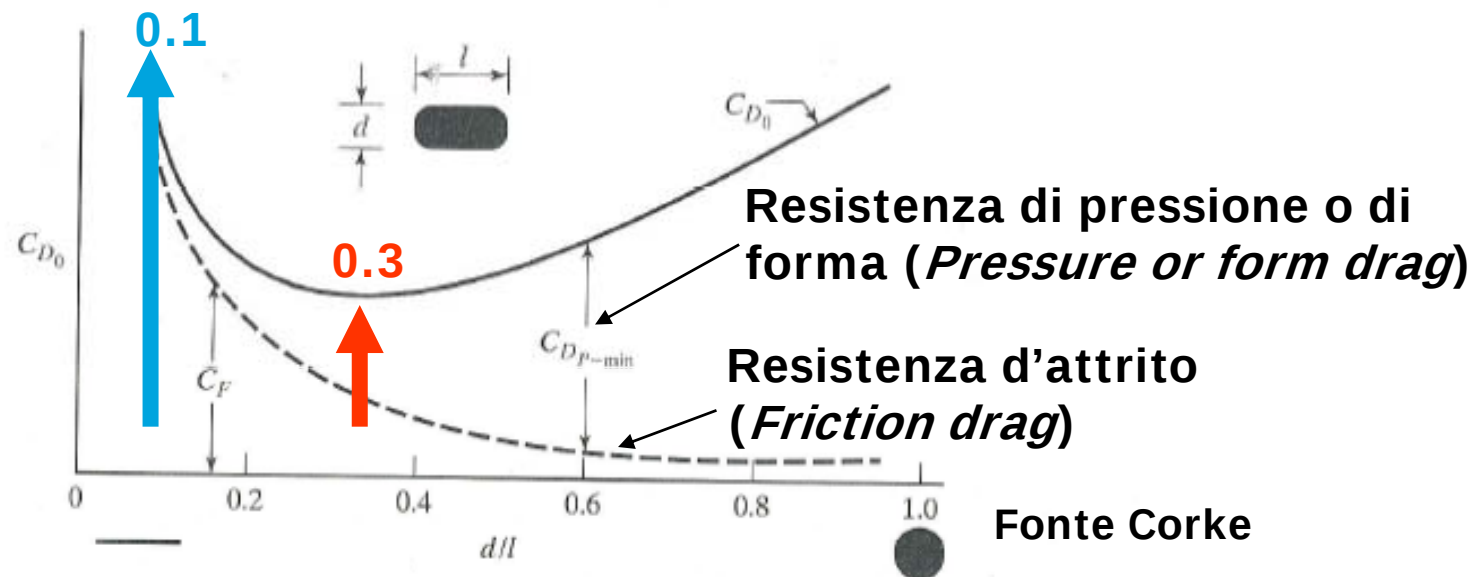


Fig. 3-2. Drag coefficient of streamline bodies of revolution at low speeds

Il progetto della fusoliera: considerazioni aerodinamiche



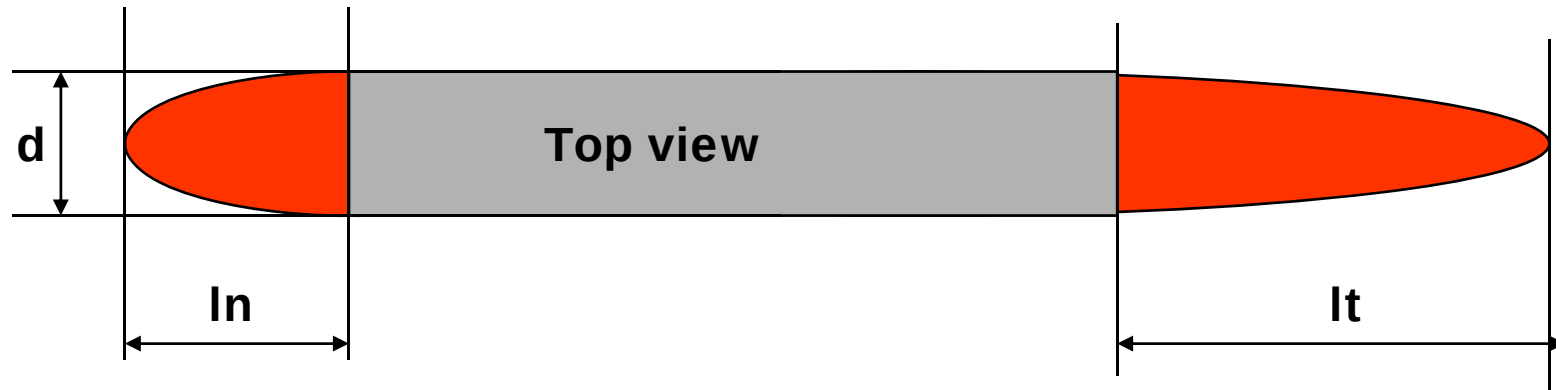
Un minimo del coefficiente di resistenza esiste attorno a valori di d/l prossimi a 0.3. In realtà quasi tutti i velivoli sono più snelli: i velivoli reali hanno valori di d/l minori.

Valori tipici sono intorno a 0.1 ($8 < l/d < 12.5$)

Si deve considerare che una fusoliera corta può richiedere un piano di coda più grande, quindi la resistenza di attrito complessiva potrebbe crescere. Quando la lunghezza della fusoliera diventa troppo grande, possono insorgere problemi strutturali. Grandi deformazioni elastiche possono ridurre l'efficienza delle superfici di coda. Mantenere alti valori della rigidità può richiedere soluzioni strutturali più pesanti. Tipicamente è il peso a guidare il progetto piuttosto che le questioni aerodinamiche.

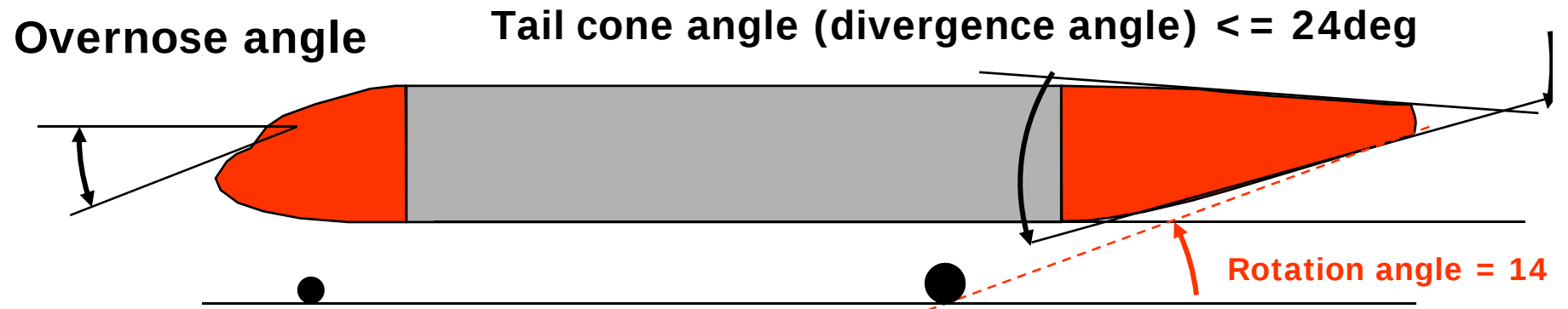
Nel caso di velivoli supersonici l'effetto della resistenza d'onda (dipendente dalla distribuzione delle aree) è molto forte, quindi sono comuni fusoliere più snelle (Concorde $d/l=0.05$; $l/d=20 - 25$)

Sezioni di prua e di coda: considerazioni aerodinamiche

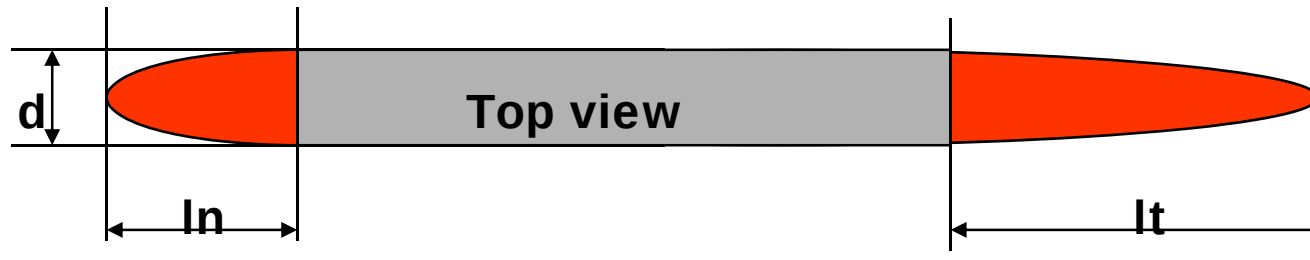


Typical l_n/D values: 1.2 – 2.5

Typical l_t/D values: 2 - 5

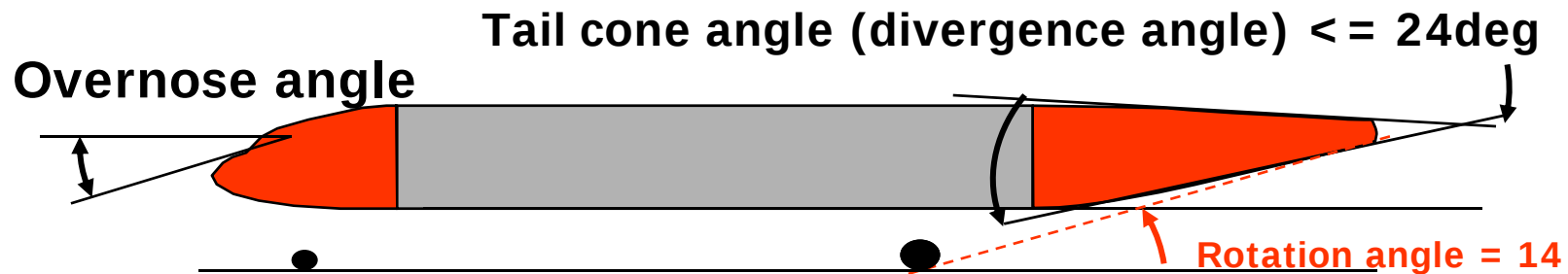


Sezioni di prua e di coda: considerazioni aerodinamiche



Typical l_n / D values: 1.2 – 2.5

Typical l_t / D values: 2 - 5



La forma della prua è dettata da ragioni aerodinamiche, strutturali (pressurizzazione) e di visibilità. La forma della coda è soprattutto dettata da ragioni aerodinamiche: l'angolo di cono non può essere maggiore di 24° e sarebbe meglio se fosse diviso in parti uguali (coda simmetrica).

