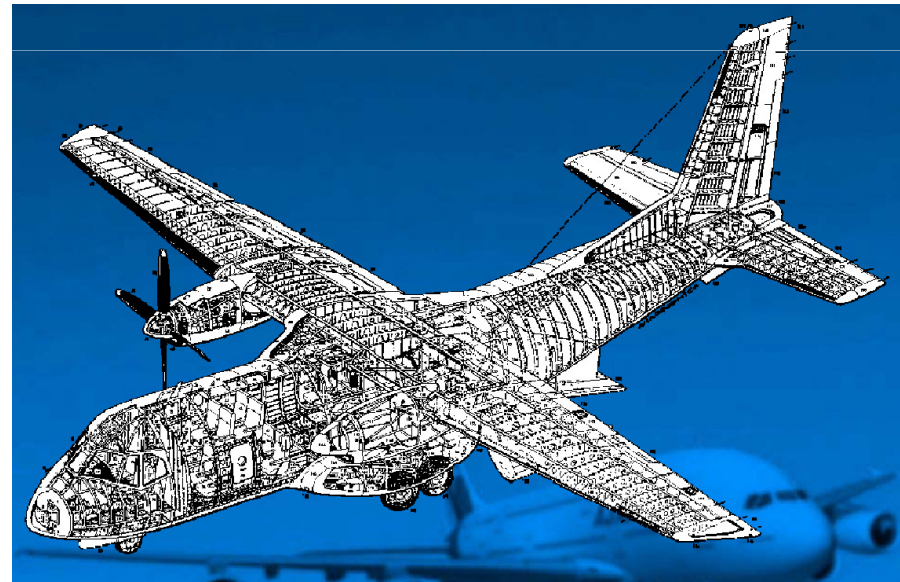




Esempi di Strutture Aerospaziali

- Proprieta'
- Caratteristiche
- Modi di Lavorare
- Durata nel Tempo





I Compiti delle Strutture

Una struttura deve essere in grado di resistere ai carichi operativi senza manifestare alcun cedimento, per il periodo di tempo richiesto

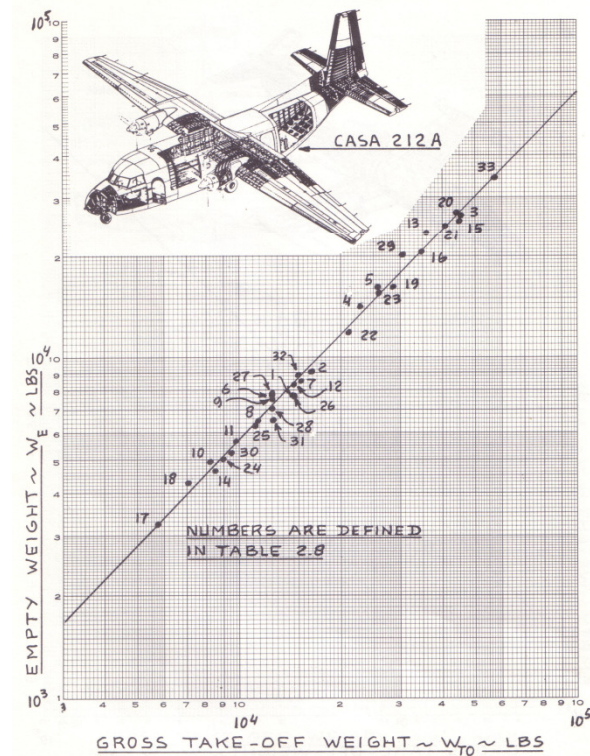
Una struttura aerospaziale deve riuscire ad assolvere il suo compito con il **MINIMO PESO**

I Carichi presenti su una struttura aerospaziale possono essere:

Statici - Dinamici - Aeroelastici
Aerothermici - Pirotecnici - da Impatto

Essi determinano una distribuzione di sollecitazione sui vari elementi che compongono la struttura.

Tali componenti vanno opportunamente dimensionati, nel rispetto dei requisiti di progetto e delle norme di aeronavigabilità'.





Esempi di Componenti Strutturali

In una struttura piu' o meno complessa sono presenti:

Parti strutturali, Elementi, componenti piu' o meno complessi

Uno o piu' materiali

Differenti tecniche di collegamento delle parti strutturali



Bicicletta

Tubi e collegamenti

Acciaio

Varie Tecniche di Saldatura



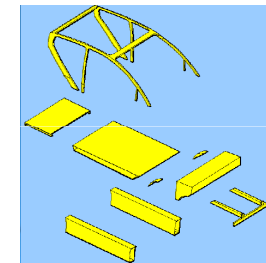
Automobile

Travi e Pannelli

Acciaio – Alluminio - Compositi

Saldatura a Punto (Spot Welding)

