



Costruzioni in Acciaio

Edifici monopiano in acciaio











Edifici monopiano

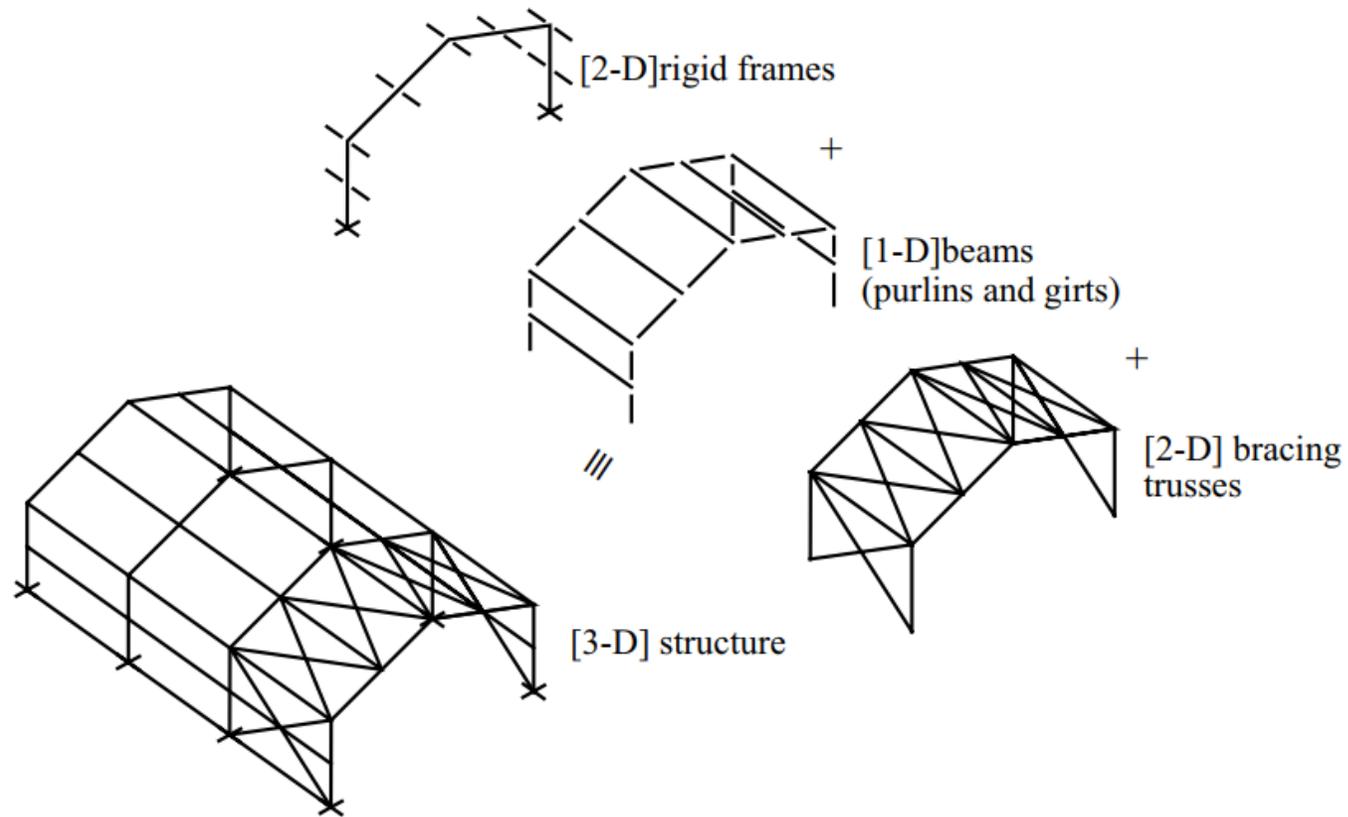


Figure 1.1 Reduction of a [3-D] structure to simpler forms.

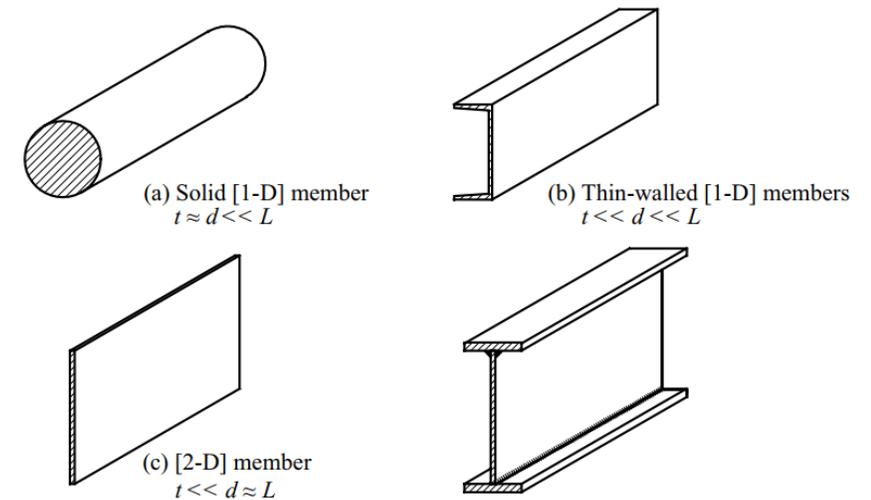


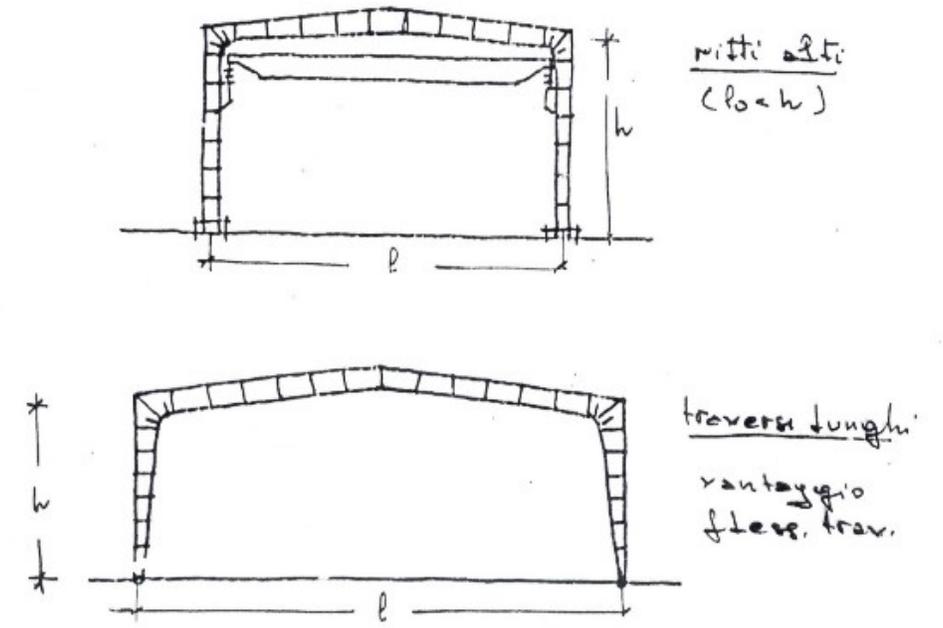
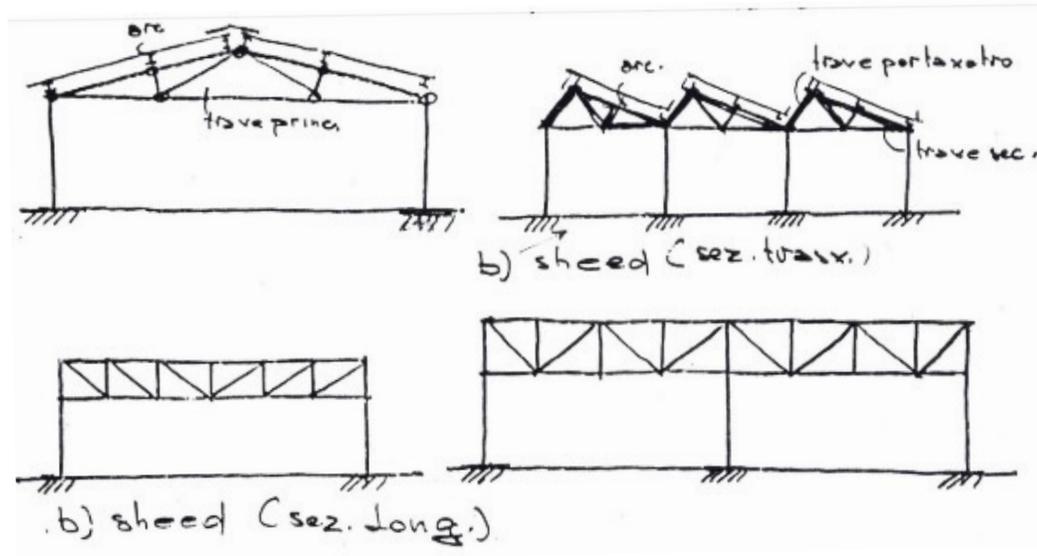
Figure 1.2 Types of structural steel members.

Edifici monopiano



Edifici monopiano

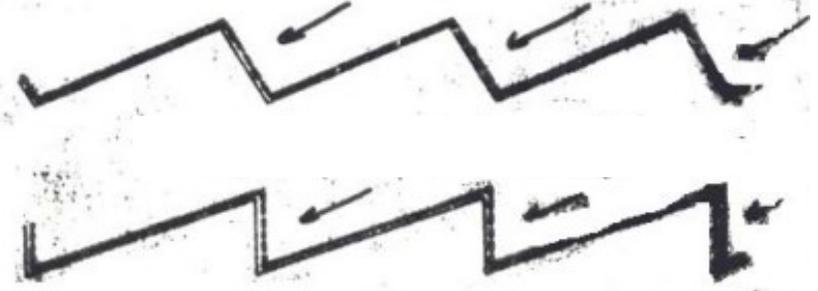
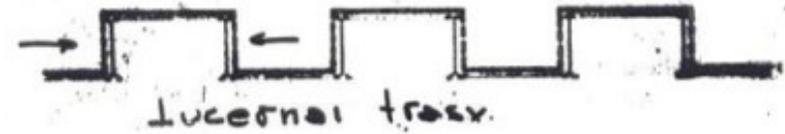
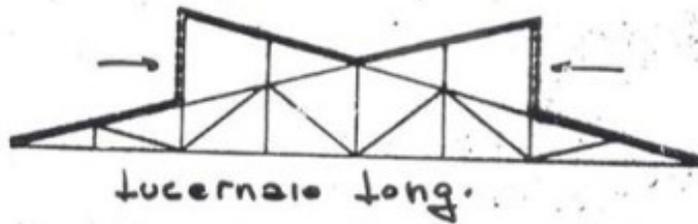
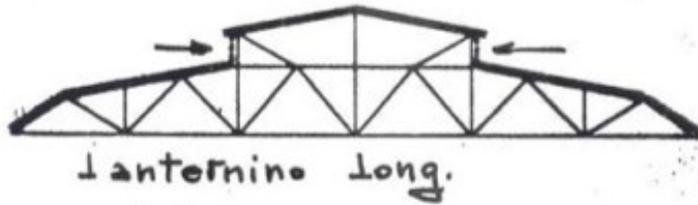
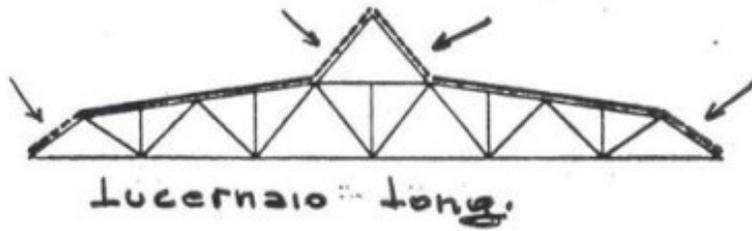
COLONNE INCASTRATE + CAPRIATE BIELLA
oppure
(COLONNE INCERNIERATE + CONTROVENTI)
+ CAPRIATE BIELLA