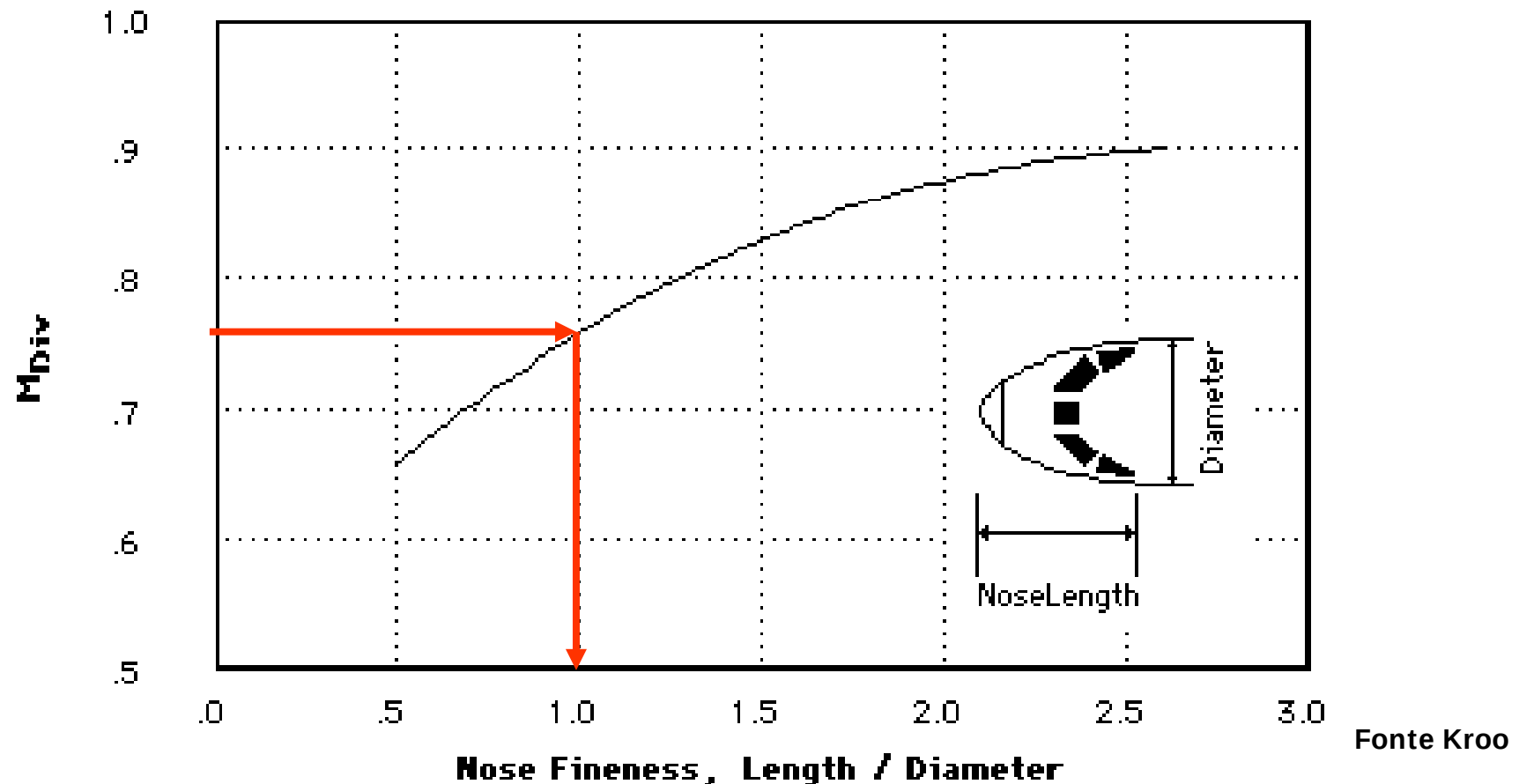
La necessità di ruotare il velivolo senza contatto in coda richiede un angolo di seduta (*rotation angle*) non minore di 14° . L'angolo dipende anche dalla lunghezza e dalla posizione longitudinale del carrello principale.

A volte, allo scopo di soddisfare i requisiti di rotazione, il cono di coda deve essere deviato verso l'alto, provocando un incremento della resistenza dovuto alla generazione di vortici e alla separazione del flusso già a bassi angoli d'attacco (si veda Torenbeek).

Non si confonda l'angolo di apertura del cono di coda (*divergence angle*) con l'angolo di rotazione della fusoliera (*rotation angle*).

Prua della fusoliera: considerazioni aerodinamiche

Effect of Nose Fineness on Drag Divergence Mach Number
Typical Transport Aircraft Shapes



La finezza della prua ha un grande impatto sulla divergenza della resistenza. Allo scopo di migliorare il valore di M_{div} , sono richieste prue più snelle.
Una prua aguzza (tipo F104), d'altro canto, non è né pratica né utile a velocità subsoniche.

Cono di coda: considerazioni aerodinamiche

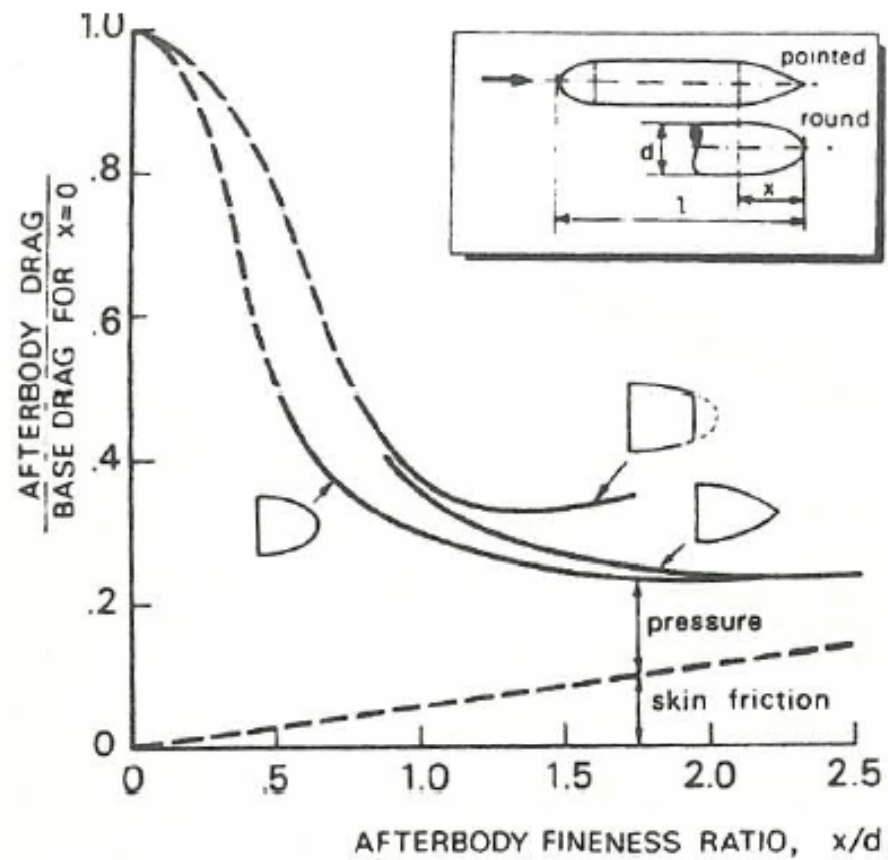
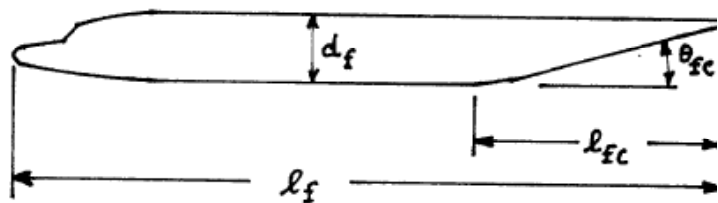