Incollaggi



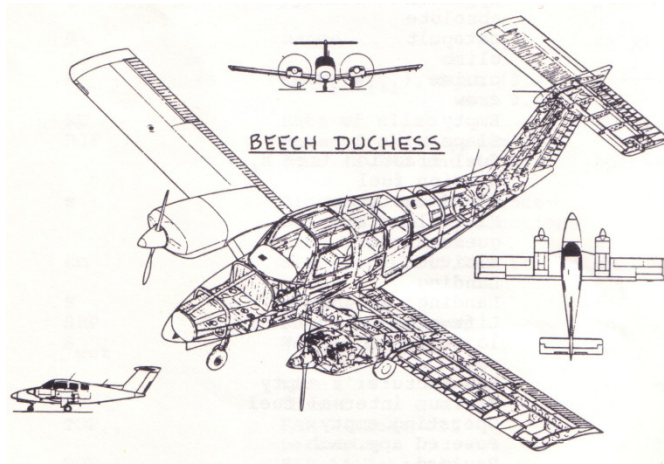
SMART Concept

Strutture Leggere

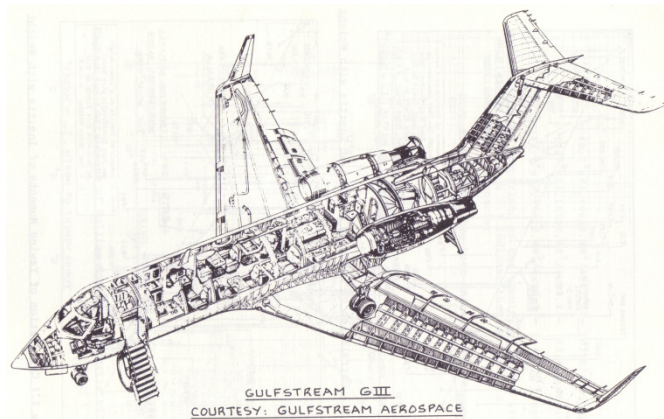
Bio Plastiche



Esempi di Componenti Strutturali



Aeroplano



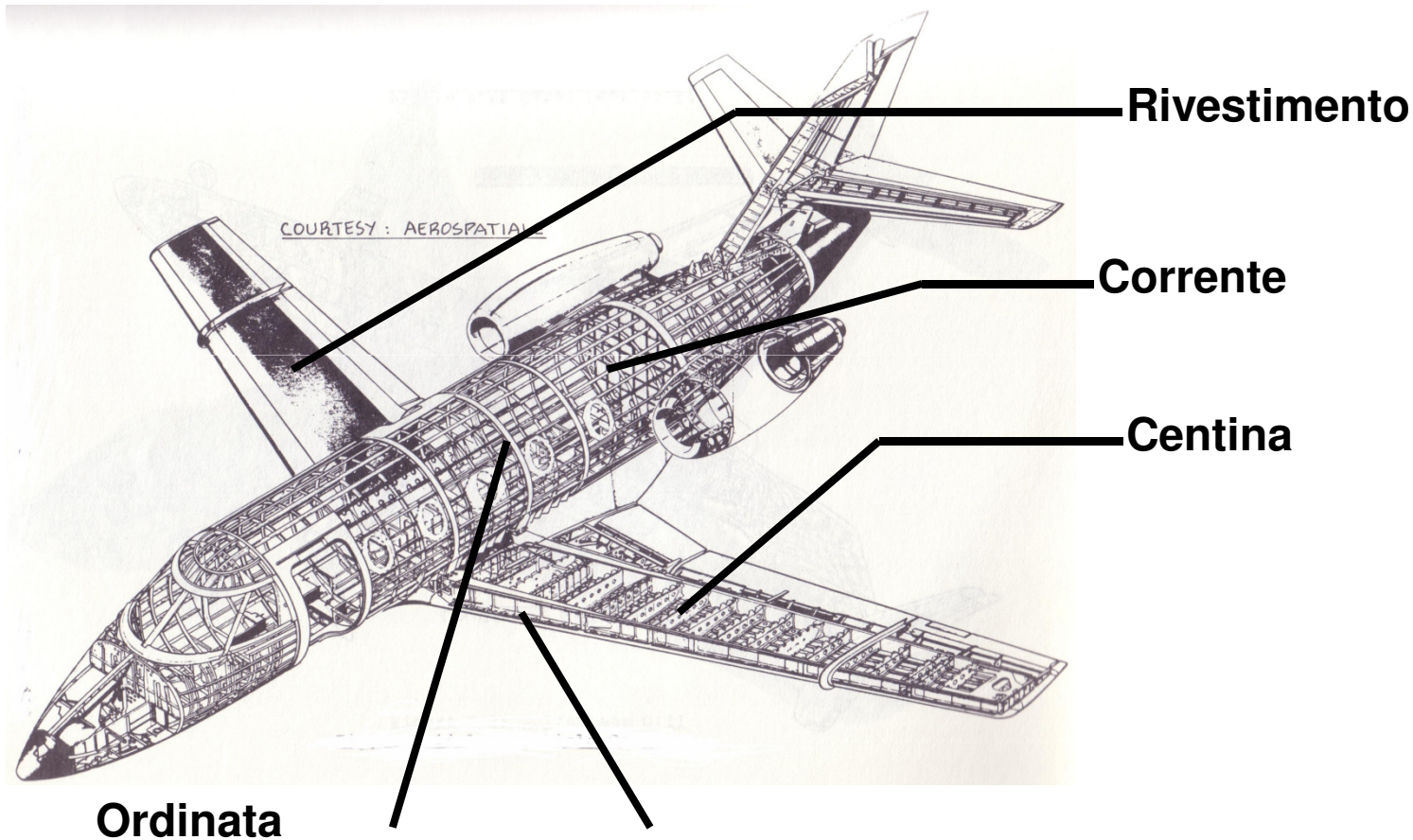
Pannelli (Sheet, Panel, Membrane, ...)
Correnti (Stringers)
Centine (Ribs)
Ordinate (Frames)
Longheroni (Spars)

Leghe di Alluminio
Compositi

Rivettatura (Riveting)
Incollaggi (Bonding)



Esempi di Componenti Strutturali (cont.)

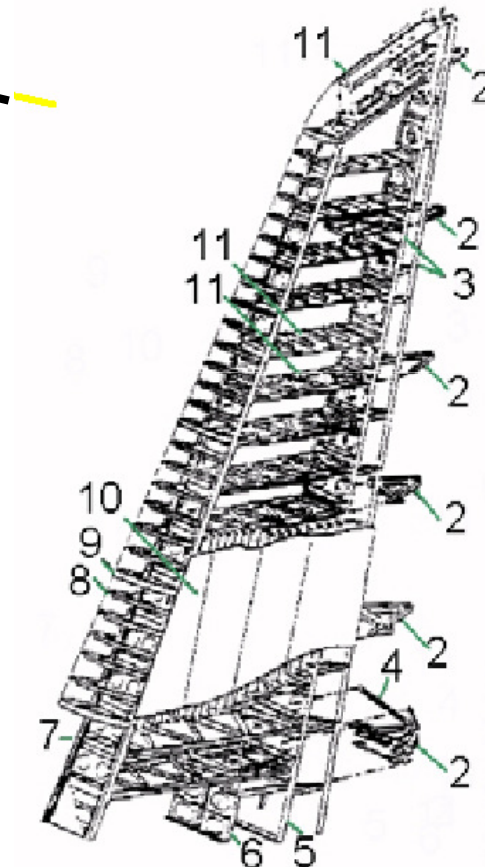




Dettaglio di Componenti Strutturali



1. Struttura d'estremita'
2. Supporti per il timone
3. Struttura del Bordo d'Uscita
4. Struttura per la Spinta
5. Longherone Posteriore
6. Trave
7. Longherone Anteriore
8. Centina di forma per bordo d'attacco
9. Centina di Bordo d'Attacco
10. Pannelli di Rivestimento
11. Centine





Tipologie e Configurazioni di Velivoli

Identificazione di Alcune Tipologie di Velivoli

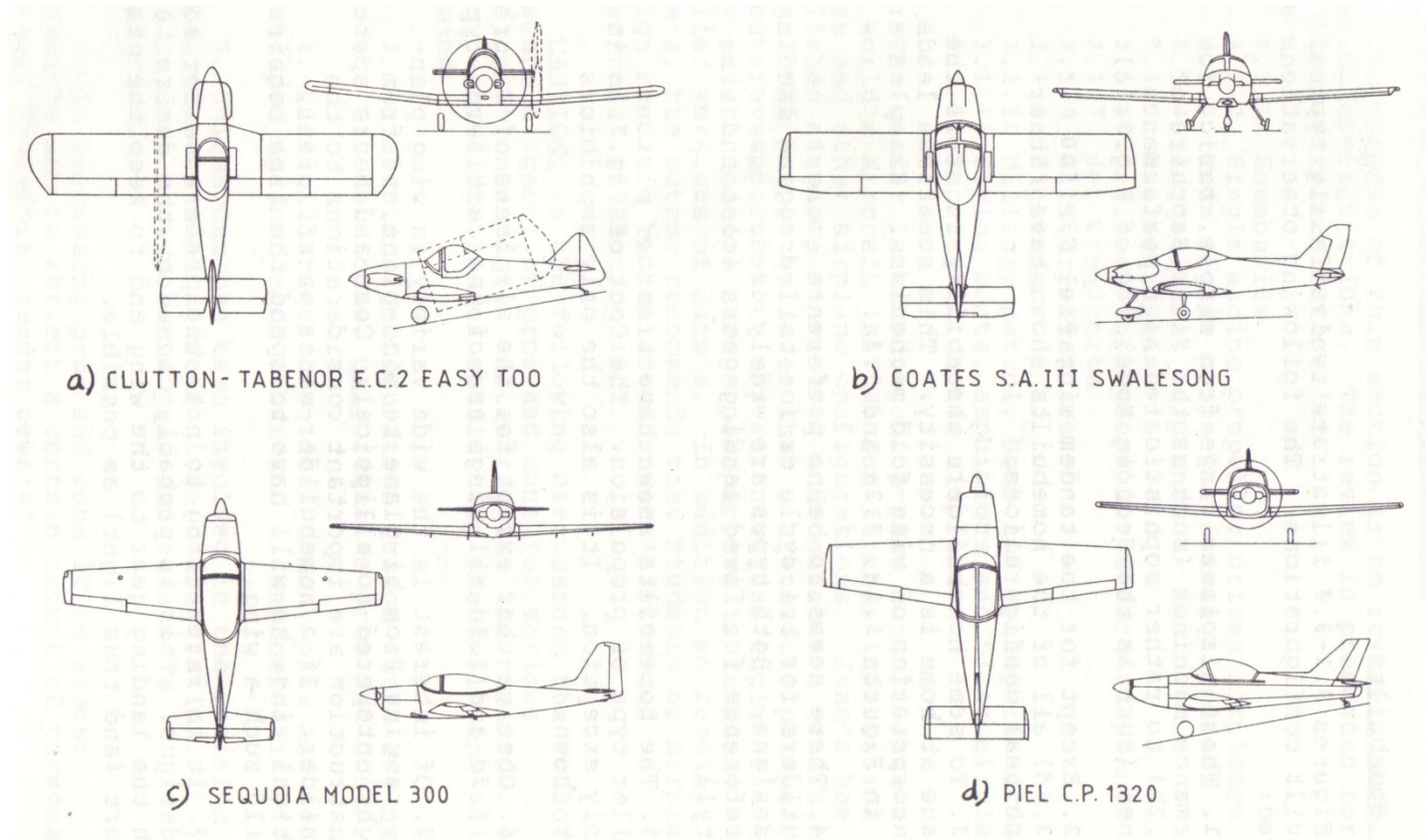
1. Autocostruiti (Homebuilts)
2. Monomotori ad Elica
3. Bi-Motori ad Elica
4. Velivoli Agricoli
5. Jet d'Affari
6. Trasporto Regionale (Commuter)
7. Trasporto a Getto
8. Addestratori Militari
9. Caccia Militari
10. Pattugliamento, Bombardieri e Trasporto Militare
11. Anfibi ed Idrovolanti
12. Velivoli a Crociera Supersonica

E' estremamente interessante osservare soluzioni strutturali, aerodinamiche, propulsive ed arguire sui PRO e sui CONTRO di differenti configurazioni, ma ricordando sempre:

- a) In qualsiasi configurazione non vi sono mai pro e contro ASSOLUTI, ma solo pro e contro RELATIVI
- b) Le motivazioni di una specifica scelta sono, quasi sempre, il frutto di studi di trade-off e di compromessi nel tentativo di ottimizzare conflicting requirements
- c) A meno che uno non sia stato direttamente coinvolto nella scelta di una soluzione, e' molto difficile determinare il perche' di un compromesso
- d) Nel discutere di pro e contro e' difficile non introdurre considerazioni personalistiche. Attenzione quindi !