DEMONSTRAÇÃO

demonstration

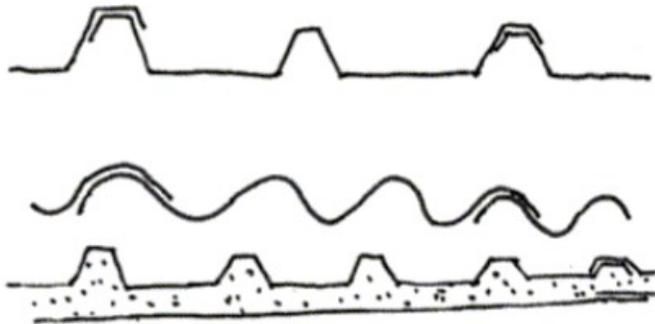
Copertura



Manto di copertura

Esso può essere essenzialmente di tre tipi:

- lamiera d'acciaio;
- fibrocemento;
- sandwich di lamiera



In funzione della luce si adottano, generalmente, le seguenti scelte costruttive:

- $1 \leq l \leq 4 \text{ m}$ in lamiera con $s \geq 6/10$;
- $1 \leq l \leq 1.2 \text{ m}$ in fibrocemento;
- $6 \leq l \leq 8 \text{ m}$ con sandwich di lamiera.
- $> 6\%$ se giuntate;

Il carico utile viene valutato come quel carico che produce una freccia inferiore a

$$\frac{l}{200}$$

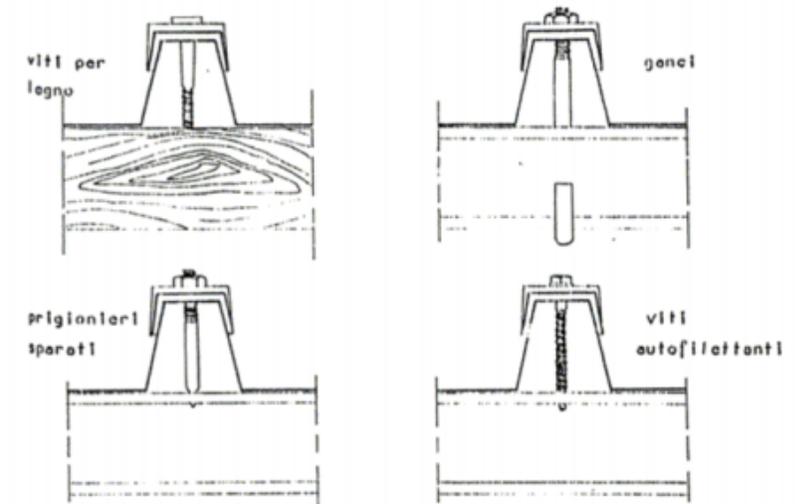
L spessore	1.25	1.50	1.75	2	2.25	2.50
6/10	259	178	129	96	75	60
7/10	308	216	154	115	90	72
8/10	359	247	179	135	105	84
10/10	460	316	230	174	135	108

Le pendenze necessarie allo smaltimento delle acque piovane possono essere:

- lamiera
 - 2% per $L_{tot} > 8 \text{ m}$;
 - 3 ÷ 4% per $L < 8 \text{ m}$;

- fibrocemento $> 20 \div 25\%$ (comporta maggiori ingombri volumetrici).

La copertura in lamiera incide sul peso proprio della struttura apportando circa il 50% di massa in meno rispetto ad una in fibrocemento. Non si altera nel tempo se protetta con zincatura e vernice protettiva o rivestimento plastico. Ha una maggiore sicurezza per quanto riguarda la pedonabilità e gli urti (grandine). Comporta però delle complicazioni dal punto di vista termotecnico per l'elevato rischio di condensa.



Manto di copertura



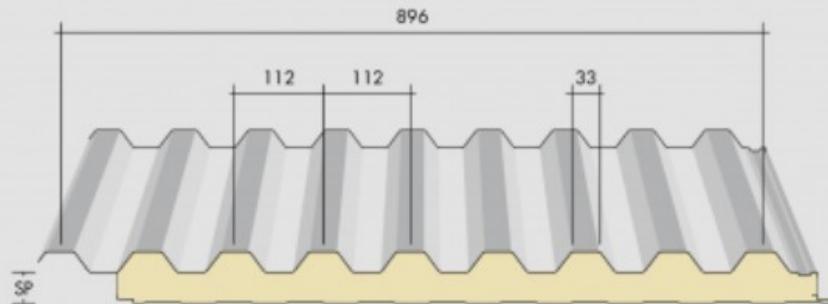
Manto di copertura

G9[®] Plus

La copertura architettonica

G9[®] PLUS è il pannello da copertura per edifici adibiti a uso civile e industriale a 9 greche, costituito da due rivestimenti in lamiera metallica e collegati tra loro da uno strato di isolante poliuretano.

Offre un grande senso estetico ed una buona resistenza statica per ottime prestazioni di carico.



Micronervatura del lato INFERIORE del pannello (da specificare in fase d'ordine)



Dogato



Rigato



Liscio

Facciata ESTERNA:
Acciaio 0,5 mm
Facciata INTERNA:
Acciaio 0,4 mm

larghezza efficace appoggio: 120 mm

Facciata ESTERNA:
Alluminio 0,7 mm
Facciata INTERNA:
Acciaio 0,4 mm

larghezza efficace appoggio: 120 mm

Proprietà statiche (kg/m²)



SPESSORE PANNELLO (mm)	CAMPATA SINGOLA									PESO (Kg/m ²)	
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5		6
20	313	262	170	115	85	64	49	37			10,50
40	411	360	245	180	135	105	83	66			11,30
60	531	480	335	248	192	150	122	100			12,10
80	651	600	425	320	250	203	163	136			12,90
100	771	720	515	400	320	255	210	175			13,70
120	891	830	595	470	380	297	247	204			14,50

Calcolo per dimensionamento statico eseguito secondo quanto contenuto nell'Allegato E della norma UNI EN 14509. Limite di freccia normale: 1/200 l

SPESSORE PANNELLO (mm)	CAMPATA SINGOLA									PESO (Kg/m ²)	
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5		6
20	356	305	194	133	96	71	54	42			7,50
40	463	412	273	196	136	112	89	71			8,30
60	571	520	359	265	204	151	129	106			9,10
80	689	638	449	338	264	211	163	142			9,90
100	809	758	531	412	326	264	218	181			10,70
120	901	840	623	476	378	307	253	210			11,50

Calcolo per dimensionamento statico eseguito secondo quanto contenuto nell'Allegato E della norma UNI EN 14509. Limite di freccia normale: 1/200 l

U trasmittanza	20	40	60	80	100	120
W/m ² K	0,79	0,46	0,33	0,25	0,21	0,18
Kcal/m ² h °C	0,68	0,39	0,28	0,21	0,18	0,15

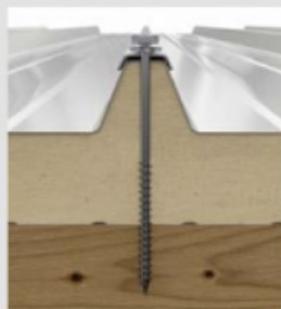
Manto di copertura



FISSAGGIO STRUTTURALE PANNELLI DI COPERTURA SU STRUTTURA DI APPOGGIO METALLICA

Si impiegano gruppi di fissaggio con vite autofilettante e autopercorante passo ferro, testa esagonale, diametro 6,3 mm e di lunghezza variabile, a seconda dello spessore del pannello. Cappellotti in lamiera o alluminio preverniciati con espanso premontato sottostante, e rondella di guarnizione PVC.

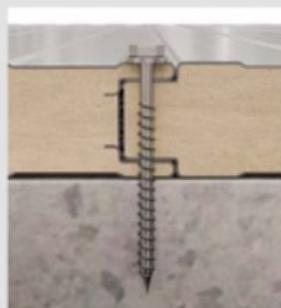
SPESORE PANNELLO (mm)	LUNGHEZZA VITE (CONSIGLIATA)
30	Ø 6,3 x 100 mm.
40	Ø 6,3 x 110 mm.
50	Ø 6,3 x 120 mm.
60	Ø 6,3 x 130 mm.
80	Ø 6,3 x 140 mm.
100	Ø 6,3 x 160 mm.
120	Ø 6,3 x 180 mm.
150	Ø 6,3 x 210 mm.
160	Ø 6,3 x 220 mm.
180	Ø 6,3 x 240 mm.
200	Ø 6,3 x 260 mm.



FISSAGGIO STRUTTURALE PANNELLI DI COPERTURA SU STRUTTURA DI APPOGGIO IN LEGNO

Si impiegano gruppi di fissaggio con vite autofilettante e autopercorante passo legno, testa esagonale, diametro 6,5 mm e di lunghezza variabile, a seconda dello spessore del pannello. Cappellotti in lamiera o alluminio preverniciati con espanso premontato sottostante.

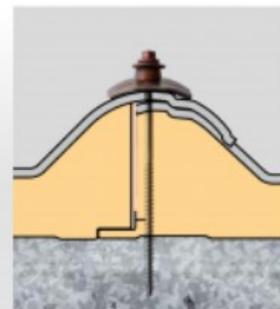
SPESORE PANNELLO (mm)	LUNGHEZZA VITE (CONSIGLIATA)
30	Ø 6,5 x 110 mm.
40	Ø 6,5 x 120 mm.
50	Ø 6,5 x 130 mm.
60	Ø 6,5 x 140 mm.
80	Ø 6,5 x 160 mm.
100	Ø 6,5 x 180 mm.
120	Ø 6,5 x 200 mm.
150	Ø 6,5 x 230 mm.
160	Ø 6,5 x 240 mm.
180	Ø 6,5 x 260 mm.
200	Ø 6,5 x 280 mm.



FISSAGGIO STRUTTURALE PANNELLI ISOPAR® SU STRUTTURA IN FERRO

Si impiega vite autofilettante passo ferro, testa nylon colorata biancogrigio, diametro 6,3 mm e di lunghezza variabile, a seconda dello spessore del pannello.