Fig. 3-4. Afterbody drag of a fuselage tail, when added to a cylindrical shape

Il progetto della fusoliera: considerazioni aerodinamiche

Table 4.1 Currently Used Geometric Fuselage Parameters
=====



Airplane Type	l_f/d_f	l_{fc}/d_f	θ_{fc} (deg)
Homebuilts	4 - 8	3*	2 - 9
Single Engine	5 - 8	3 - 4	3 - 9
Twins	3.6** - 8	2.6 - 4	6 - 13
Agricultural	5 - 8	3 - 4	1 - 7
Business Jets	7 - 9.5	2.5 - 5	6 - 11
Regionals	5.6 - 10	2 - 4	15 - 19***
Jet Transports	6.8 - 11.5	2.6 - 4	11 - 16
Mil. Trainers	5.4 - 7.5	3*	up to 14
Fighters	7 - 11	3 - 5*	0 - 8
Mil. Transports, Bombers and Patrol Airplanes	6 - 13	2.5 - 6	7 - 25****
Flying Boats	6 - 11	3 - 6	8 - 14
Supersonics	12 - 25	6 - 8	2 - 9

*Tailcone as defined by Figure 4.1 not easily defined

Cessna 336 (Fig.3.9c) *Embraer Brasilia (Fig.3.16d)

****Lockheed Hercules (Fig.3.29d)

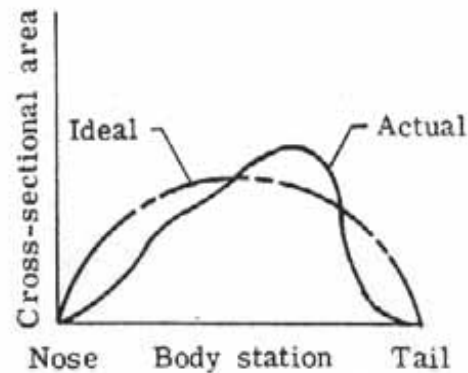
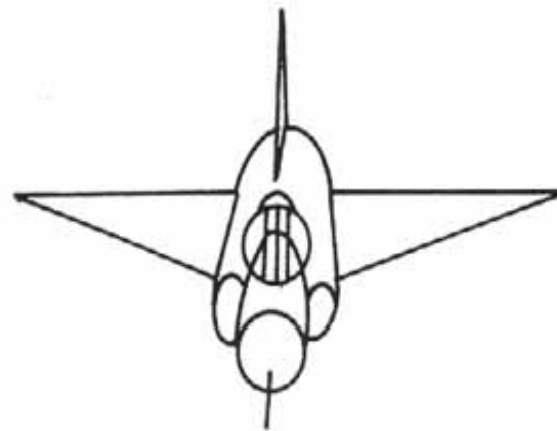
Fuselage data

N per XSection	Max Abreast	NDecks	Layout	Width	Height	Aircraft Name
2	2	1	11	64	60	Lear25
2	2	1	11	65	70	DHC6
2	2	1	11	94	94	GIV
4	4	1	22	110	101	DHC7
4	4	1	22	104	104	Dash8-300
4	4	1	22	113	113	Concorde
5	5	1	23	134	134	BAC111
5	5	1	23	130	130	F100
5	5	1	23	131.5	143	MD80/717
6	6	1	33	148	-	737/757
6	6	1	33	147	-	DC8
6	6	1	33	140	140	BAE146
6	6	1	33	155.5	-	A320
7	7	1	232	198	217	767
7	7	1	232	186	-	7J7
8	8	1	242	222	-	A300/A310/A330/A340
9	9	1	252	237	237	MD11
9	9	1	252	235	235	L1011
9	9	1	252	244	244	777
16	9	2	333/232	266	336	A3xx Study (1994)
16	10	2	343/33	256	308	747
18	10	2	343/242	266	336	A380 Coach
19	11	2	353/242	-	-	MD-12 (study)
19	11	2	2342/242	307	373	Boeing NLA (study)
26	10	3	343/343/33	261	403	A 3-deck guess
29	12	3	343/363/232	335	403	Based on Douglas Study

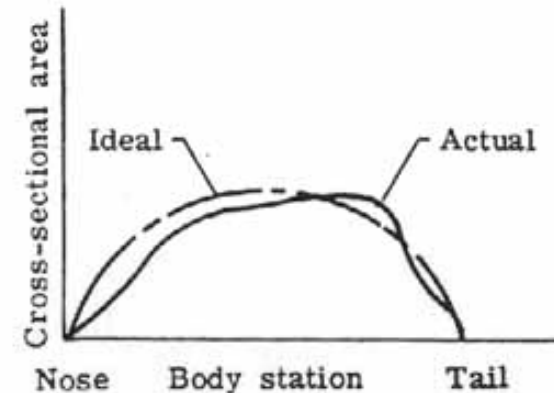
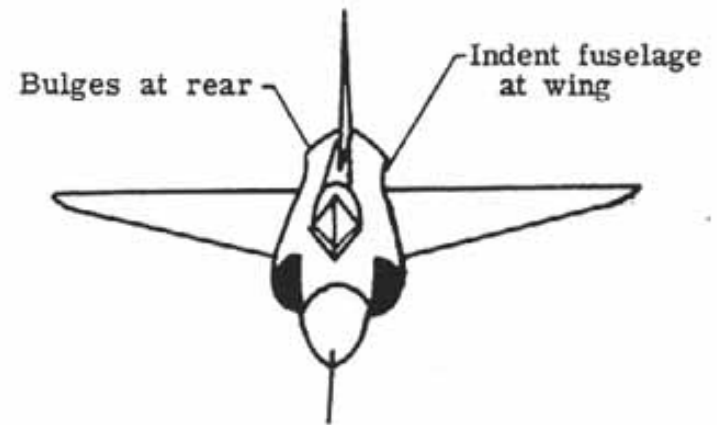
Requisiti aerodinamici influenti sul progetto della fusoliera



<http://www.centennialofflight.gov/>



(a) YF-102A before area ruling



(b) F-102A after area ruling.

Nel progetto di velivoli supersonici l'aerodinamica deve guidare il progetto della fusoliera più che le considerazioni relative al volume interno. In questo caso, la distribuzione funzionale del carico pagante diventa un problema secondario rispetto alla necessità di ridurre la resistenza (in particolare il contributo della resistenza d'onda) ad un livello accettabile. A questo scopo la distribuzione delle aree delle sezioni trasversali del velivolo deve avvicinarsi il più possibile alla distribuzione di aree di un cosiddetto corpo di Sears-Haack (distribuzione ideale di sezioni trasversali).

Altri requisiti funzionali che guidano il progetto della fusoliera



Boeing JSF demonstrator



F117

Stealth design

(massima riduzione della sezione trasversale radar (RCS: *radar cross section*) attraverso una forma specializzata e l'alloggiamento interno delle armi)

In caso di velivoli militari da combattimento, oltre a vincoli di occultamento radar che influenzano fortemente la forma della superficie del velivolo, l'integrazione dei motori gioca un ruolo dominante nel dimensionamento della fusoliera.

Il progetto della fusoliera: considerazioni strutturali

La struttura deve essere sufficientemente robusta, rigida e leggera. Deve essere durevole, facile da ispezionare e mantenere.

La sezione circolare è la più adatta in relazione alla sopportazione dei carichi di pressurizzazione (carichi tensionali vs carichi flessionali).

La fusoliera non solo fornisce supporto agli impennaggi (piano verticale e orizzontale), ma a causa del suo intrinseco effetto aerodinamico instabilizzante (momenti di beccheggio e imbardata proporzionali al suo volume) influenza direttamente la loro dimensione.



La distanza tra ala e piano di coda orizzontale è circa 2.5 – 3 volte la corda media aerodinamica. Questo dato fornisce informazioni circa la lunghezza del cono di coda.