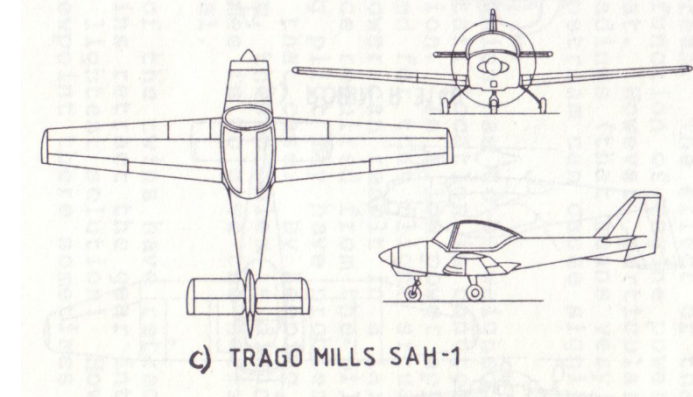
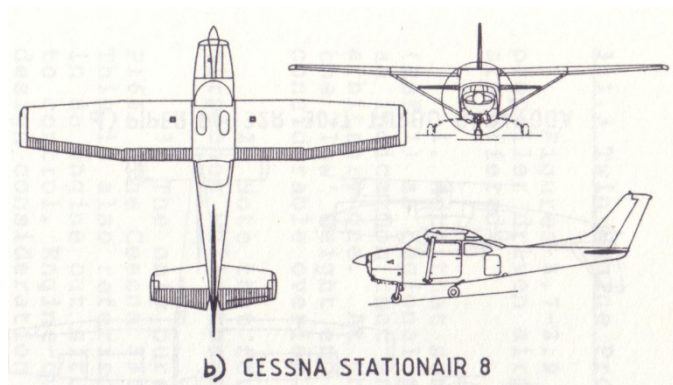
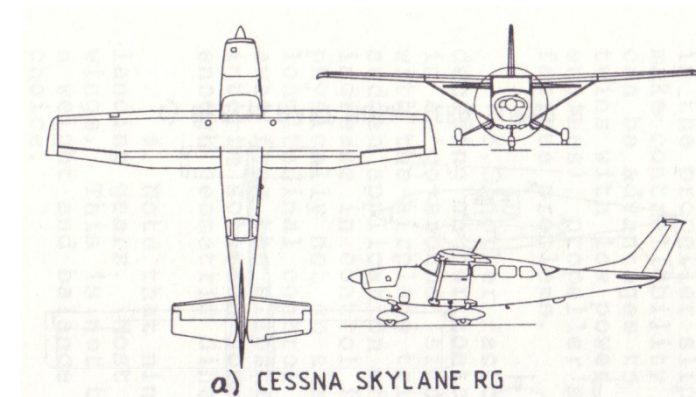
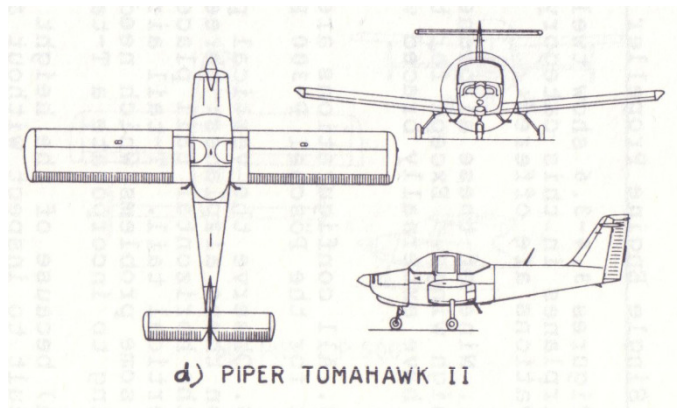


Tipologie di Velivoli Autocostruiti (Homebuilts)