SPESORE PANNELLO (mm)	LUNGHEZZA VITE (CONSIGLIATA)
30	Ø 6,3 x 60 mm.
40	Ø 6,3 x 70 mm.
50	Ø 6,3 x 80 mm.
60	Ø 6,3 x 90 mm.
80	Ø 6,3 x 110 mm.
100	Ø 6,3 x 130 mm.
120	Ø 6,3 x 150 mm.
150	Ø 6,3 x 180 mm.
160	Ø 6,3 x 190 mm.
180	Ø 6,3 x 210 mm.
200	Ø 6,3 x 230 mm.
220	Ø 6,3 x 250 mm.



FISSAGGIO STRUTTURALE PANNELLI TCOPOPO® E TTONDA® LATTONEDIL SU STRUTTURA DI APPOGGIO IN FERRO

Si impiegano gruppi di fissaggio con vite autofilettante passo ferro, testa nylon colorato a testa esagonale in ferro colorato, diametro 6,3 mm e di lunghezza variabile, a seconda dello spessore del pannello. Cappellotti in lamiera o alluminio preverniciati con espanso premontato sottostante, e rondella di guarnizione PVC.

SPESORE PANNELLO (mm)	LUNGHEZZA VITE (CONSIGLIATA)
30	Ø 6,3 x 110 mm.
40	Ø 6,3 x 120 mm.
50	Ø 6,3 x 130 mm.
60	Ø 6,3 x 140 mm.
80	Ø 6,3 x 160 mm.
100	Ø 6,3 x 180 mm.



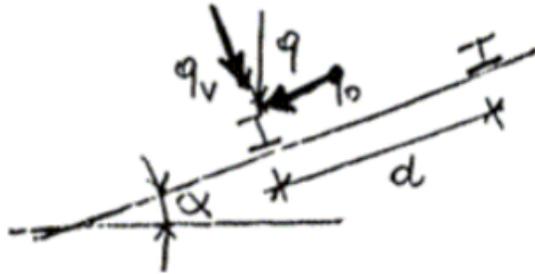
FISSAGGIO STRUTTURALE PANNELLI TCOPOPO® E TTONDA® LATTONEDIL SU STRUTTURA DI APPOGGIO IN LEGNO

Si impiegano gruppi di fissaggio con vite autofilettante passo legno, testa nylon colorato a testa esagonale in ferro colorato, diametro 6,5 mm e di lunghezza variabile, a seconda dello spessore del pannello. Cappellotti in lamiera o alluminio preverniciati con espanso premontato sottostante, e rondella di guarnizione PVC.

SPESORE PANNELLO (mm)	LUNGHEZZA VITE (CONSIGLIATA)
30	Ø 6,5 x 120 mm.
40	Ø 6,5 x 130 mm.
50	Ø 6,5 x 140 mm.
60	Ø 6,5 x 150 mm.
80	Ø 6,5 x 170 mm.
100	Ø 6,5 x 190 mm.

Arcarecci

Sono travi continue su due o tre campate, appoggiate ogni $4 \div 7 \text{ m}$ soggetti, generalmente, a flessione deviata. Le sezioni utilizzate sono normalmente profili di tipo IPE, NP, L. La condizione di carico può schematizzarsi come segue:



$$\begin{cases} q_v = q \cdot \cos \alpha \\ q_o = q \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

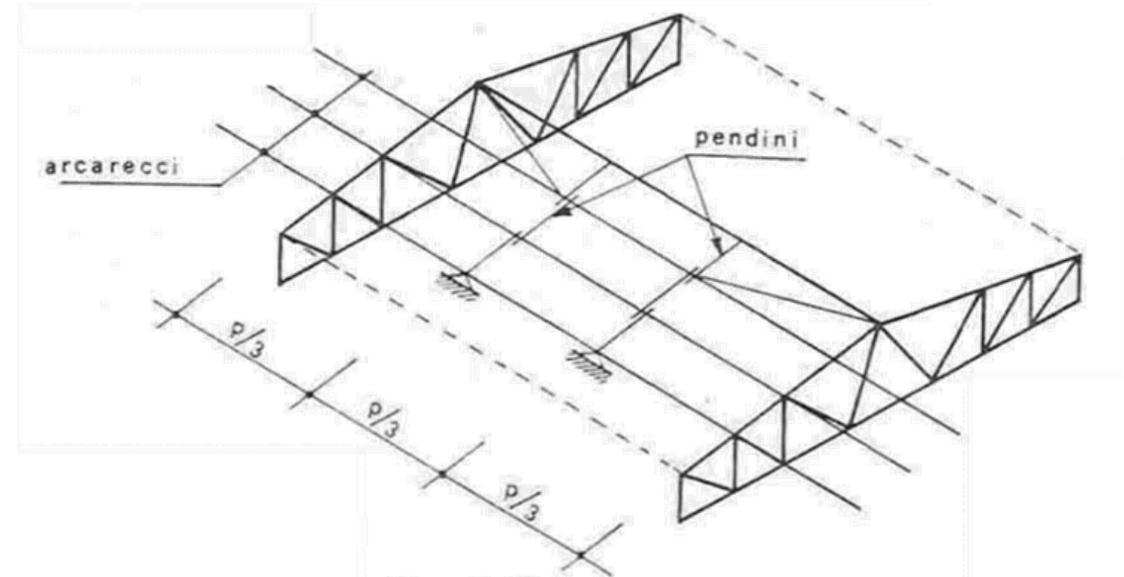
Per la determinazione del carico q si rimanda al metodo agli stati limite. Una sua quantificazione per $\alpha = 3 \div 12$ e per $P_{vento} \approx 0$ è data da:

$$q = pp + (pp_{copertura} + P_{neve}) \cdot d$$

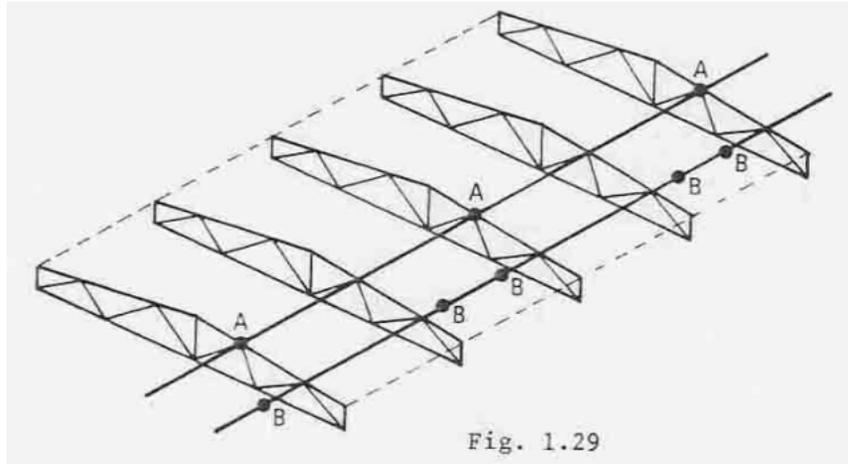
Le frecce massime consentite non possono superare $1/200$ della luce.

I “pendini” (tondi filettati) suddividono la luce nella direzione più debole (nel piano di falda).

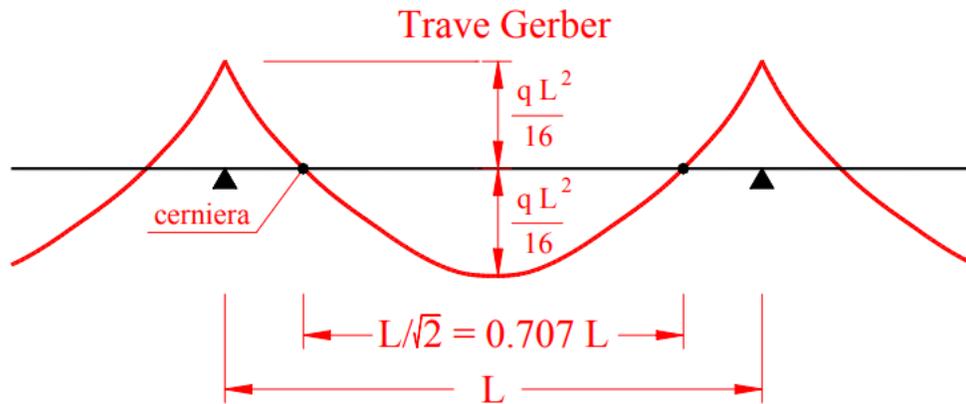
Nel piano di falda l’arcareccio è una trave su più appoggi.