Struttura della fusoliera

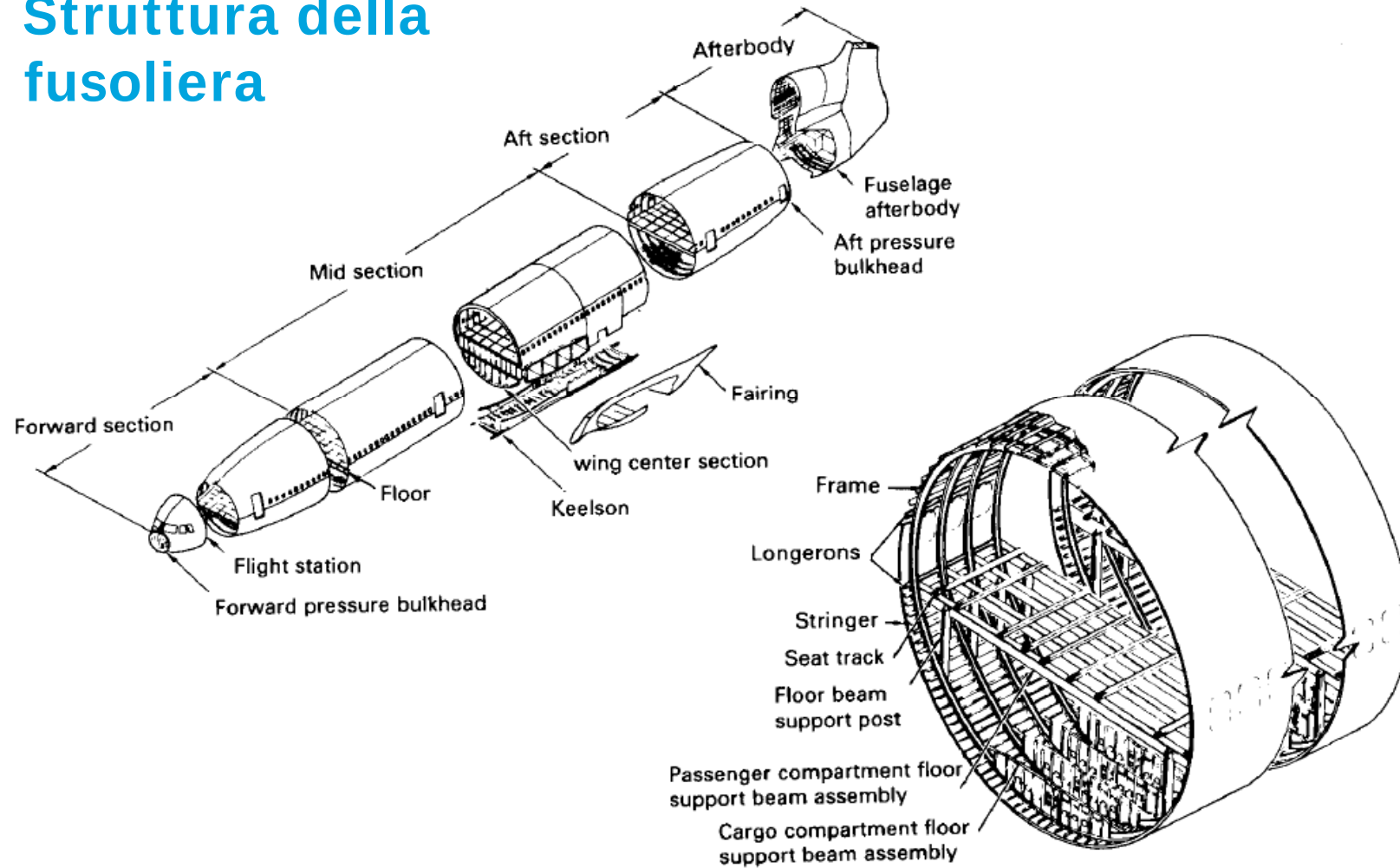
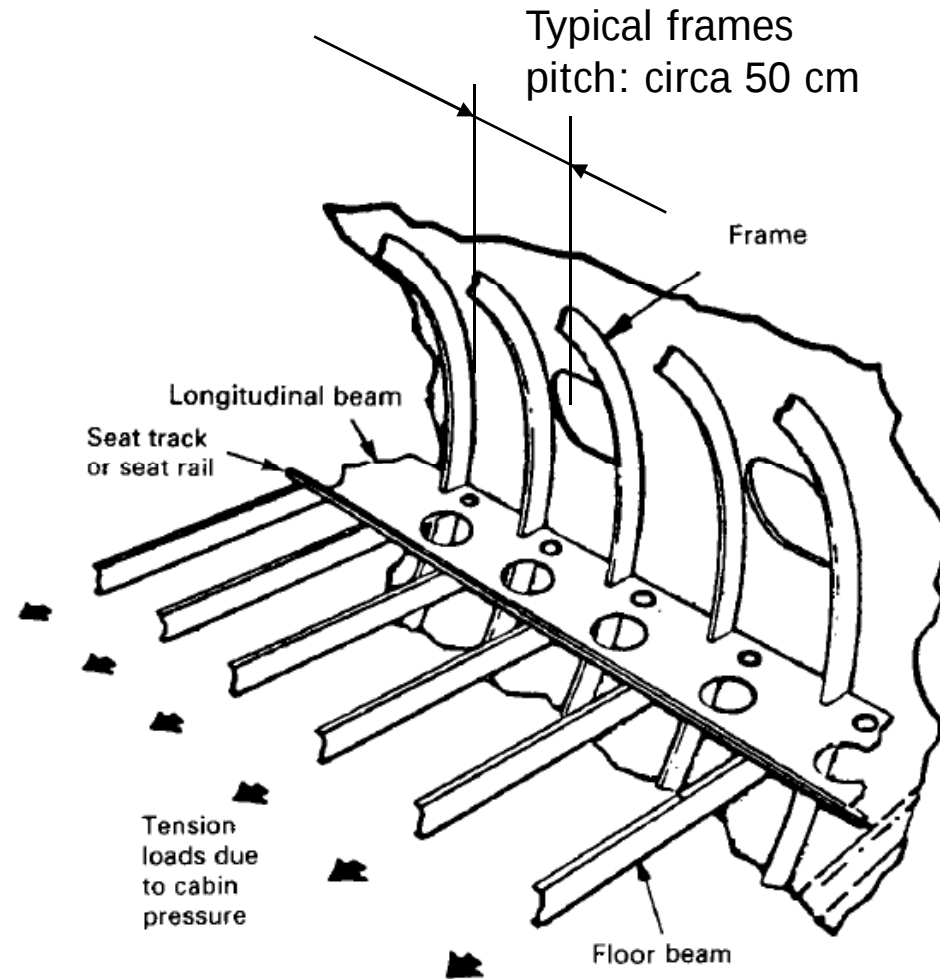
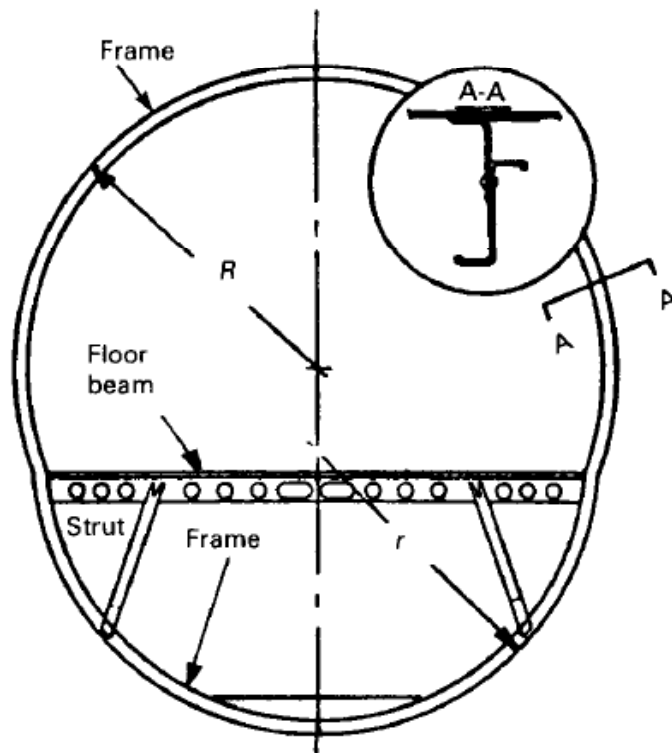


Fig. 11.1.1 Typical semi-monocoque stiffened shell — L-1011.

(Courtesy of Lockheed Aeronautical Systems Co.)

Fonte: Niu, Airframe Structural Design

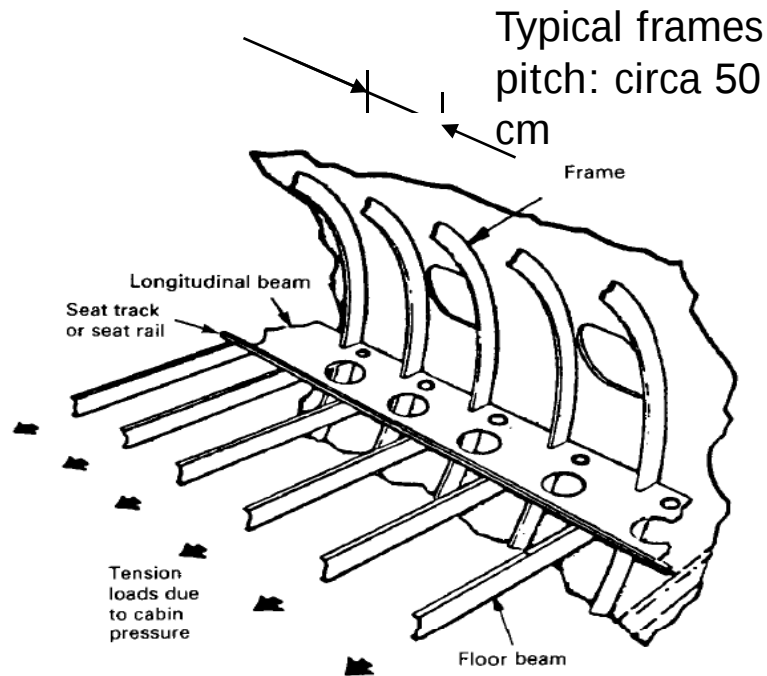
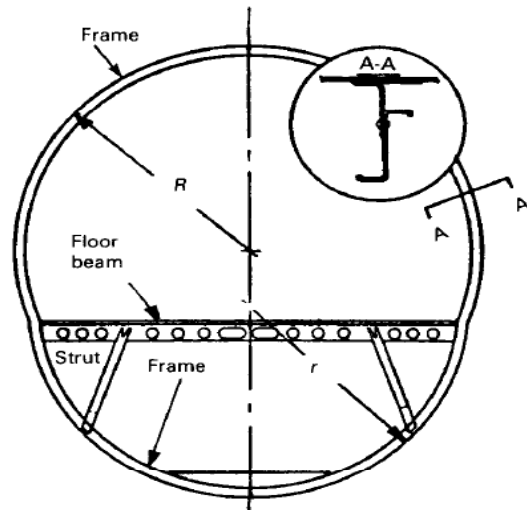
Struttura della fusoliera



Struttura della sezione trasversale: dettaglio della struttura di supporto del pavimento

Fonte: Niu, Airframe Structural Design

Struttura della fusoliera



Struttura della sezione trasversale: dettaglio della struttura di supporto del pavimento

Una volta disegnata la sezione trasversale interna (in modo da inviluppare i posti dei passeggeri e i containers) il contorno esterno della fusoliera può essere disegnato facendo alcune assunzioni sullo spessore richiesto dai componenti strutturali e dal rivestimento isolante.