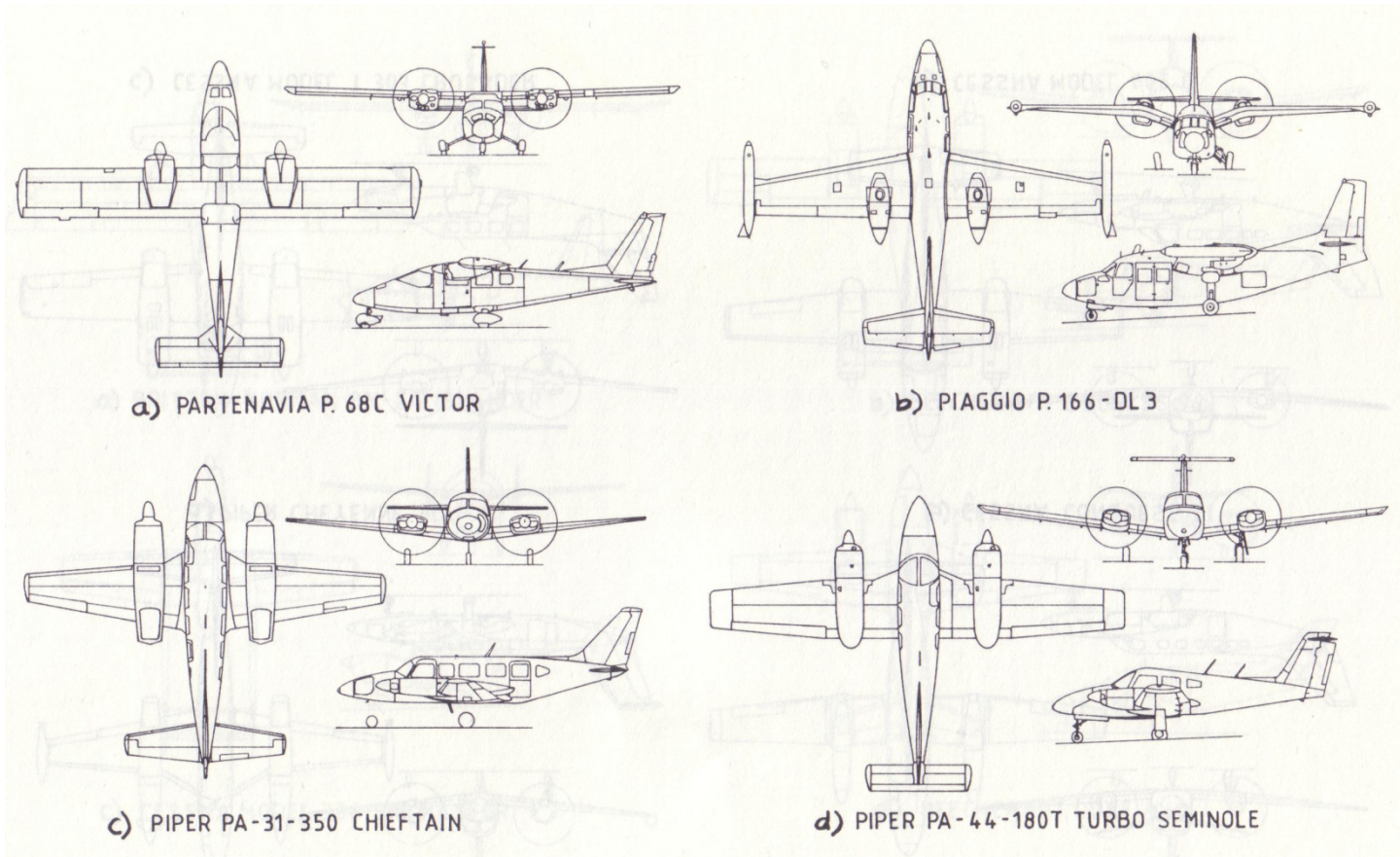


Tipologie di Velivoli Monomotori ad Elica



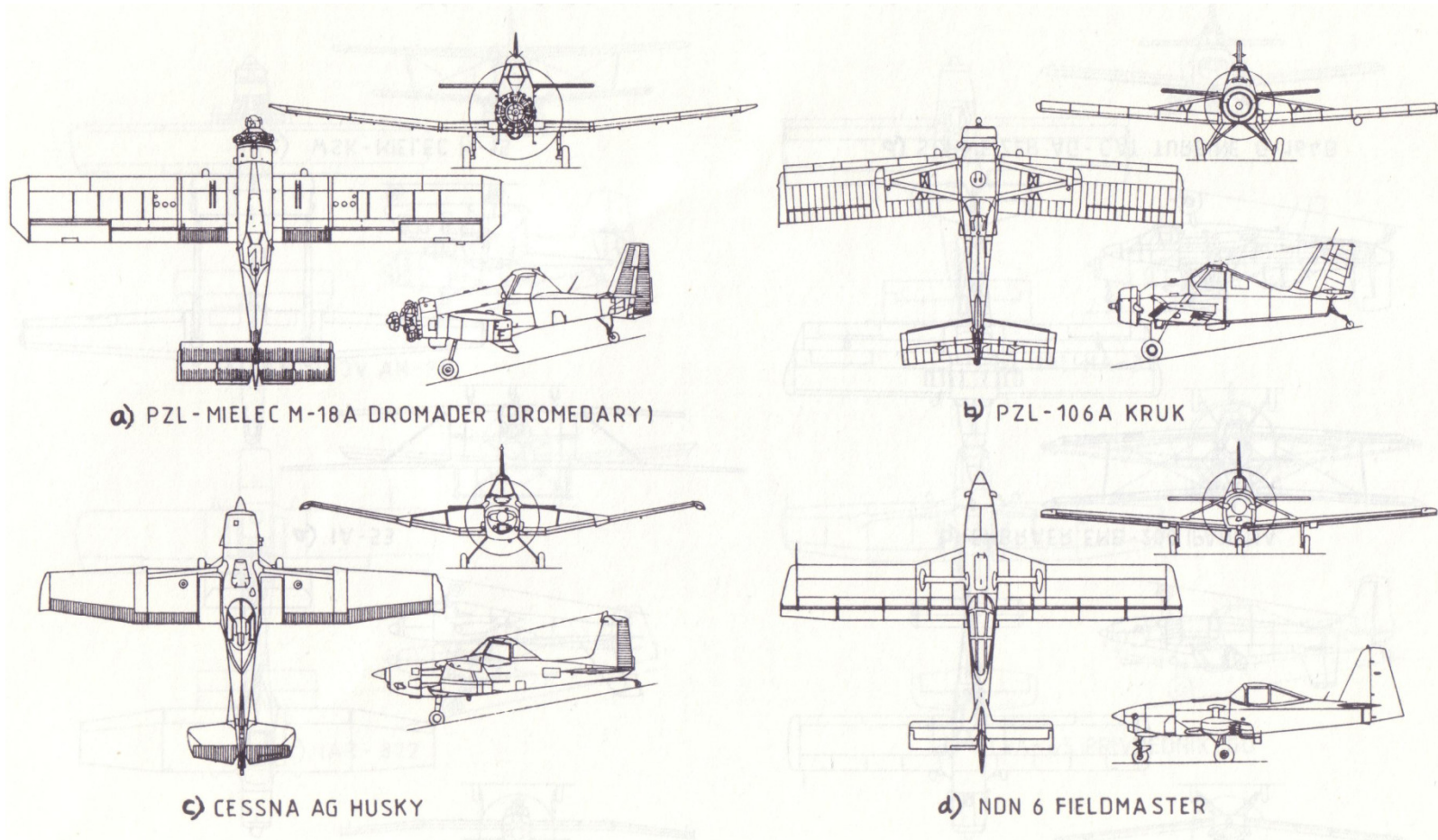


Tipologie di Velivoli Bi-Motori ad Elica



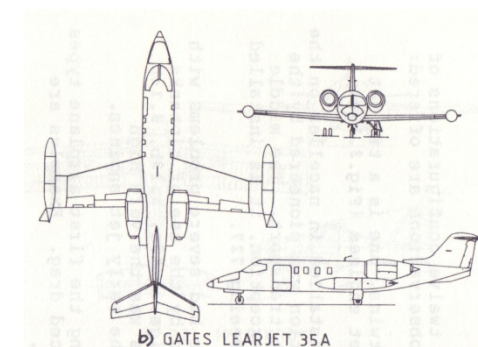
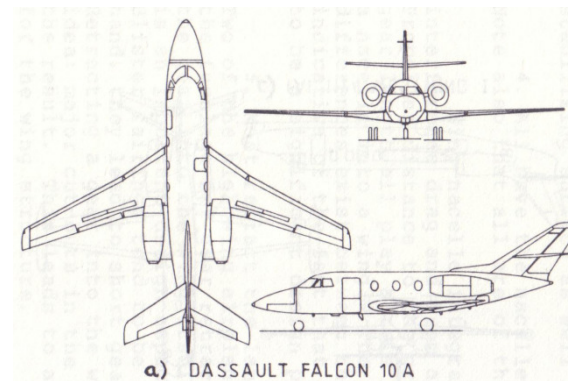
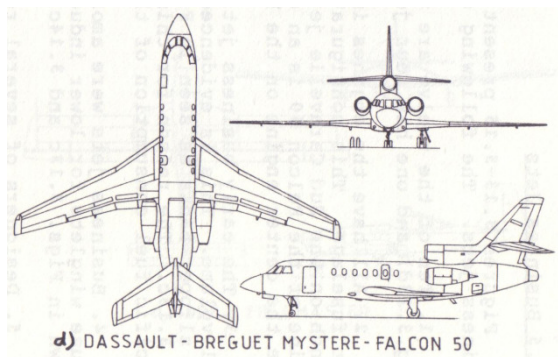
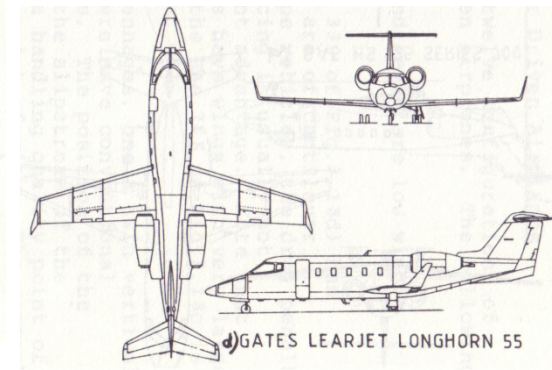
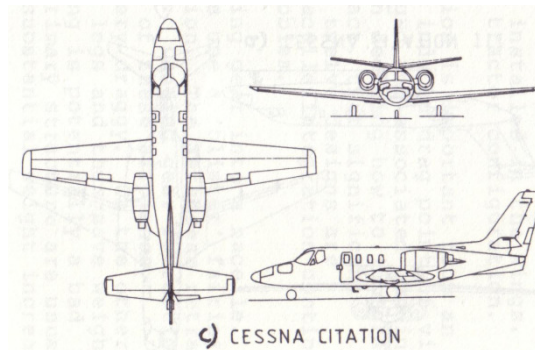
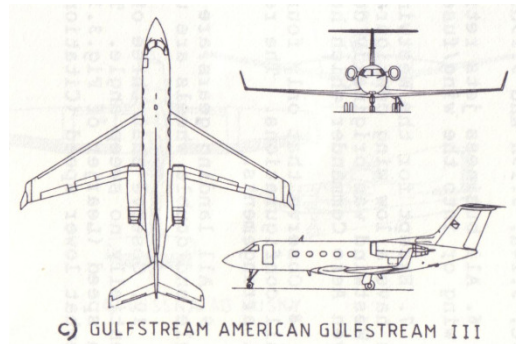