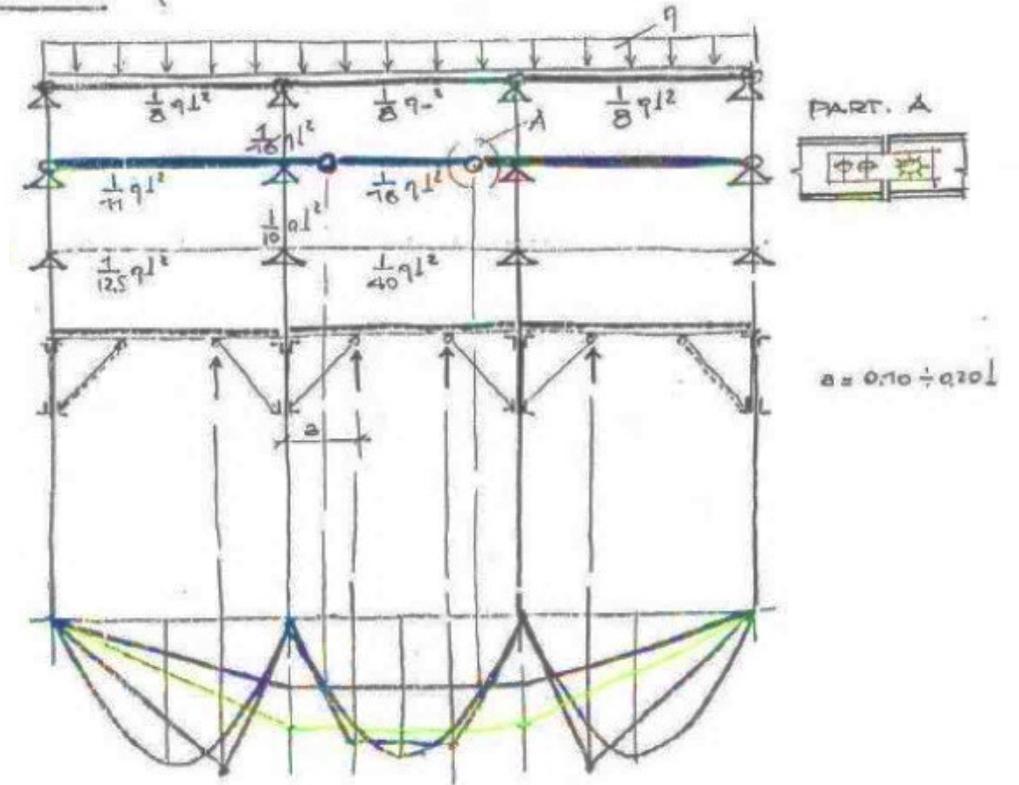
Arcarecci



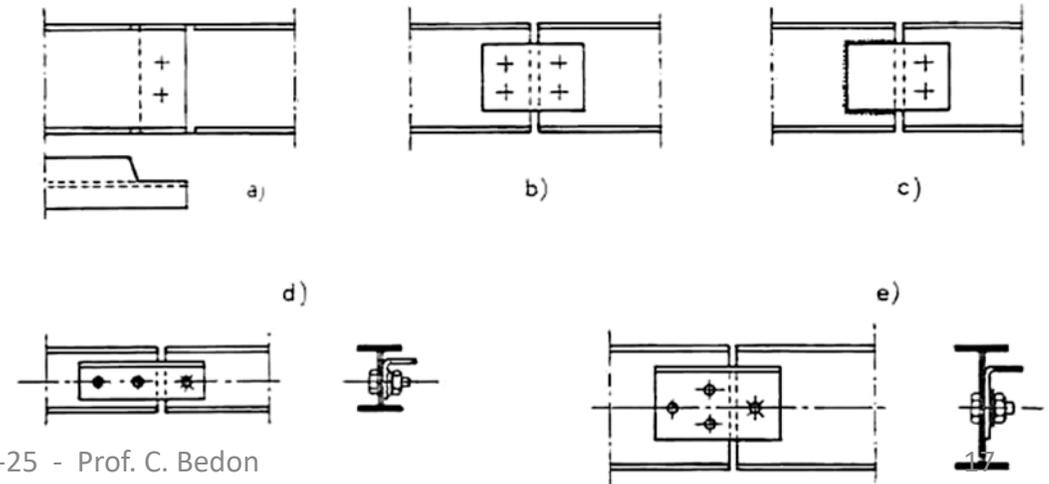
La lunghezza commerciale dei profilati è solitamente di 12 m, quindi gli arcarecci difficilmente superano più di due campi.



TIPOLOGIE



Giunzioni che collegano solo l'anima (cerniere)



Capriate

- **Carichi per le capriate (travi longitudinali, di falda e falsi puntoni)**

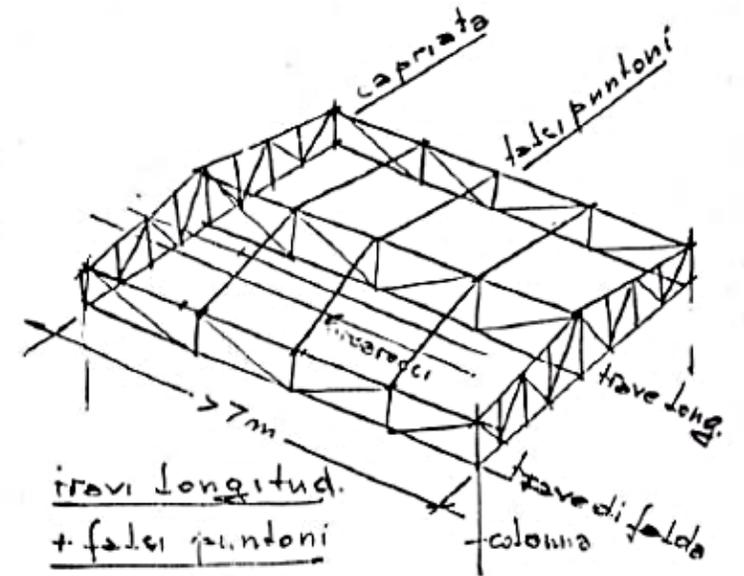
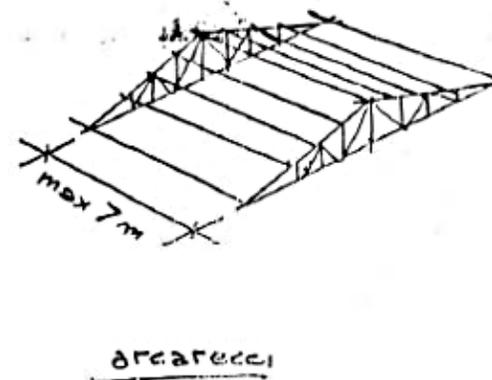
- Peso proprio
- Peso proprio dell'orditura secondaria
- Peso proprio del manto di copertura
- Carico da neve
- Carico da vento

- **Ulteriori carichi per le capriate**

- Azioni dei controventi di falda (briglia superiore)
- Azioni delle colonne e sbadacchi

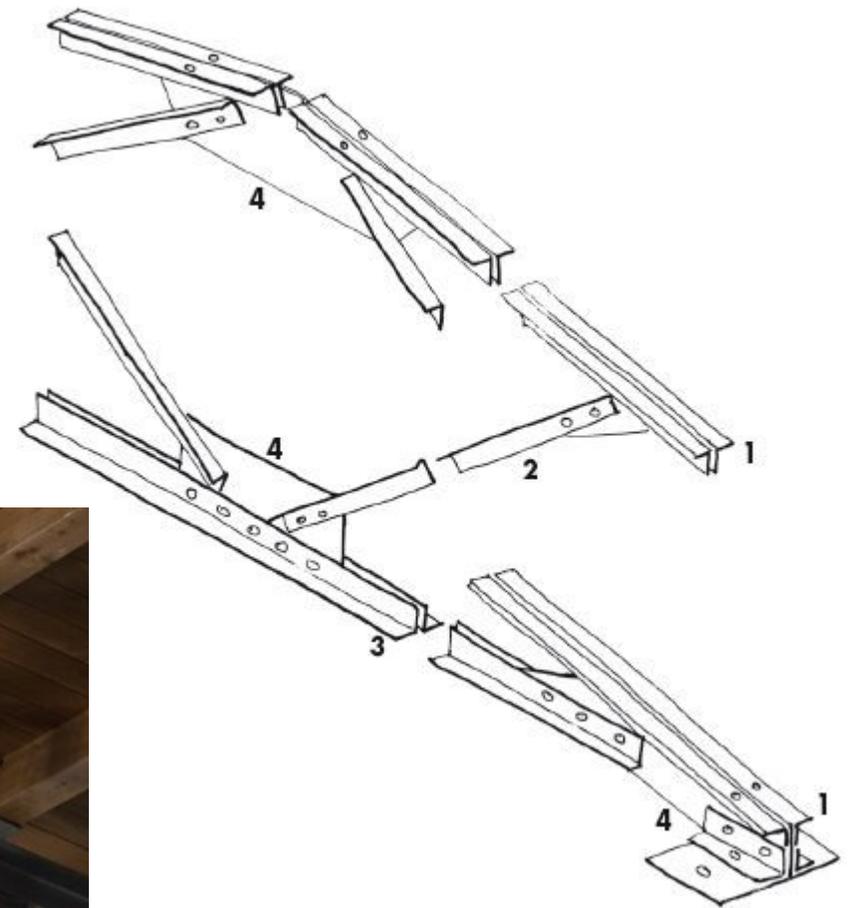
- **Lessico "tecnico" delle coperture**

- sporto**: parte di copertura sporgente oltre le pareti perimetrali dell'edificio fino alla linea di gronda o alla linea di bordo;
- converse**: elementi collocati lungo le linee di compluvio per raccogliere e smaltire l'acqua;
- terzere** (o arcarecci, o correnti): elementi orizzontali dell'orditura;
- falsi puntoni** (o paradossi): travi inclinate dell'orditura;
- trave di colmo**: trave di appoggio della sommità dei falsi puntoni;
- sbadacchi**: elementi inclinati utilizzati per ridurre la freccia degli arcarecci



- Lo schema statico adottato nel caso di interasse tra le capriate minore o uguale a 7 m è quello riportato in figura a sinistra
- Nel caso l'interasse tra le capriate sia maggiore di 7 m occorre predisporre, oltre agli arcarecci, delle travi di falda, delle travi longitudinali e dei falsi puntoni

Capriate

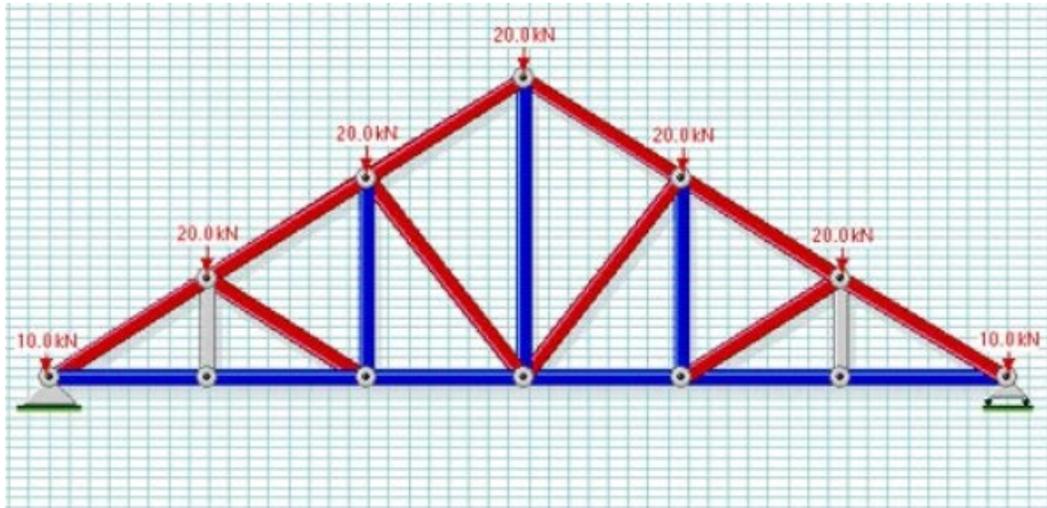


Tipi di capriate

aste compresse (in rosso), aste tese (in blu) e aste scariche (in grigio)

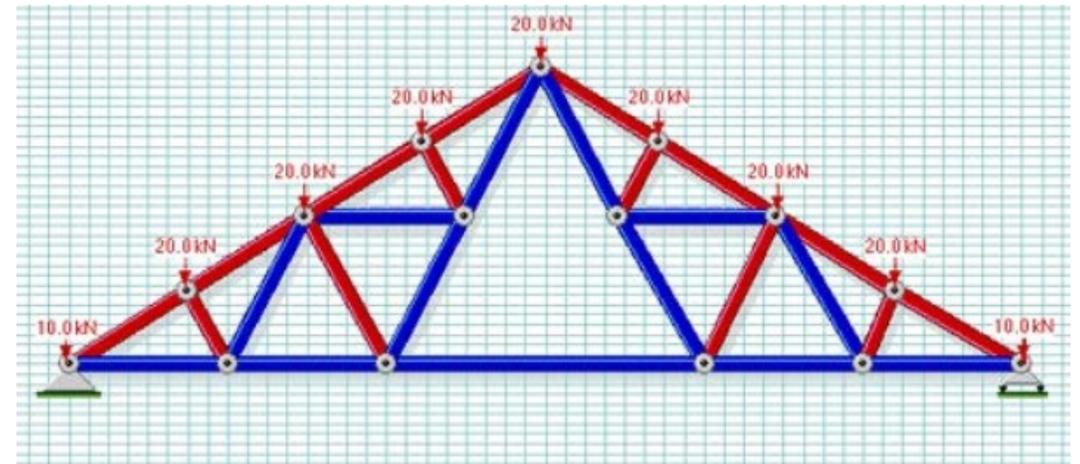
Capriata INGLESE

È una capriata realizzata con una struttura reticolare composta da correnti superiori inclinati, da un corrente inferiore orizzontale e da aste di parete consistenti in montanti ortogonali al corrente inferiore e diagonali disposti in modo alternato in modo da risultare compressi