Corke suggerisce di incrementare il diametro interno di un 4%.

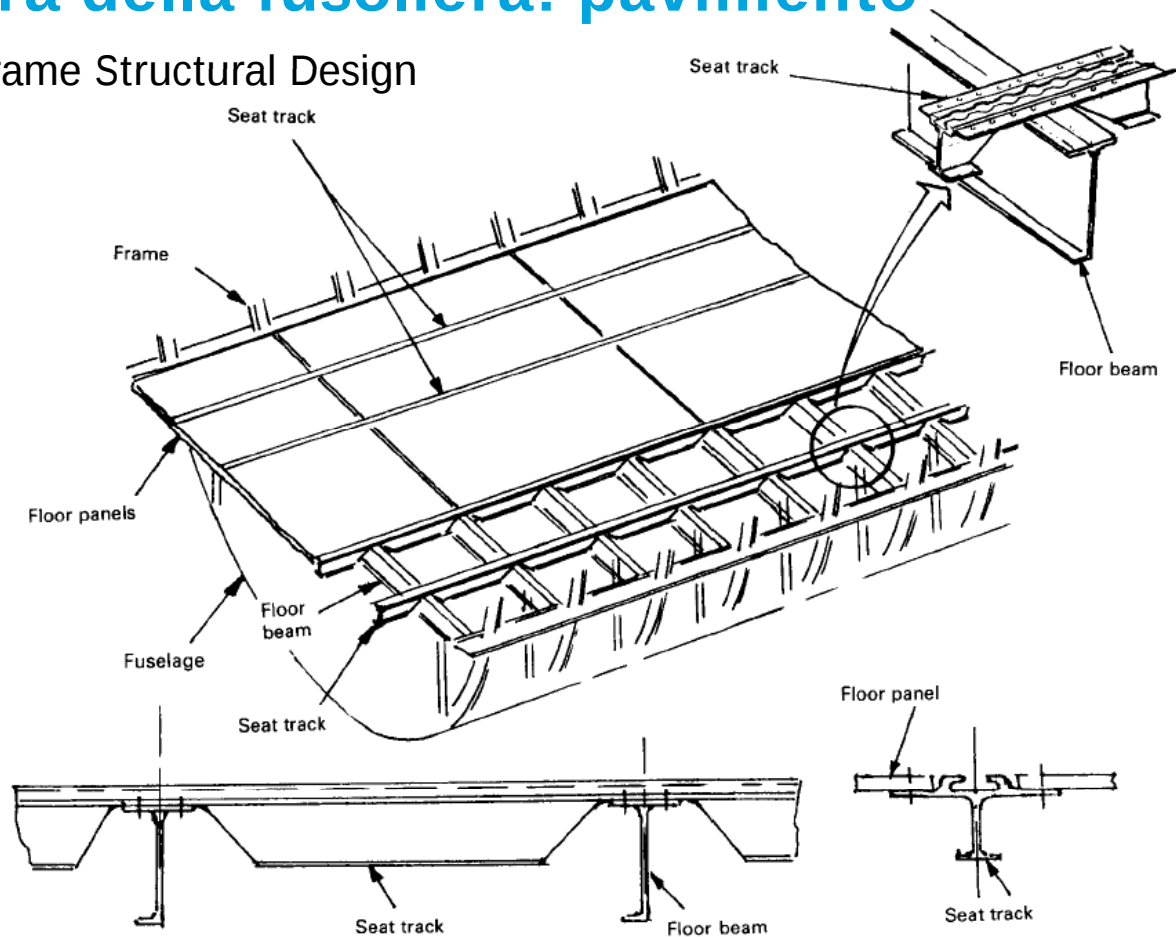
Torenbeek ha trovato che, nonostante la grande differenza tra le dimensioni della fusoliera di vari velivoli pressurizzati, può essere scelto un valore fisso di circa 10 cm (4 inches)

Per velivoli non pressurizzati il contorno della sezione esterna può essere disegnato spostando il contorno interno di un 2% del diametro e aggiungendo 25 mm (1 inch).

Si noti che la posizione dei finestrini non è legata alla disposizione dei posti, ma dipende dal posizionamento delle ordinate e delle paratie.

Struttura della fusoliera: pavimento

Fonte: Niu, Airframe Structural Design



Pavimentazione per velivoli da trasporto passeggeri

Lo spessore del pavimento può essere inizialmente stimato come il 5% del diametro della sezione trasversale.

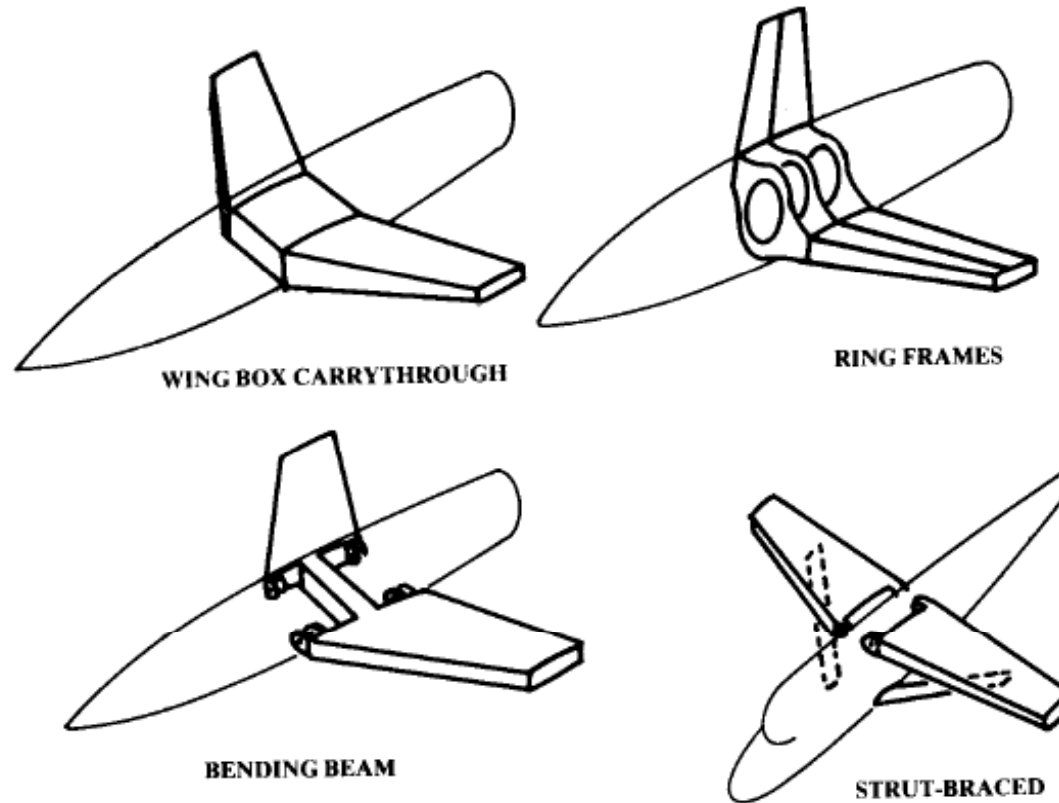
Queste sono le tipiche capacità di carico di un pannello per il pavimento:

75 – 100 lb/sqFt (passeggeri)

200 lb/sqFt (cargo)