Tipologie di Velivoli per Uso Agricolo





Tipologie di Velivoli Business Jet





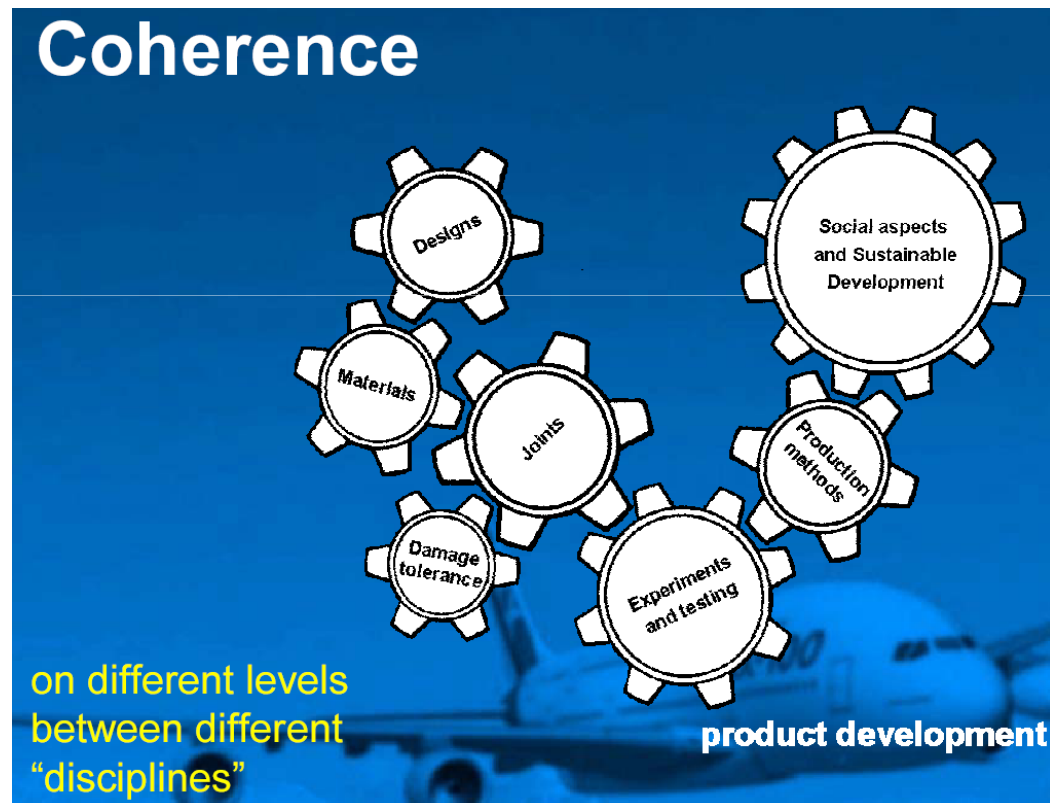
Requisiti di Progettazione Strutturale

Fondamentale la COERENZA
tra

Requisiti (Carichi, Basso Peso,
Ciclo di Vita, Prestazioni, Costo, etc.)

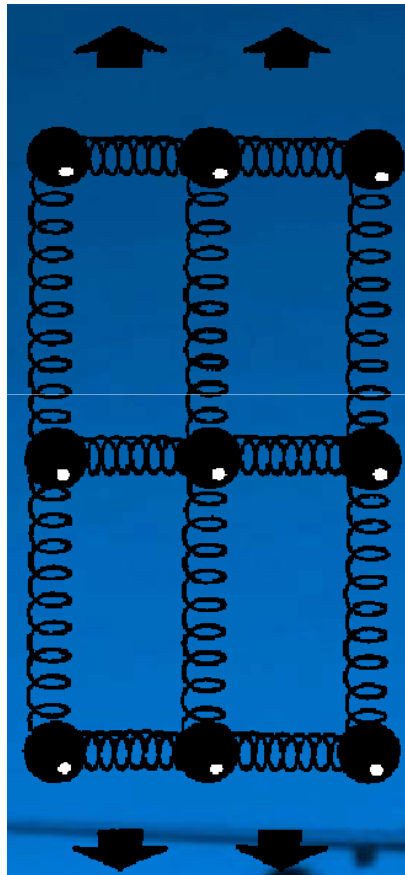
E

Tipo di Struttura
Materiali Utilizzati
Processi di Fabbricazione





Il Comportamento di una Struttura Caricata



Qualsiasi Struttura, Sotto Carico, si deforma
(anche un pavimento in cemento armato)

Le Forze che agiscono **SULLA** Struttura

Sono in **EQUILIBRIO**

Con le Forze che reagiscono **NELLA** Struttura

All'esterno noi vediamo gli **SPOSTAMENTI**

All'interno della struttura le molle (immaginarie)
sono tese/comprese ➡ **DEFORMAZIONE**



Il Comportamento di una Struttura Caricata (cont.)

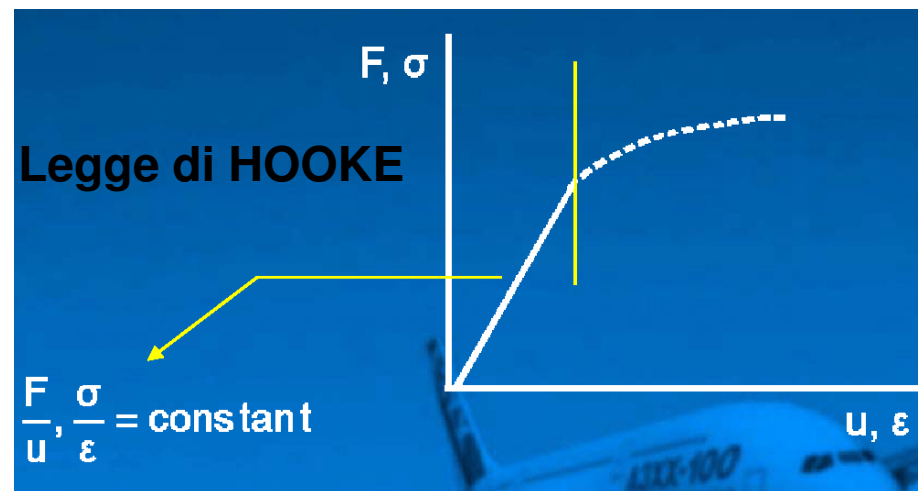
Per effetto di questa deformazione cambiano le forze di coesione interne e di conseguenza nasce la SOLLECITAZIONE (Stress)

All'ESTERNO

Le FORZE e gli SPOSTAMENTI sono PROPORZIONALI

All'INTERNO

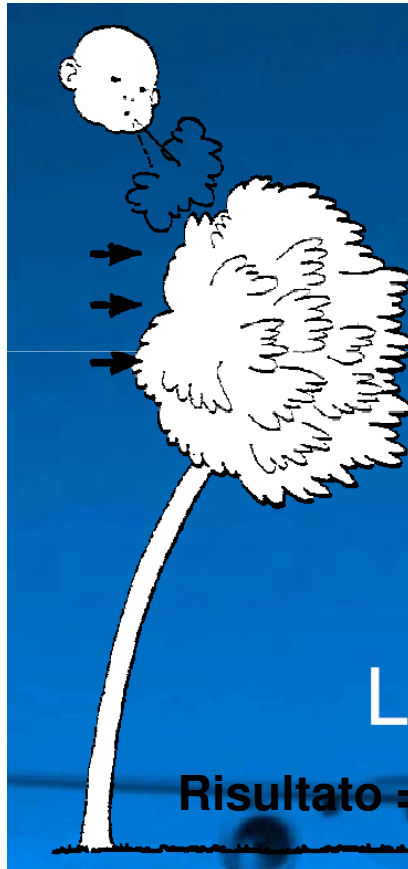
Le SOLLECITAZIONI e le DEFORMAZIONI sono PROPORZIONALI





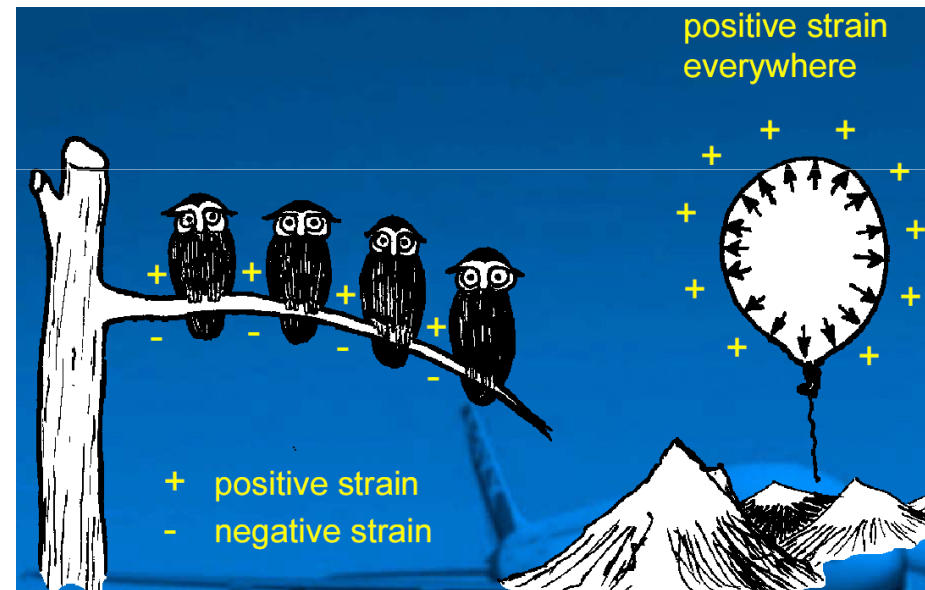
Il Comportamento di una Struttura Caricata (cont.)