Capriata POLONCEAU

È una capriata realizzata con una struttura reticolare composta da 2 correnti superiori inclinati, su questi correnti si realizzano poi due strutture reticolari aventi la geometria di una capriata inglese disposte con il colmo verso l'interno della capriata stessa e collegati tra loro da un elemento teso che costituisce la parte centrale del corrente inferiore

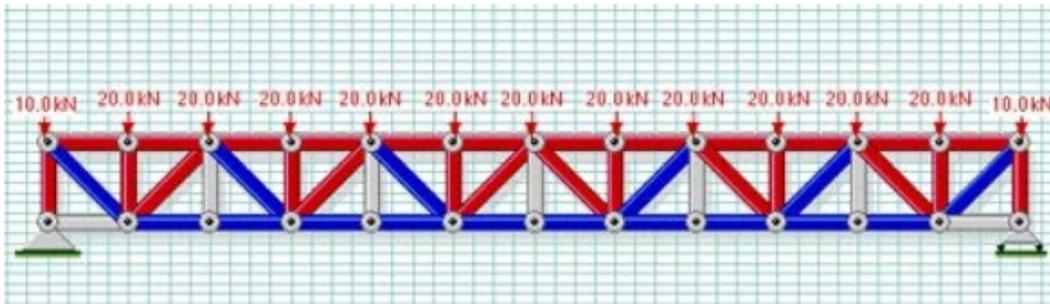


Tipi di capriate

aste compresse (in rosso), aste tese (in blu) e aste scariche (in grigio)

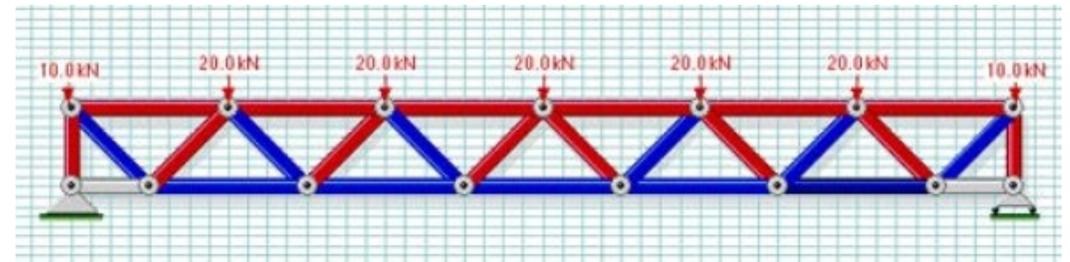
Capriata WARREN

È realizzata con una struttura reticolare composta da un corrente superiore orizzontale o poco inclinato, da un corrente inferiore orizzontale e da aste di parete consistenti in montanti ortogonali al corrente inferiore e diagonali disposti in modo alternato in modo da risultare uno teso e l'altro compresso. I montanti possono anche non essere presenti



Capriata WARREN a falde orizzontali senza montanti

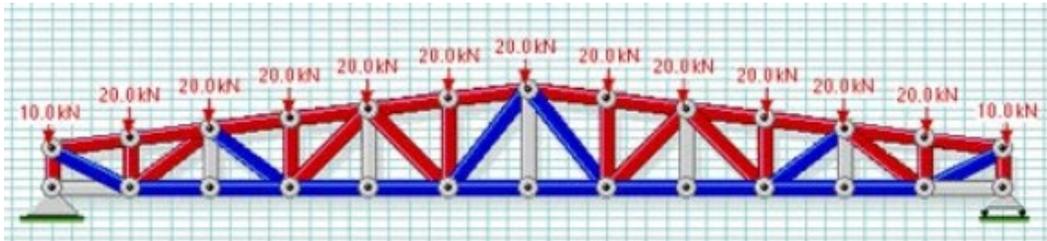
Qualora il corrente superiore non sia orizzontale, i diagonali possono essere soggetti a caratteristiche di sollecitazione diverse da quelle del caso di corrente superiore orizzontale



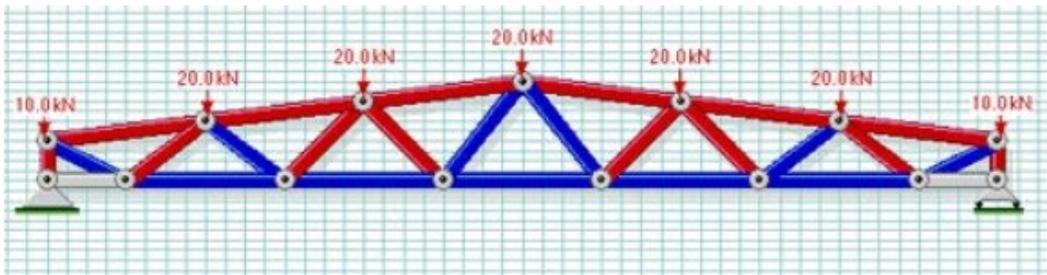
Tipi di capriate

aste compresse (in rosso), aste tese (in blu) e aste scariche (in grigio)

Capriata WARREN a falde inclinate

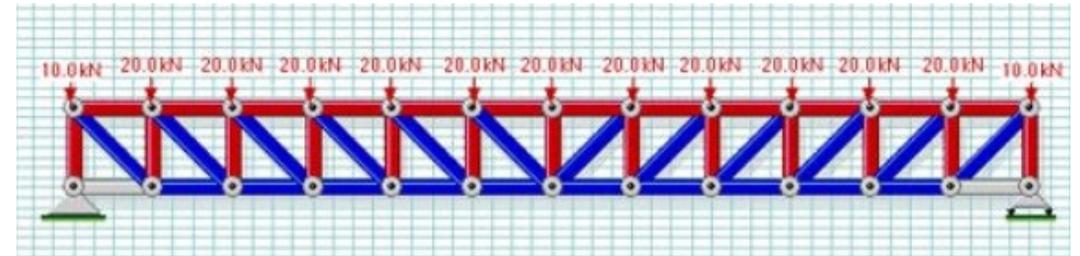


Capriata WARREN a falde inclinate senza montanti

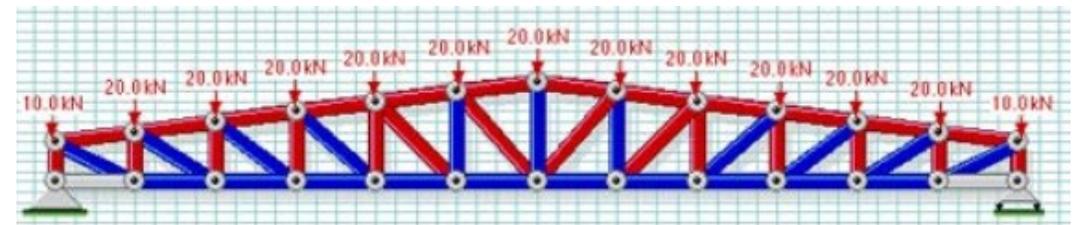


Capriata MOHNIE' a falde orizzontali

È una capriata realizzata con una struttura reticolare composta da un corrente superiore orizzontale o poco inclinato, da un corrente inferiore orizzontale e da aste di parete consistenti in montanti ortogonali al corrente inferiore e diagonali disposti in modo da risultare tesi