Fonte Torenbeek

Struttura della fusoliera: intersezione con l'ala



Esempi di strutture di intersezione con l'ala

Fonte: D. Raymer

Struttura della fusoliera: intersezione con l'ala

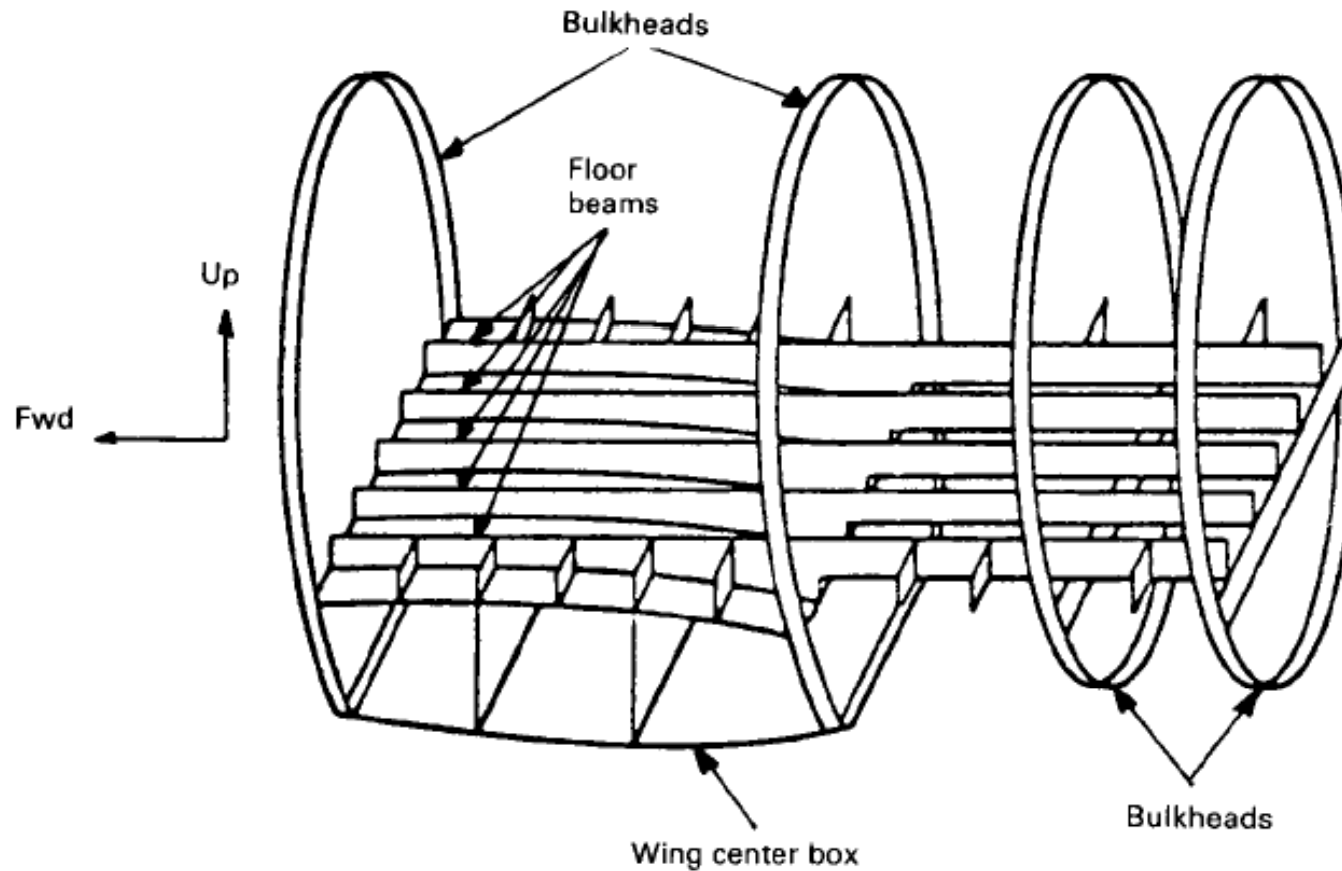


Fig. 11.3.25 Typical transport fuselage center section floor beams arrangement.

Fonte: Niu, Airframe Structural Design

Struttura della fusoliera: intersezione con l'ala

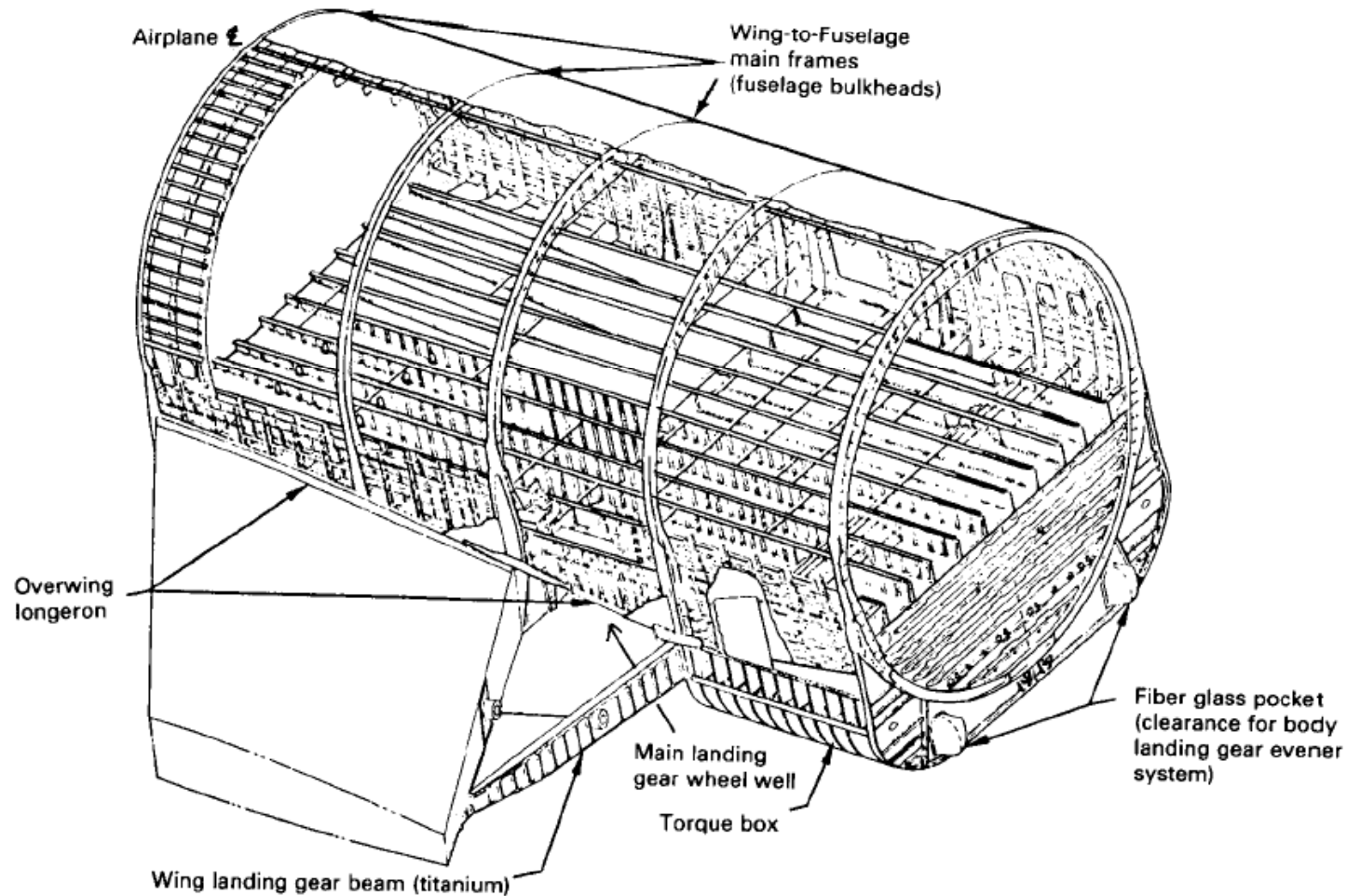


Fig. 11.5.3 Wing and fuselage intersection — B747.
(Courtesy of The Boeing Co.)