Carico Esterno = Vento



Risultato = Flessione

Distribuzione della Sollecitazione

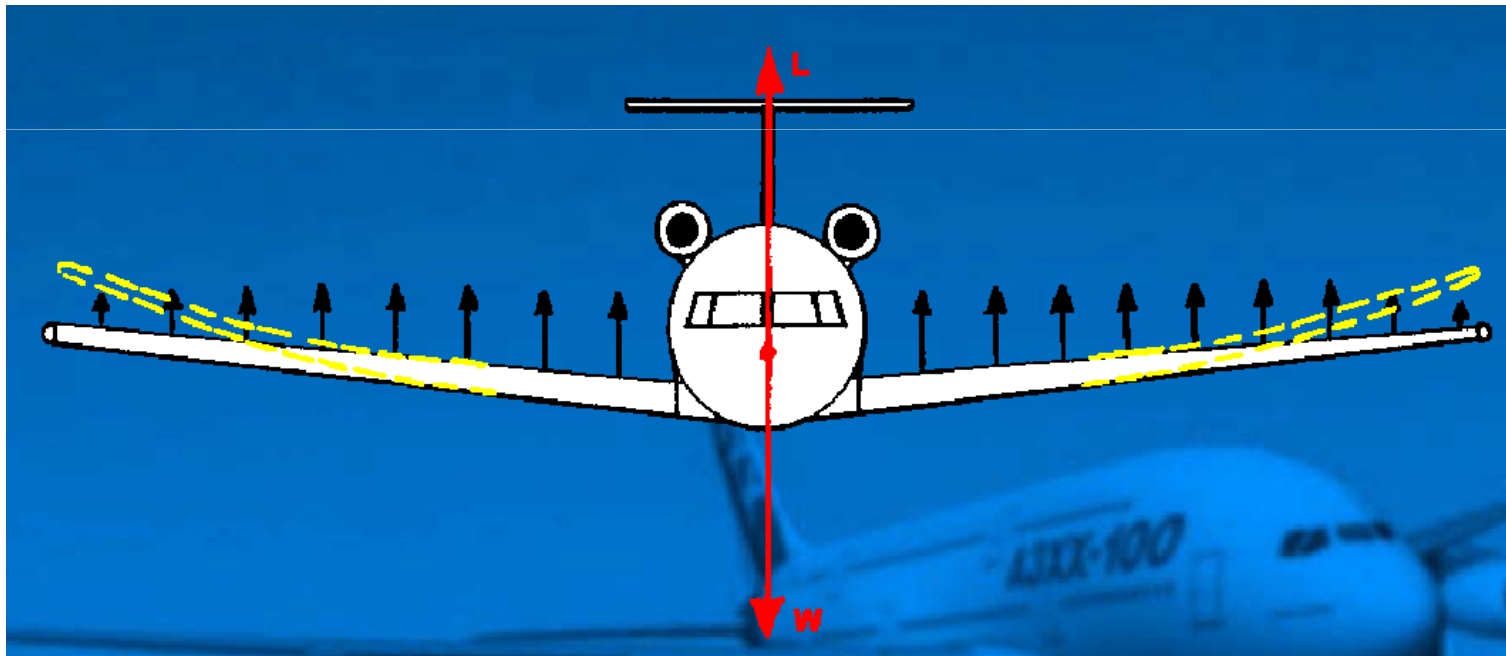




Il Carico su un Aeroplano

Carico Esterno = Portanza

Risultato = Flessione





Requisiti Strutturali di un Aeroplano

Sufficientemente Resistente (non *TROPPO* Resistente!) per sopportare i carichi piu' elevati che possono verificarsi durante la sua vita operativa

Sufficientemente Longevo (Long-Life)

al piu' basso possibile

P E S O
“ e / o ”
C O S T O

(e: ovvio – o: meno ovvio)





A I R F R A M E

Airframe: Velivolo senza gli allestimenti e gli equipaggiamenti interni
E' l'insieme delle componenti strutturali che resistono alle forze che nascono durante le varie fasi del volo (crociera, manovre. Decollo, atterraggio, etc.)

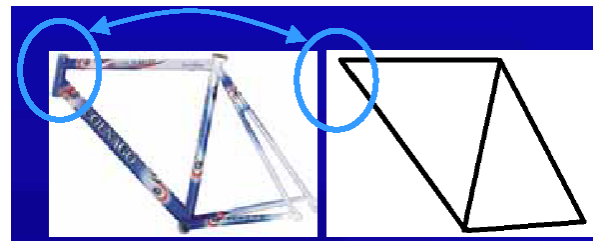
L'airframe e' composto dallo Skin e dai correnti, longheroni, ordinate, centine

In un moderno velivolo lo Skin e' relativamente sottile, ma e' fondamentale nel supportare i carichi di volo.

Storicamente il rivestimento si e' sviluppato a partire dalle strutture a traliccio (*Truss Structures*) che sono venute a modificarsi nel tempo per ragioni aerodinamiche e per lo sviluppo delle leghe leggere (*Stressed Skin*)

Le Strutture a Traliccio sono una tipica realizzazione Ingegneristica

Telaio di
Bicicletta



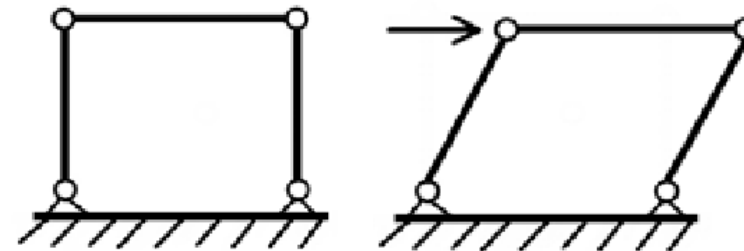
Torre Eiffel



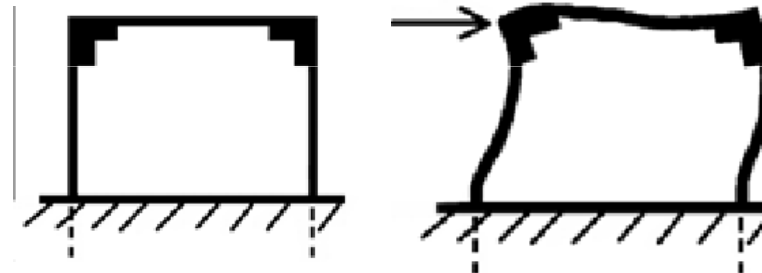
Semplici Strutture a Traliccio

Sono fatte di Aste o Tubi incernierati tra loro.

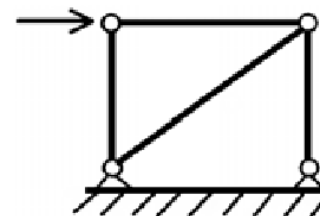
Allorche' caricate su un angolo, la struttura si piega (struttura *instabile*)



In presenza di giunzioni rigide aumenta la stabilita' della struttura, ma si produce una flessione degli elementi che la compongono.

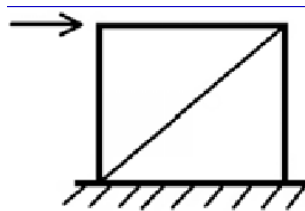


L'aumento di stabilita' della struttura si ottiene anche con l'inserimento di un elemento diagonale.