Capriata MOHNIE' a falde inclinate

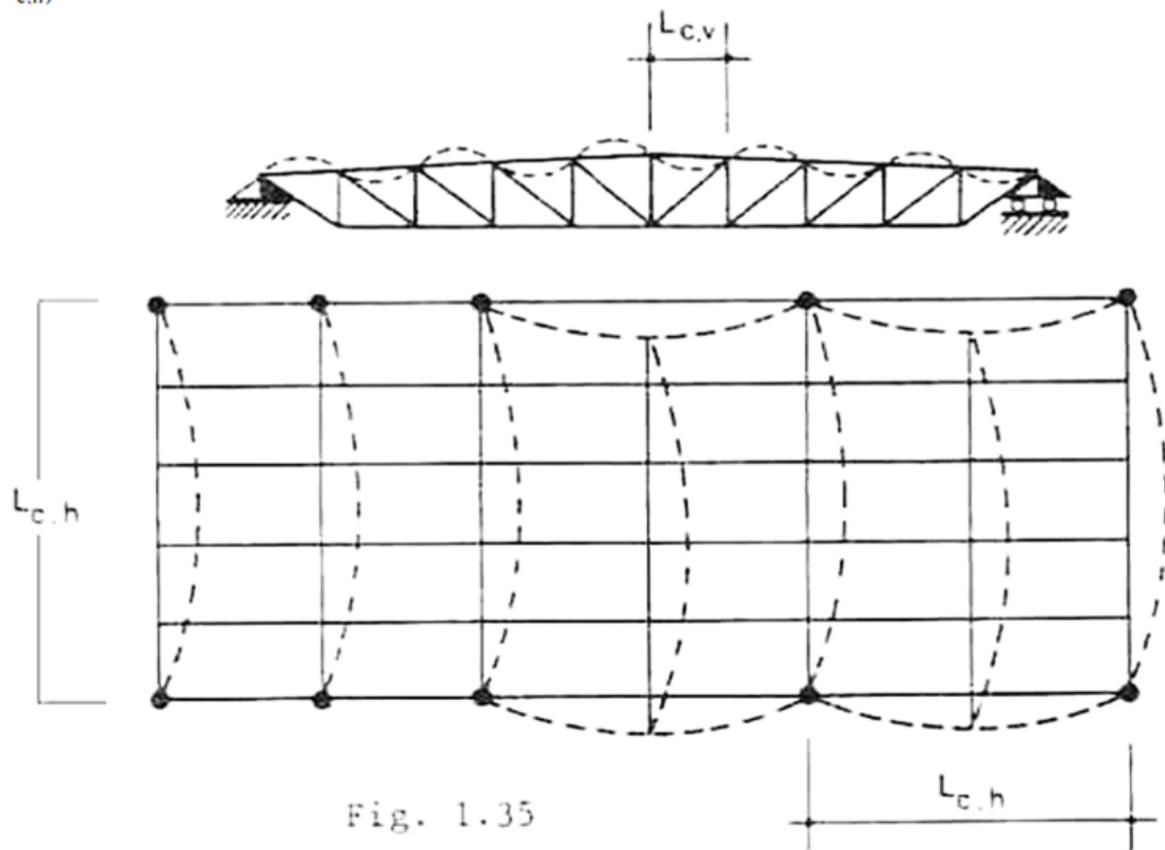


Comportamento 3D

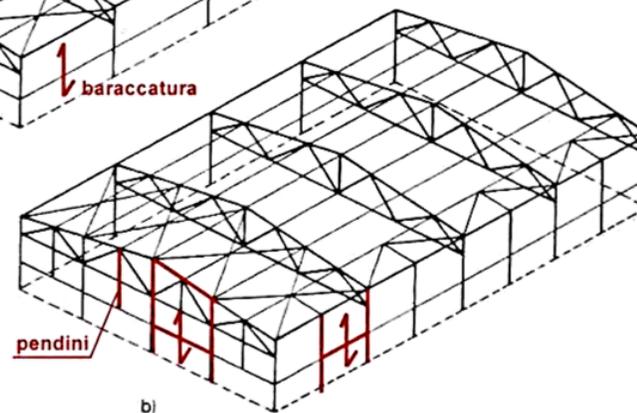
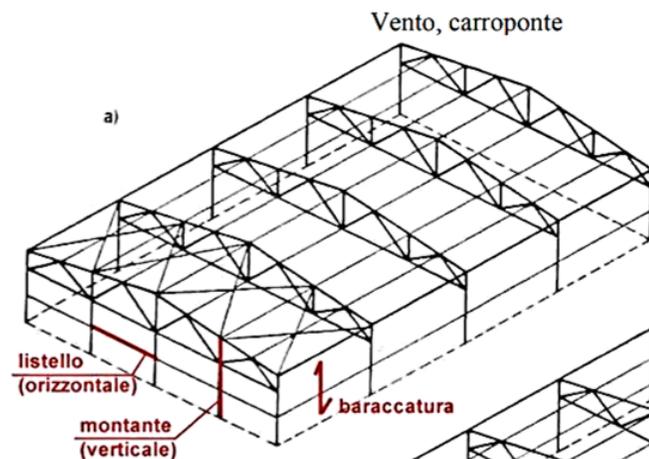
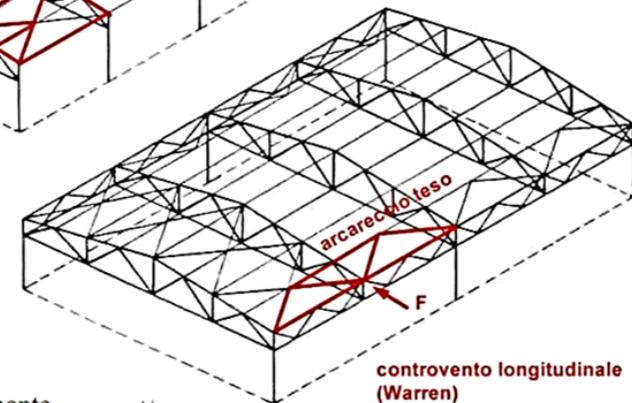
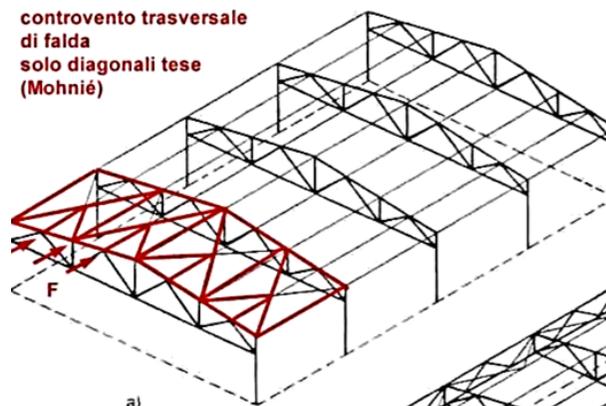


Comportamento 3D

Lunghezze di libera inflessione nel piano della capriata ($L_{c,v}$) e nel piano di falda ($L_{c,h}$)

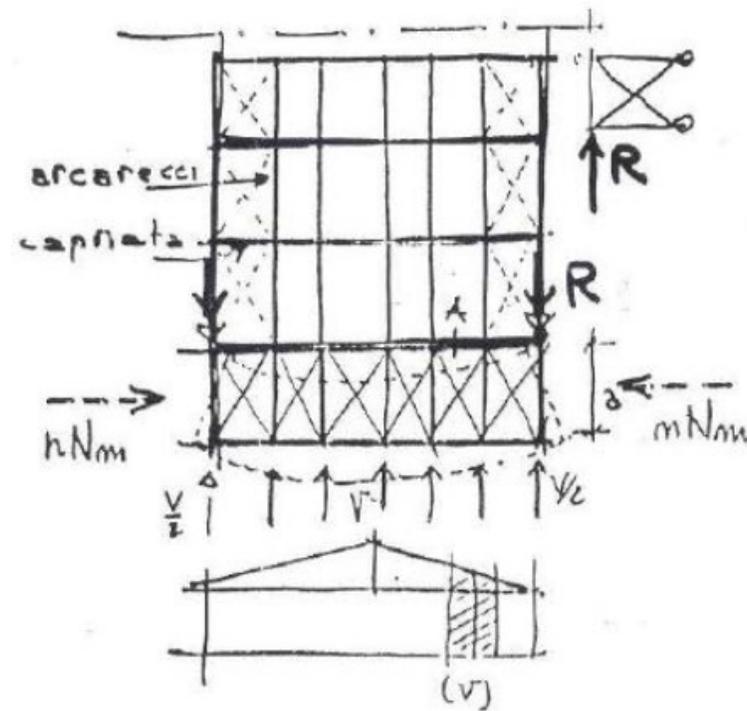


arcarecci → bielle → sbandamento contemporaneo di tutte le capriate



Controventi di falda

- Carichi: vento
- Funzioni:
 - stabilizzazione briglie compresse capriate
 - irrigidimento copertura
 - resistenza all'azione sismica
- Posizionamento: 2 testate (+ 1 centrale)
- Diventa quindi fondamentale verificarne l'eventuale instabilità,



con
 N_m sforzo di compressione medio nella briglia
 n numero delle capriate (sei nell'esempio di figura).

Il carico critico sarà pari a

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EJ^*}{l^2}$$

Il problema sarà quindi calcolare la rigidità del controvento J^* che sarà data dalla rigidità degli elementi che lo compongono:

$$A_1 \Rightarrow J_x = 2J'_x + 2A_1 \left(\frac{b}{2}\right)^2$$

il secondo addendo è dovuto al trasporto del momento d'inerzia all'asse baricentrico. Trascurando il termine $2J'_x$ avremo:

$$J_x = J^* = \frac{A_1 b^2}{2}$$

La verifica ad instabilità è da ritenersi soddisfatta qualora

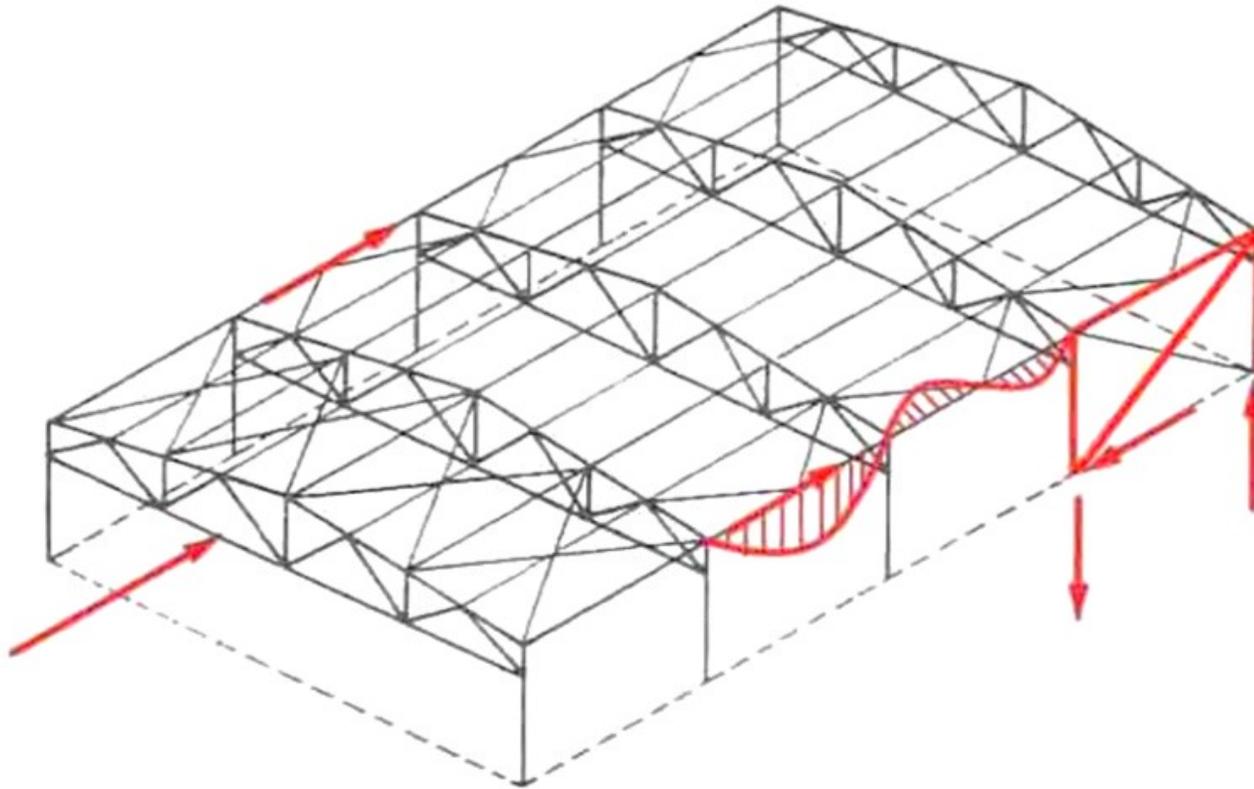
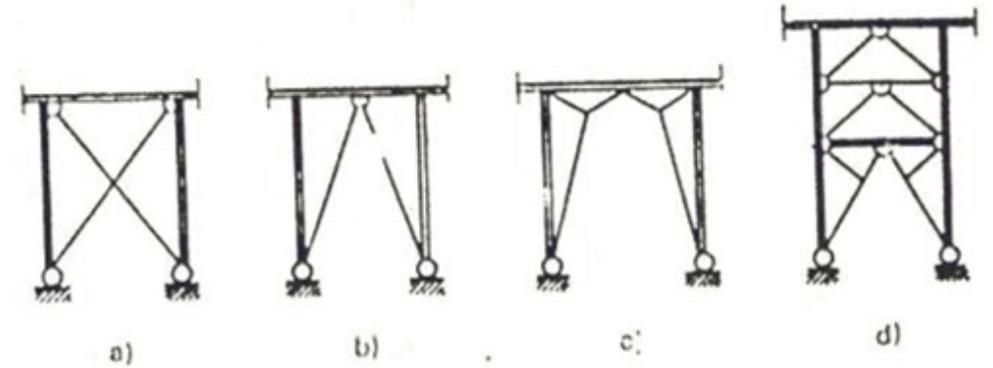
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EJ^*}{l^2} \geq \nu \cdot n \cdot N_m$$

con $\nu = 4 \div 8$ fattore di sicurezza.