Fonte: Niu, Airframe Structural Design

Struttura della fusoliera: intersezione con l'ala

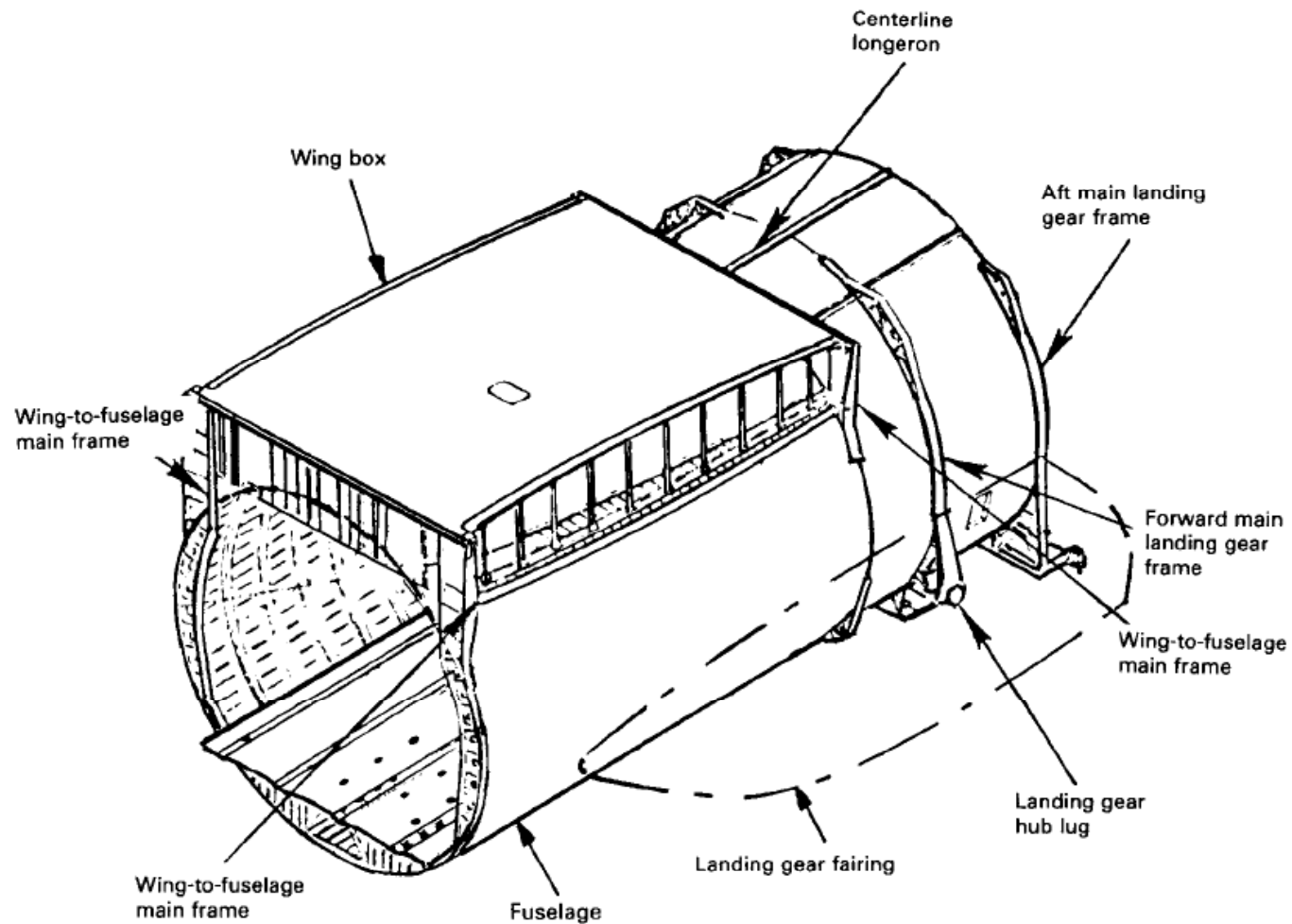
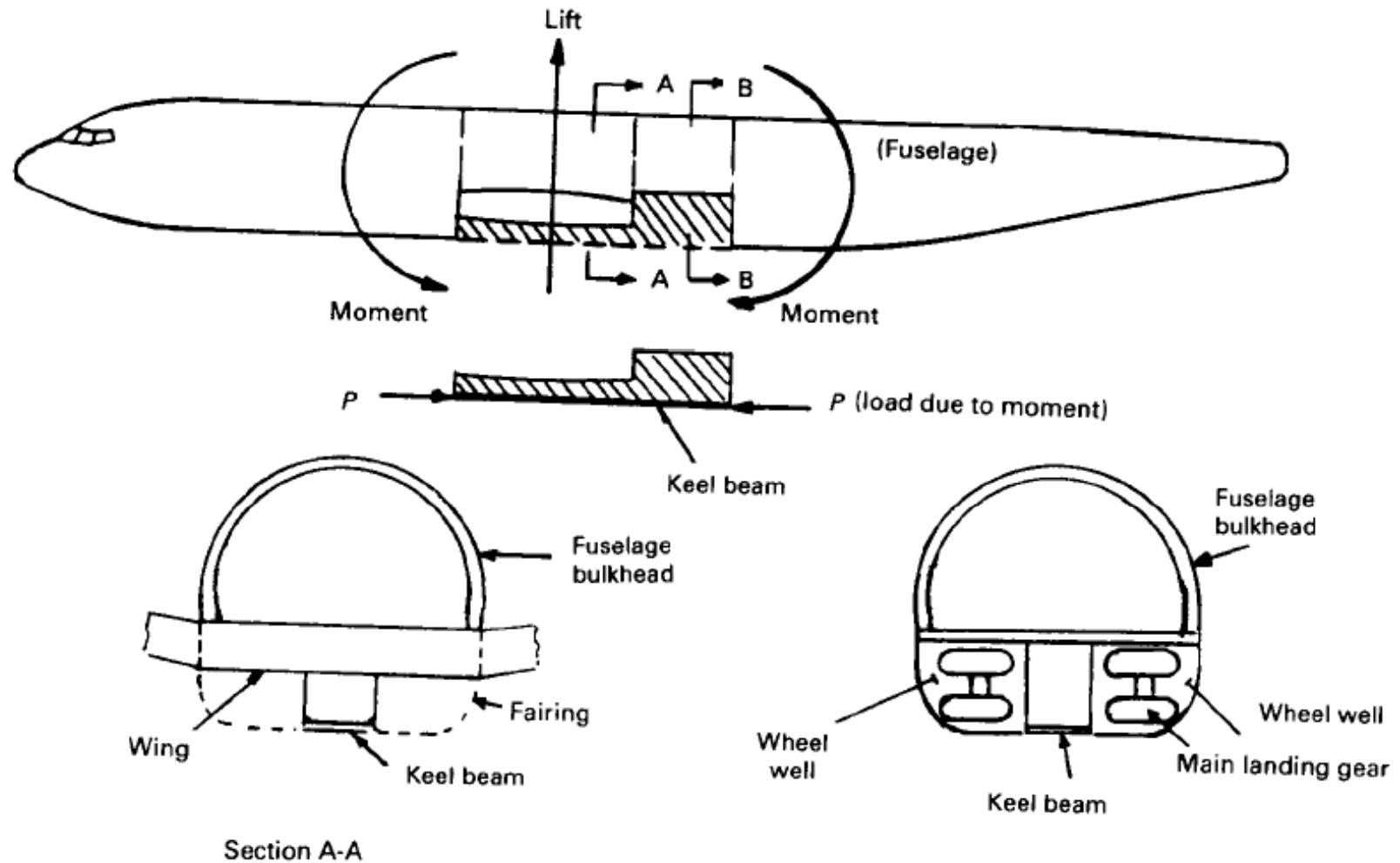


Fig. 11.5.4 Wing and fuselage intersection — C141.

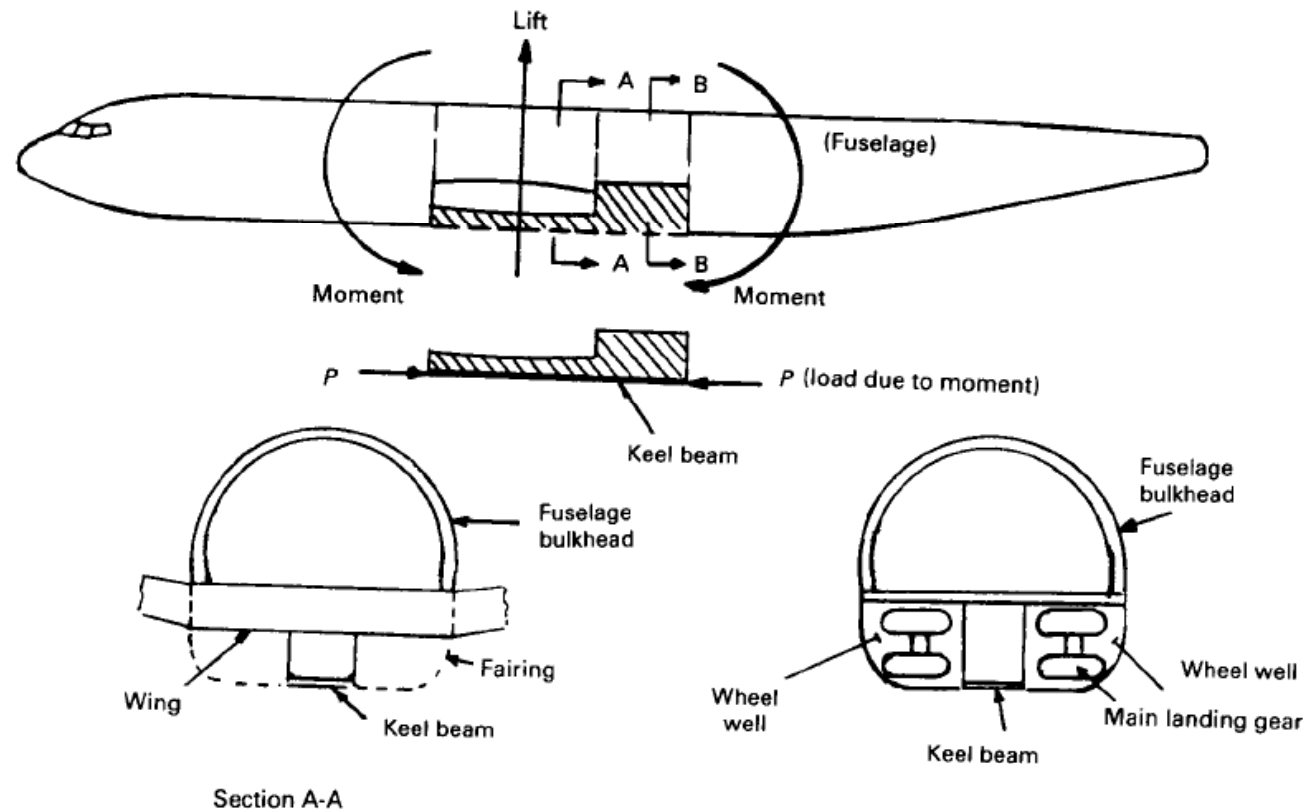
Fonte: Niu, Airframe Structural Design

Struttura della fusoliera: la *keel beam* e i *wheels wells*



Collocazione tipica della *keel beam* (trave di chiglia) su un velivolo da trasporto e sua funzione