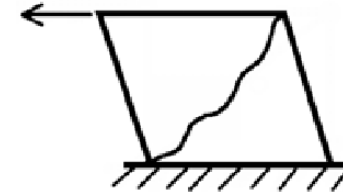




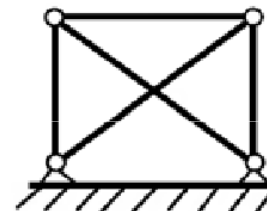
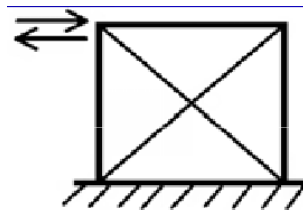
Semplici Strutture a Traliccio (cont.)



L'elemento diagonale aggiunto potrebbe essere anche un cavo. I cavi, però, non possono essere caricati a compressione



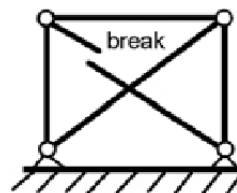
SOLUZIONE: Due Cavi / Aste



Nota: Nessuna cerniera all'incrocio tra le due aste

Svantaggi

Piu' difficile da assemblare
Piu' difficile da calcolare
Piu' pesante?



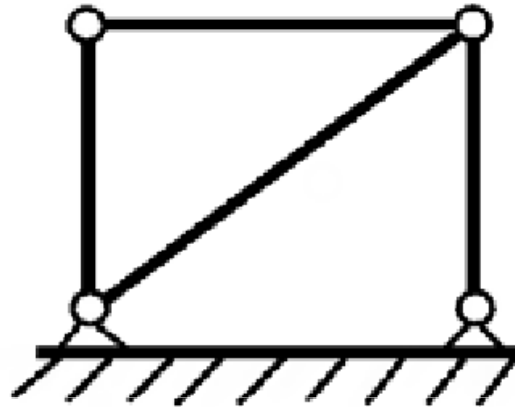
Vantaggi

Doppia possibilità di resistere al carico. Se un elemento diagonale cede, l'altro ancora stabilizza la struttura

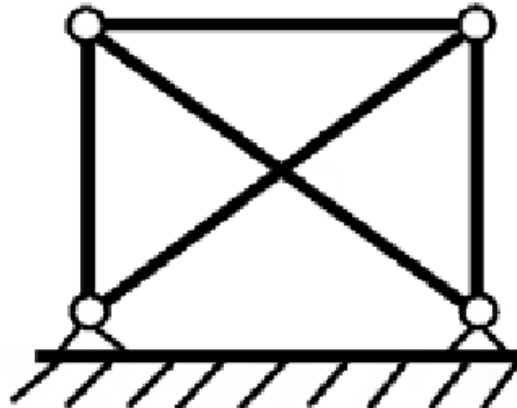


Due Principi Importanti

Safe Life
Vita Sicura



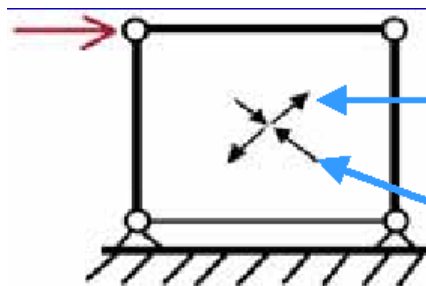
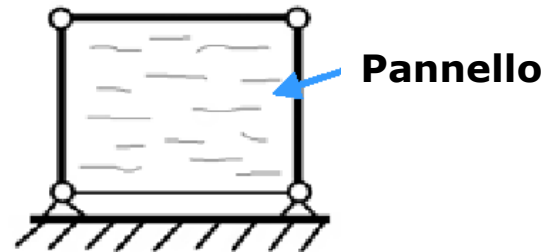
Fail Safe
Rottura Sicura





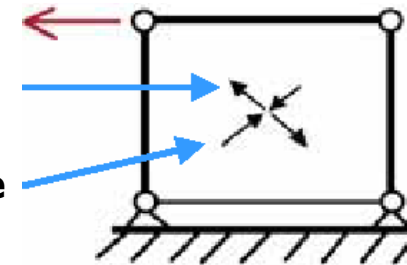
Progresso della Struttura a Traliccio

Sostituzione degli elementi diagonali con un pannello



Direzione in Tensione

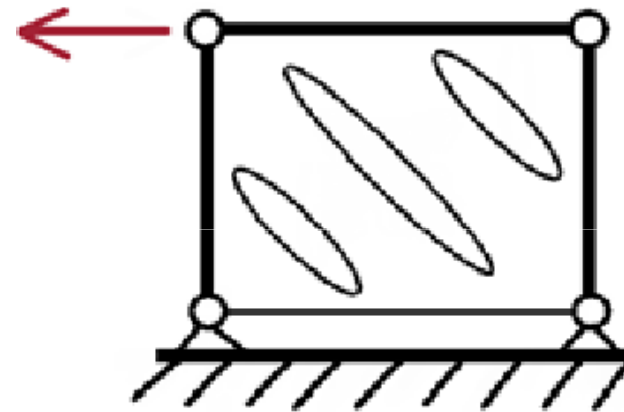
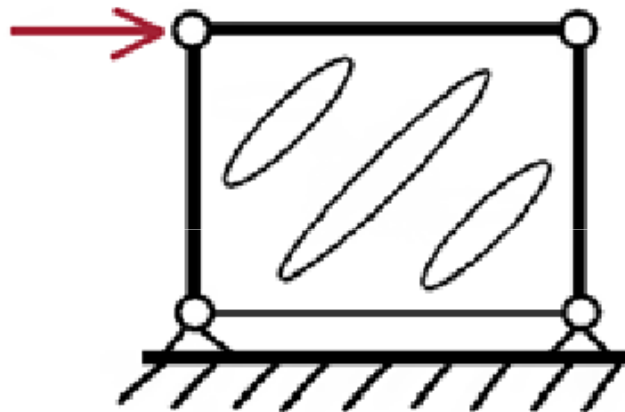
Direzione in Compressione





Instabilità Elastica - Buckling

All'aumentare del carico applicato le forze in compressione nel pannello provocano la formazione di imbozzamenti (instabilità locale del pannello).



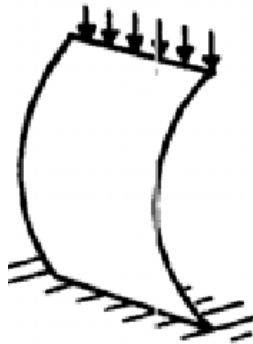
Non c'è Rottura ☒ Struttura Fail-Safe

Alla riduzione del valore del carico la struttura ritorna al suo stato precedente (instabilità elastica)

I fenomeni di Instabilità a compressione sono estremamente importanti nelle strutture aerospaziali

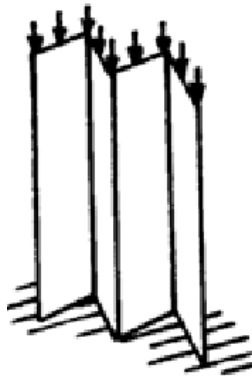


Irrigidire i Pannelli



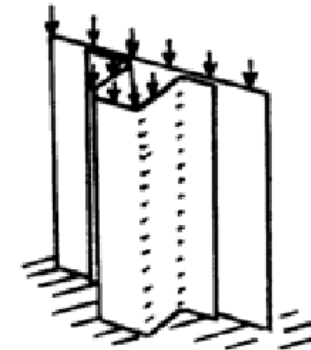
Un pannello soggetto ad un carico di compressione si imbozza.
Panel Buckling.
Lo stesso carico a trazione non avrebbe creato alcun problema.

Si pone quindi il problema di irrigidire il pannello mantenendo il concetto di Lightweight Structure.