Il posizionamento del controvento di falda ne comprende due di testata e uno centrale o due longitudinali.

Controventi verticali

Le azioni del vento in facciata migrano ai controventi verticali tramite gli arcarecci (o le travi) di bordo. Per ridurre la snellezza è utile disporre il controvento longitudinale di falda anche quando non è indispensabile.

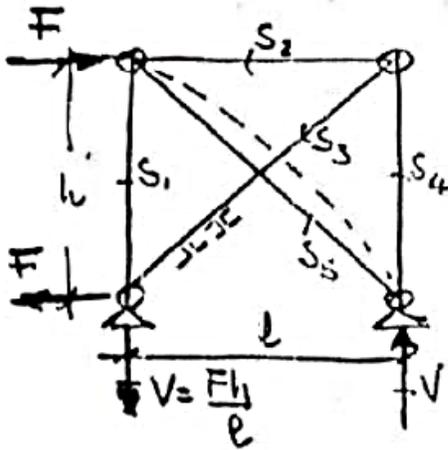


Esempio di controvento a K



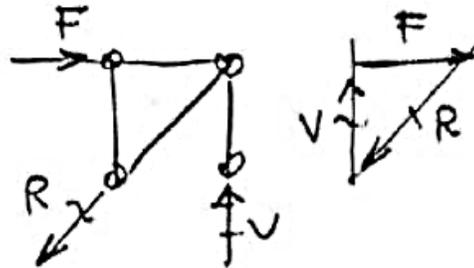
Controventi verticali

- Carichi:
 - vento
 - sisma
 - azioni frenatura carroponete
- Posizionamento: mediano sarebbe ideale, in modo da avere queste strutture verso la mezzeria del fabbricato (per ridurre al minimo eventuali effetti legati alla dilatazione termica)
- Si considera la diagonale compressa in bando
- Generalmente questo tipo di controvento esclude la parete nella quale viene installato dal transito di veicoli



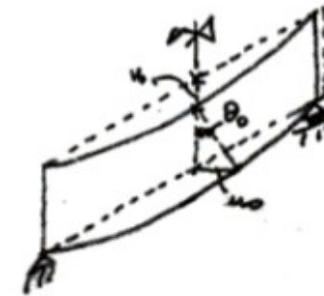
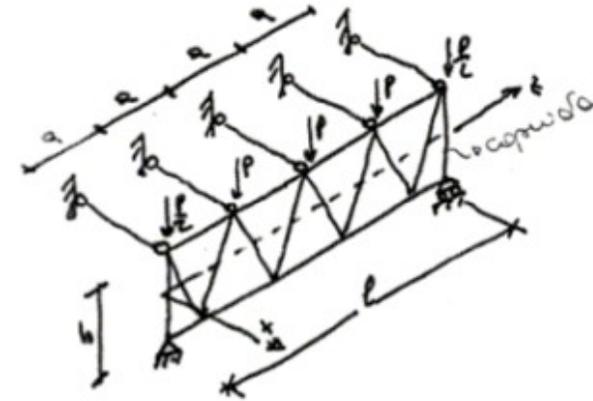
$$\begin{aligned}
 S_4 &= -V \\
 S_2 &= F \\
 S_1 &= 0 \\
 S_5 &= 0 \\
 S_3 &= \sqrt{F^2 + V^2}
 \end{aligned}$$

PARETI ESTERNE
NON "TRANSITABILI"



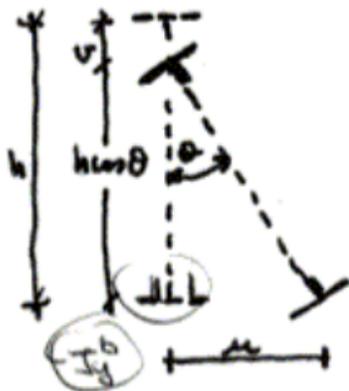
Crociere rompitratta

- È spesso necessario vincolare la briglia inferiore delle capriate mediante aste diagonali collegate al controvento di falda, questo essenzialmente per assolvere alle seguenti funzioni:
 - ❑ dividere la briglia inferiore in un numero di parti tali che in ciascuna esse la snellezza della briglia (se compressa per effetto del collegamento con le colonne) sia inferiore del valore voluto
 - ❑ evitare il fenomeno dell'instabilità flessa torsionale della travatura. Le capriate infatti sono trattenute nel loro piano dagli arcarecci collegati ai controventi di falda in corrispondenza della briglia superiore. Niente impedisce invece che la capriata, abbassandosi elasticamente sotto i carichi si disponga fuori piano ruotando attorno alla briglia superiore



- Le ipotesi che si fanno per questo calcolo sono:
 - ❑ la rigidità torsionale propria della capriata è nulla
 - ❑ è trascurabile l'energia corrispondente al lavoro delle tensioni assiali nella briglia tesa dovuto allo sbandamento laterale della stessa

Crociere rompitratta



Con queste ipotesi una via molto semplice può essere seguita per verificare la stabilità flessa torsionale della capriata.

In termini energetici (criterio euleriano) si determina quel carico (critico) che produce un lavoro esterno L_e pari al lavoro di deformazione L_i dovuto alla flessione fuori piano della briglia tesa.

Ipotizzando che la capriata abbia le briglie parallele e sia soggetta ad un carico uniforme $q = P/a$ si ottiene:

$$L_e = \int_0^l q \cdot v(z) dz = \frac{q}{2h} \int_0^l u^2(z) dz$$

Poiché sviluppando in serie θ (fino al secondo ordine) si ottiene:

$$\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

e nell'ipotesi di piccoli spostamenti:

$$\theta \approx \text{tg } \theta = \frac{u}{h}$$

si ha che:

$$v = h \cdot (1 - \cos \theta) = \frac{h}{2} \theta^2 = \frac{u^2}{2h}$$

Quando la capriata sbanda compie del lavoro interno pari all'energia di deformazione:

$$L_i = \frac{EJ_y^{(b)}}{2} \int_0^l \left(\frac{d^2 u}{dz^2} \right)^2 dz$$

in quanto

$$L_i = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M^2}{EJ} dz \quad ; \quad M = -EJ \frac{d^2 u}{dz^2}$$

Dall'uguaglianza $L_e = L_i$, ipotizzando $u(z) = \sin \frac{\pi z}{l}$ si ottiene

$$\frac{q}{2h} \int_0^l u^2 dz = \frac{EJ_y^{(b)}}{2} \frac{\pi^4}{l^4} \int_0^l u^2 dz$$

$$u'(z) = \frac{\pi}{l} \cos \frac{\pi z}{l} \quad u''(z) = -\frac{\pi^2}{l^2} \sin \frac{\pi z}{l}$$

ma dato che $\sin \frac{\pi z}{l} = u(z)$

$$u''(z) = \frac{d^2 u}{dz^2} = -\frac{\pi^2}{l^2} u(z)$$

il carico critico risulta quindi essere:

$$q = q_{crit} = \pi^4 \frac{EJ_y^{(b)}}{l^4} h$$

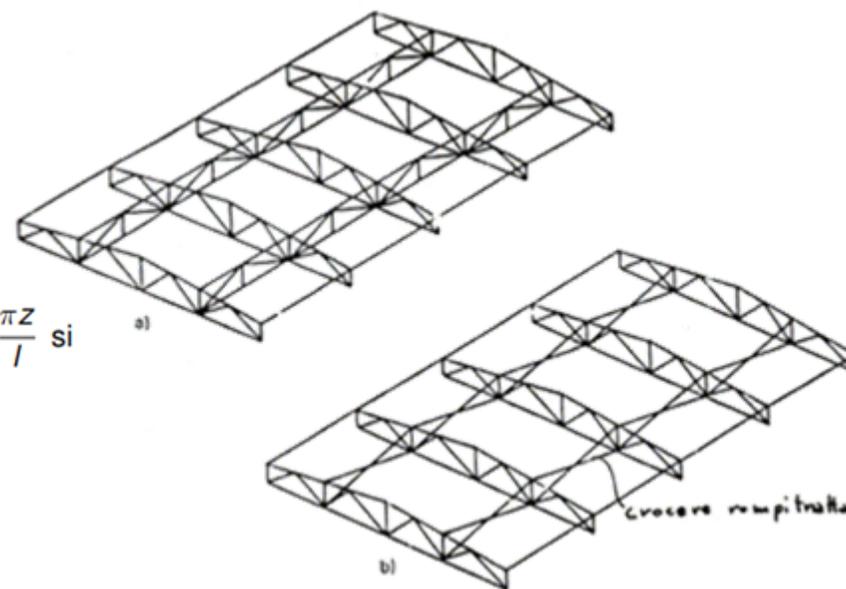
dove $J_y^{(b)}$ rappresenta il momento d'inerzia della sola briglia tesa secondo il piano \parallel a quello della capriata.

Per la 12.1 consegue che è possibile determinare la distanza d alla quale devono essere poste le crociere atte a evitare questo tipo di instabilità.