Struttura della fusoliera: la *keel beam* e i *wheels wells*

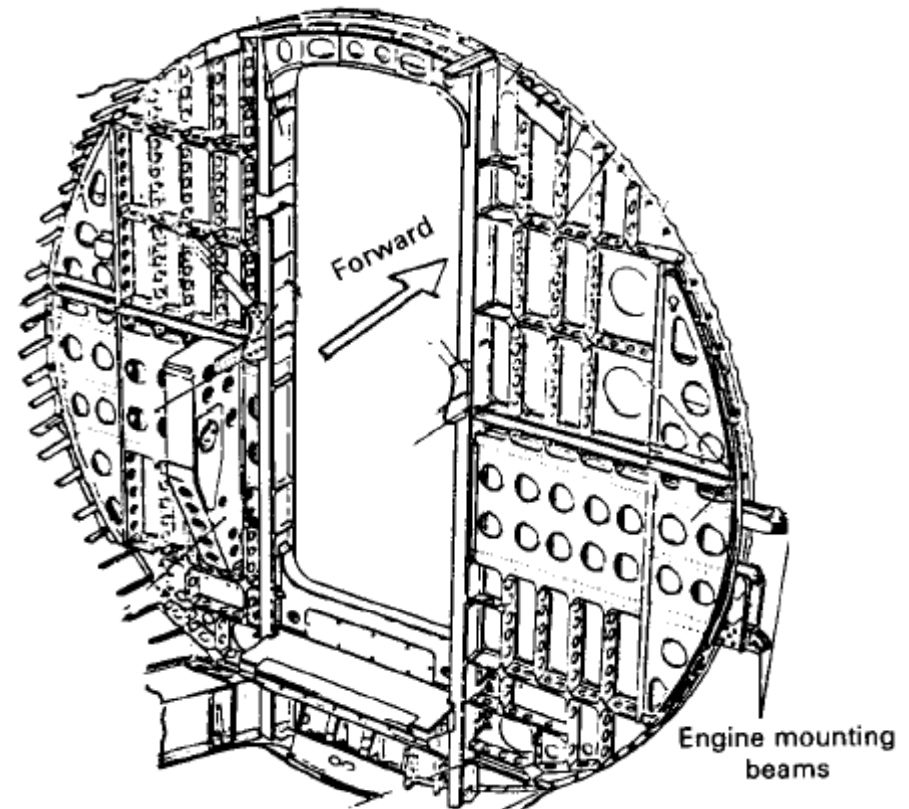
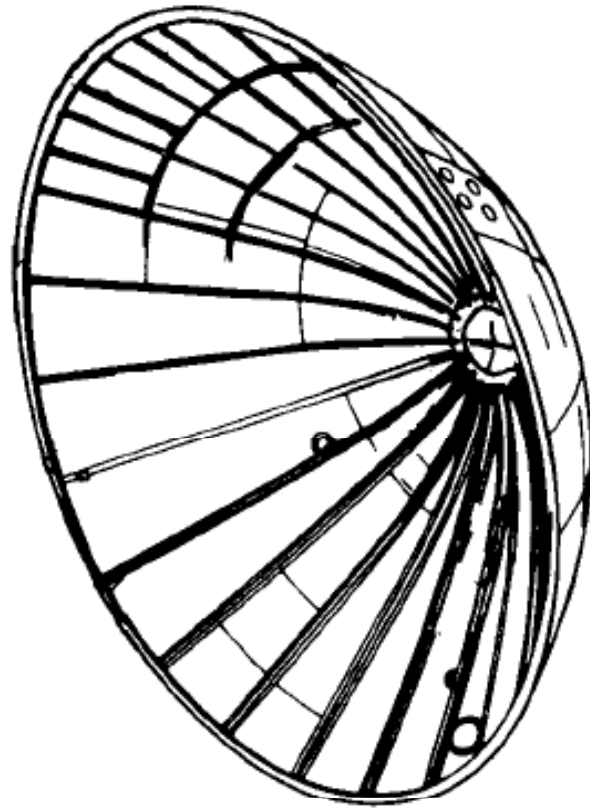


La *keel beam* è la struttura più sollecitata nella parte di fusoliera attraversata dal cassone alare.

Aperture speciali sono richieste per alloggiare i carrelli retratti. Gli alloggiamenti dei carrelli (*gears wells*) sono pressurizzati.

L'area della pancia della fusoliera, posta in corrispondenza della sezione di attraversamento dell'ala, è altamente caricata a compressione. La *keel beam* deve sostituire la capacità di carico persa rimuovendo il rivestimento e i correnti per la retrazione dei carrelli.

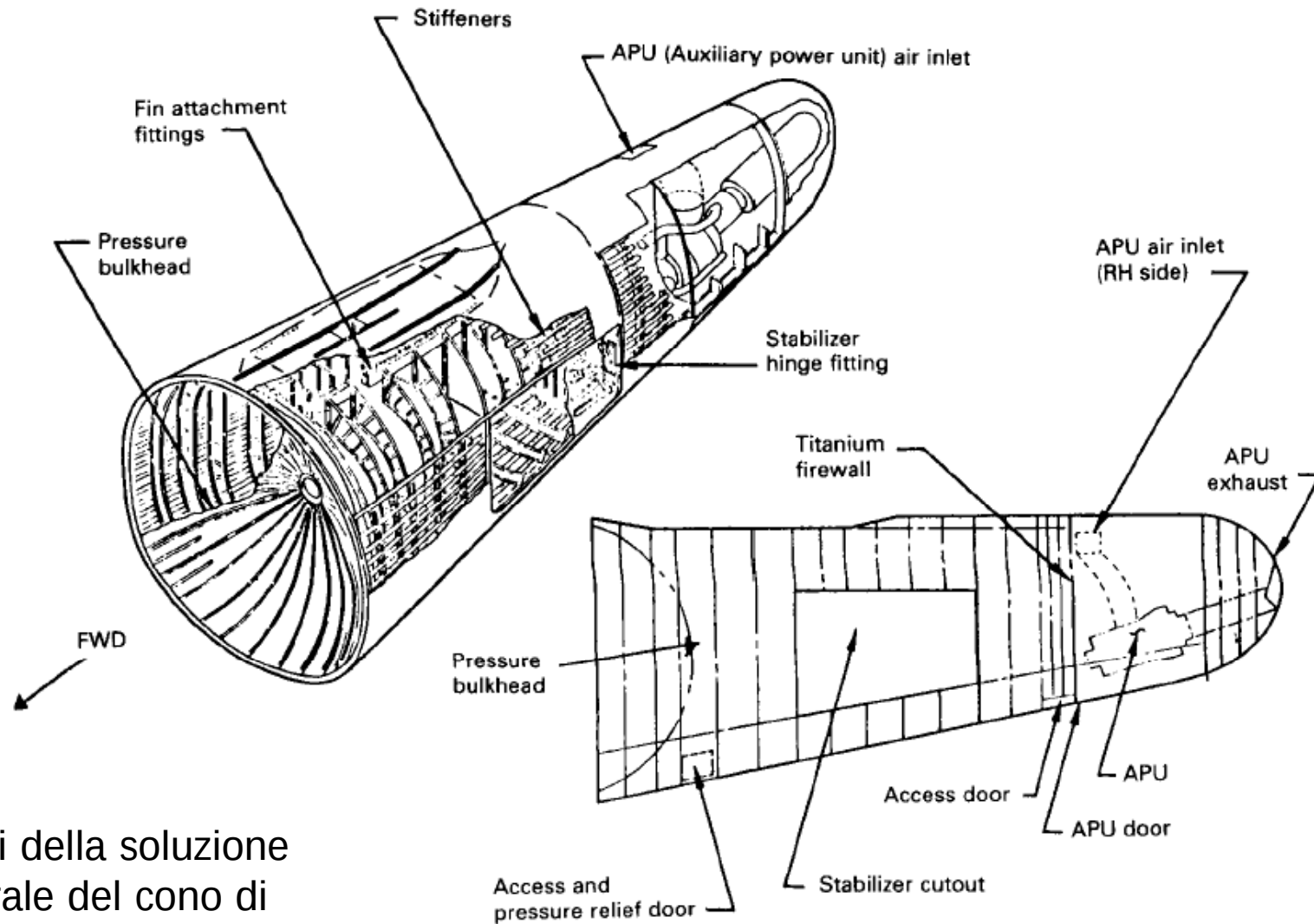
Struttura della fusoliera: le paratie di pressurizzazione



Paratie di pressurizzazione (*pressure bulkheads*), a cupola (*dome*) e piatte (*flat*)

Fonte: Niu, Airframe Structural Design

Struttura della fusoliera: il cono di coda



Dettagli della soluzione strutturale del cono di coda

Fonte: Niu, Airframe Structural Design

Progetto del layout di fusoliera (un breve sommario)

- Assumere il numero di posti per passeggeri nella parte cilindrica della cabina
- Controllare la dimensione dei sedili, lo spazio libero in altezza (*headroom*) , la distanza tra le spalle e i braccioli, etc.
- Generare il contorno della parte superiore della sezione trasversale (in base al numero stimato di corridoi)
- Controllare la dimensione degli eventuali contenitori cargo
- Tenere conto dello spessore del pavimento
- Generare il contorno della parte inferiore della sezione (tenere conto della possibilità di sezioni a doppia calotta, ellittiche e a pancia piatta)
- Controllare le dimensioni e la posizione delle porte e delle uscite di emergenza ed il relativo spazio libero (tenere conto degli spazi per servizi, cambuse, etc.)
- Disegnare la prua ed il cono di coda (controllare il numero di posti che possono essere disposti in queste aree ed eventualmente ridurre la lunghezza della cabina)
- Controllare l'angolo di deviazione verso l'alto del cono di coda (è richiesta una stima della lunghezza del carrello)
- Considerare lo spazio eventualmente sottratto dalla sezione centrale dell'ala al volume della stiva di carico
- Controllare la snellezza della fusoliera e, se richiesto, iterare.

La lista di passi proposta sopra riassume l'approccio al progetto descritto in precedenza. Sebbene specifico per velivoli passeggeri, lo stesso approccio dall'interno all'esterno può essere applicato anche ad altre categorie di velivoli (almeno nel caso del progetto di velivoli subsonici).