Piegare un pannello ha un sensibile
effetto di irrigidimento

Supportare il pannello con
un corrente di irrigidimento
(tipica soluzione nelle costruzioni aerospaziali)



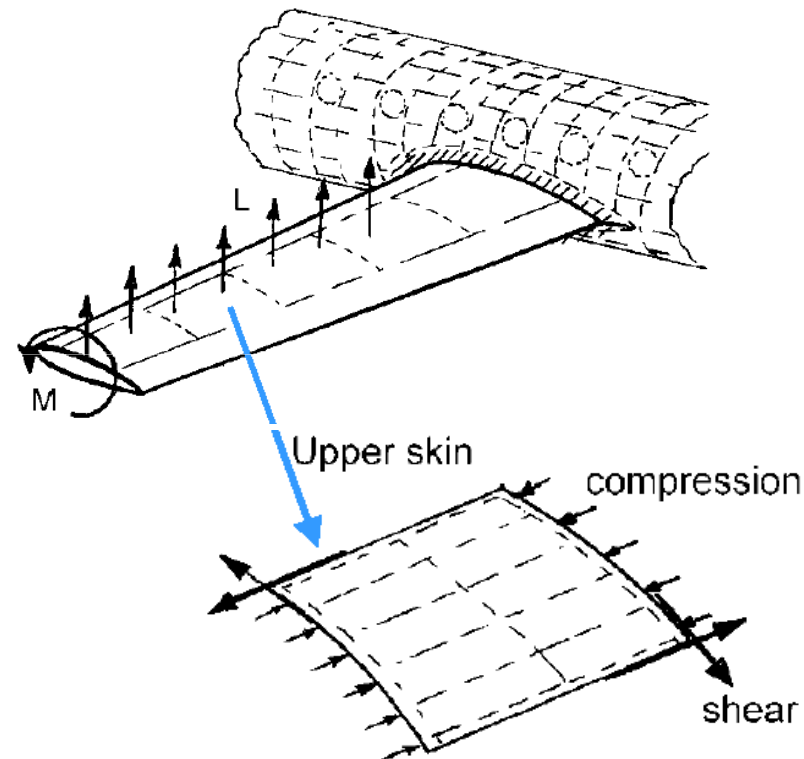


Rivestimento Irrigidito nei Velivoli

Struttura Alare

Carichi Esterni

Lift & Moment



Rivestimento irrigidito con correnti e centine



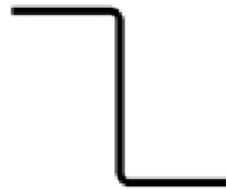
Geometrie di Correnti di Irrigidimento

Funzione del tipo di Carico, della tecnica
di giunzione, ...

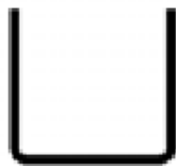
Del Processo di Produzione



L



Z

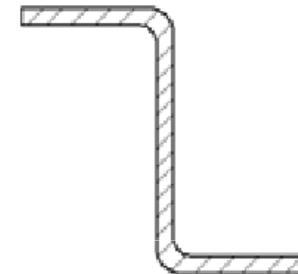


U

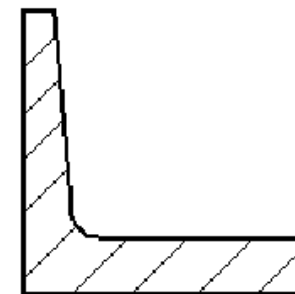


Hat

Piegatura

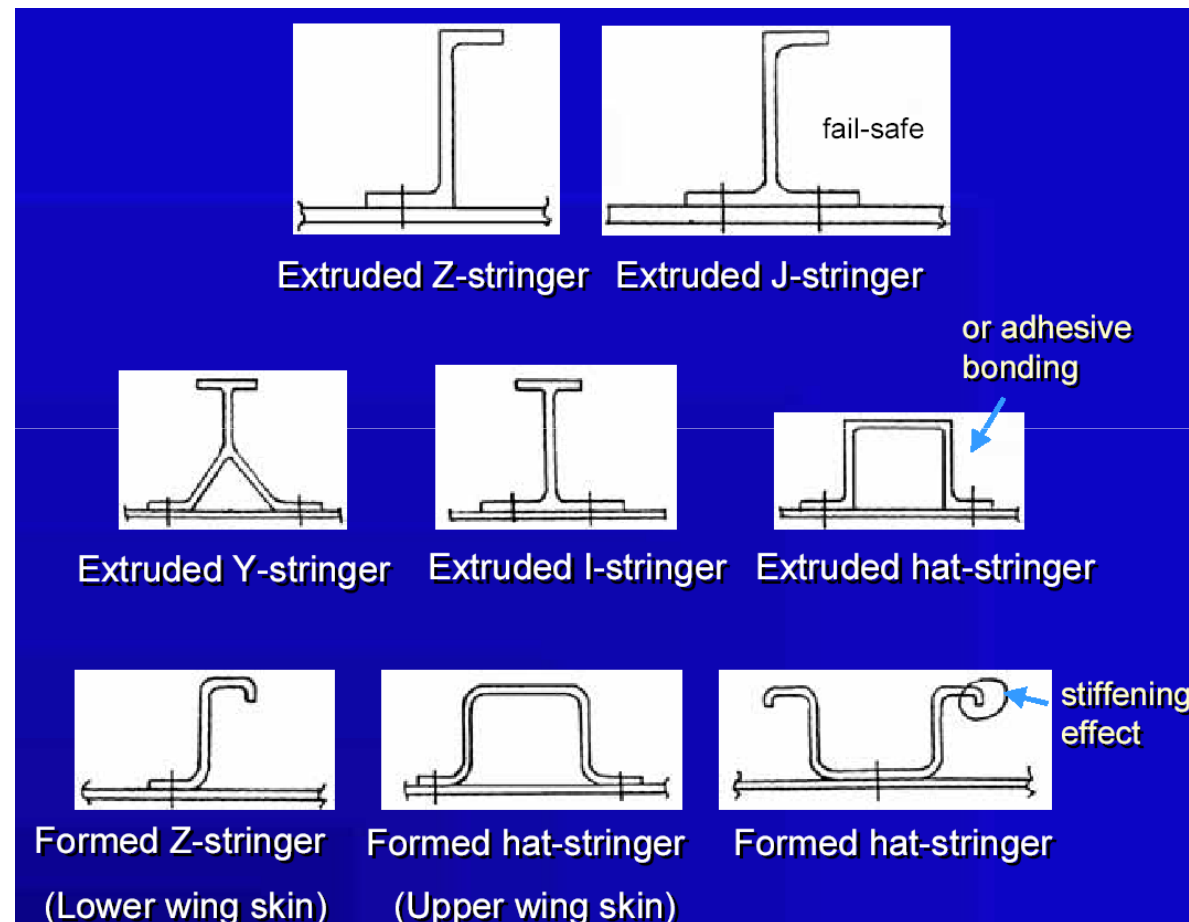


Estrusione





Geometrie di Correnti di Irrigidimento (cont.)





Esempi di Irrigidimento di Strutture Alari

Type Aircraft	Skin	Type structure	Material	Shape	
F100	upper lower	stringer stringer	7075-T6 2024-T3		
MD-90	upper lower	stringer stringer	7075-T6 2024-T3		
B 747	upper lower	stringer stringer	7075-T6 2024-T3		
A-300	upper lower	stringer stringer	7075-T6 2024-T3		
C-5A	upper lower	integral integral	7075-T6 7075-T6		



Altri Concetti di Irrigidimento Strutturale

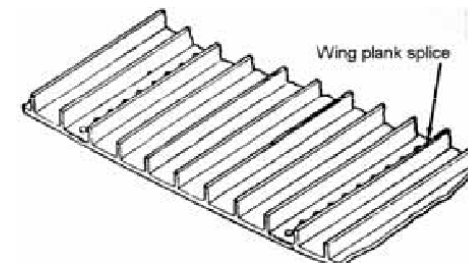
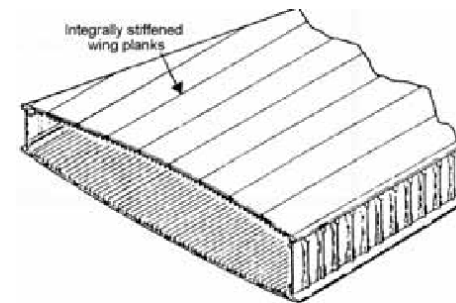
Struttura Integrale



Basso numero di Parti
Spessore adattabile con continuit 
Semplice geometria di irrigidimento



Notevole sfrido (~90%)
Crescita rapida della cricca
Difficolt  di riparazione
Spessore elevato $\Rightarrow$ Grossi velivoli



Sandwich



Non sono necessari correnti di irrigidimento
Ottima resistenza a compressione



Dettagli complessi e costosi
Problemi di corrosione