La verifica è da ritenersi soddisfatta qualora

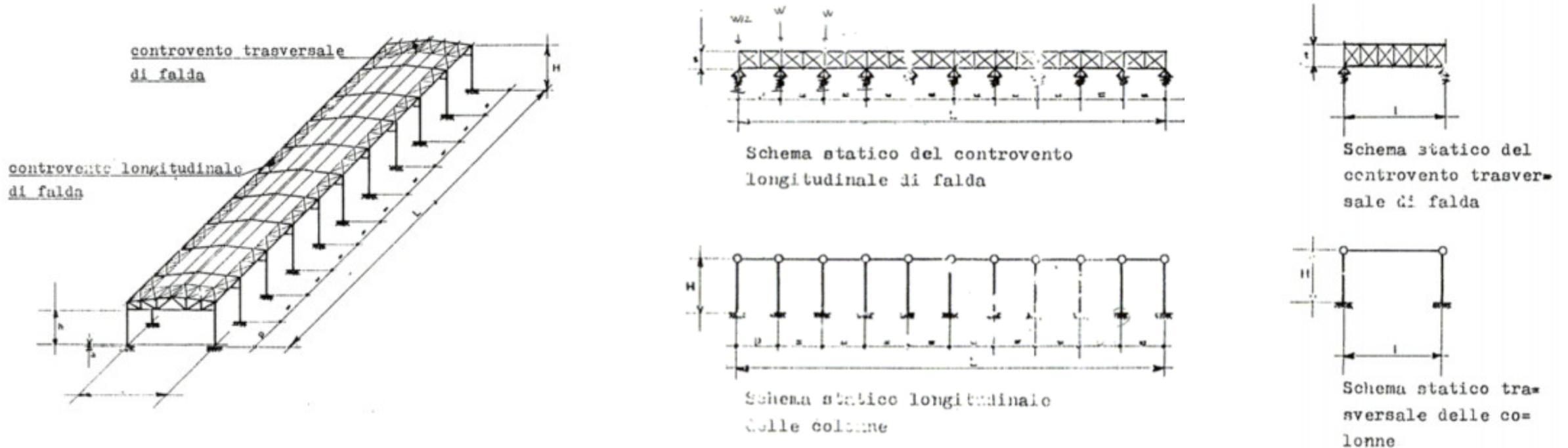
$$q_{sd} \leq \frac{q_{cr}}{\nu}$$

con ν coefficiente di sicurezza ≈ 2



Schemi statici

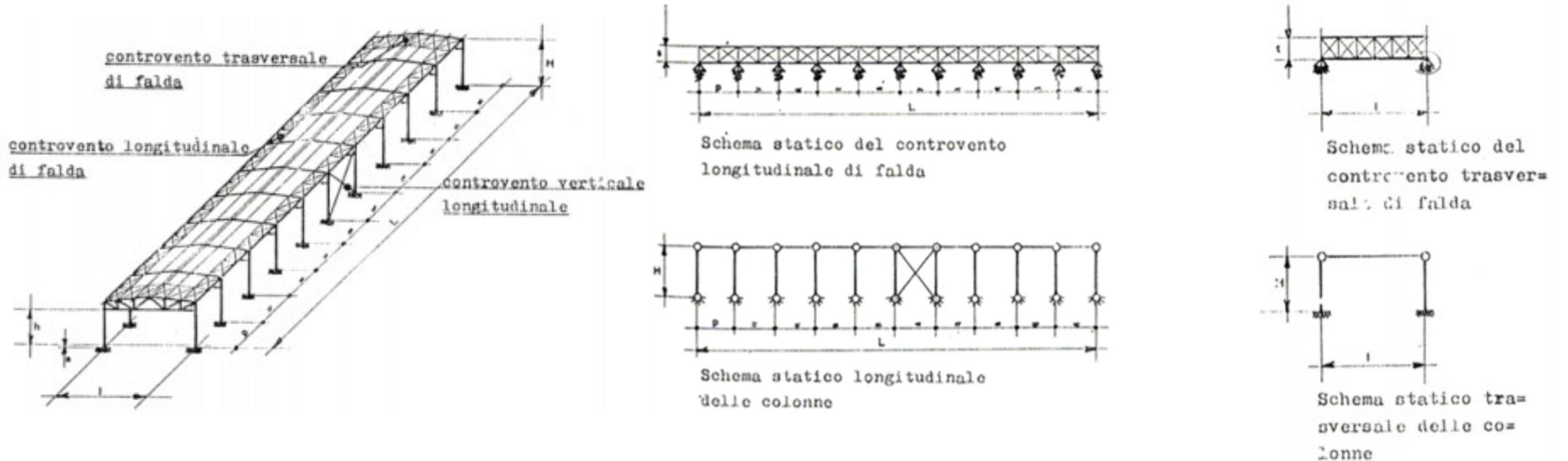
Colonne incastrate trasversalmente e longitudinalmente



- Nella figura è possibile notare la schematizzazione degli appoggi del controvento longitudinale di falda con molle di rigidezza $k = 3EJ / h^3$ (rigidezza delle colonne incastrate alla base - mensola)
- Le colonne sono soggette a pressoflessione deviata in quanto ricevono spinte orizzontali dovute alle deformazioni della copertura e spinte orizzontali trasversali data l'assenza del controvento verticale di parete

Schemi statici

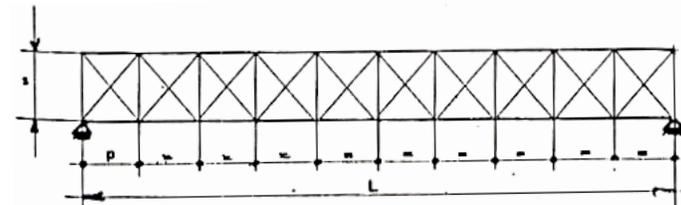
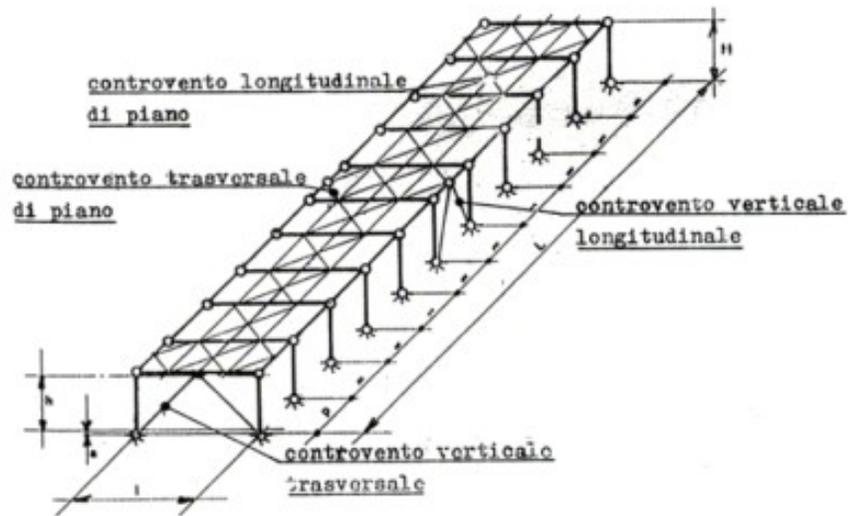
Colonne incastrate trasversalmente e incernierate longitudinalmente



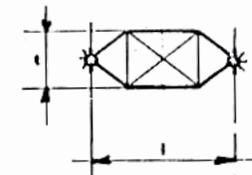
- In questo sistema tutta la forza longitudinale viene trasferita al controvento, mentre il controvento trasversale di falda dispone di un appoggio fisso

Schemi statici

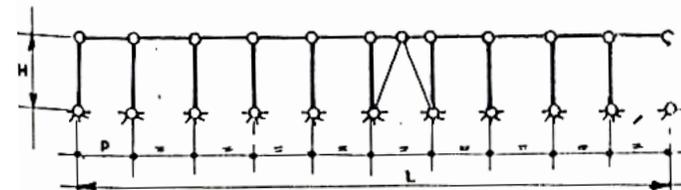
Colonne incerniate trasversalmente e longitudinalmente (tetto piano)



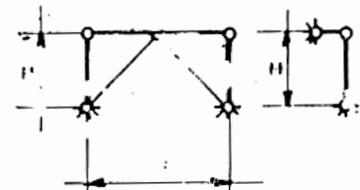
Schema statico del controvento longitudinale di piano



Schema statico del controvento trasversale di piano



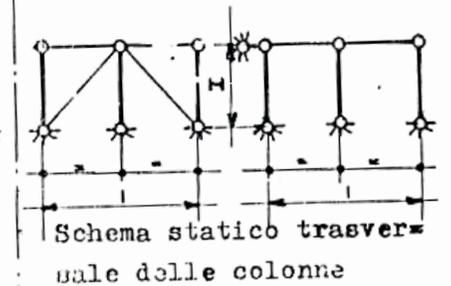
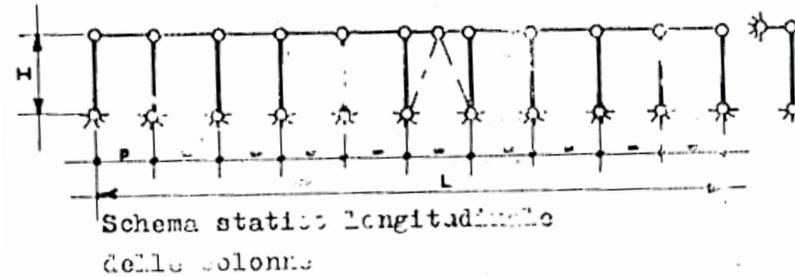
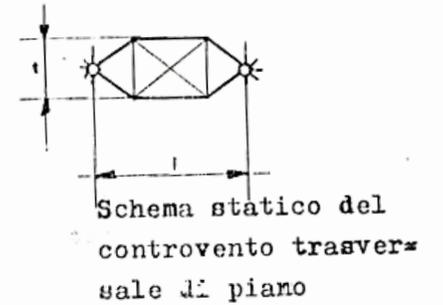
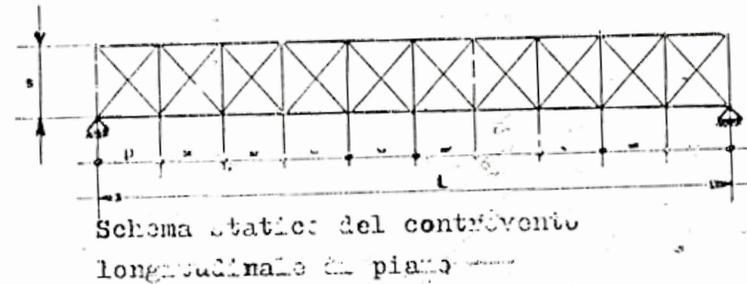
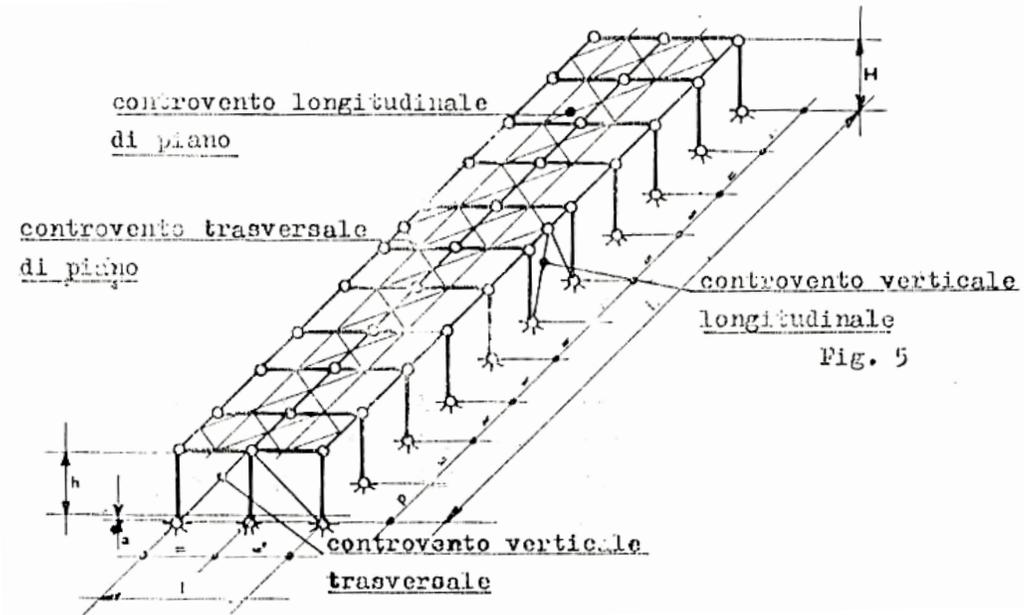
Schema statico longitudinale delle colonne



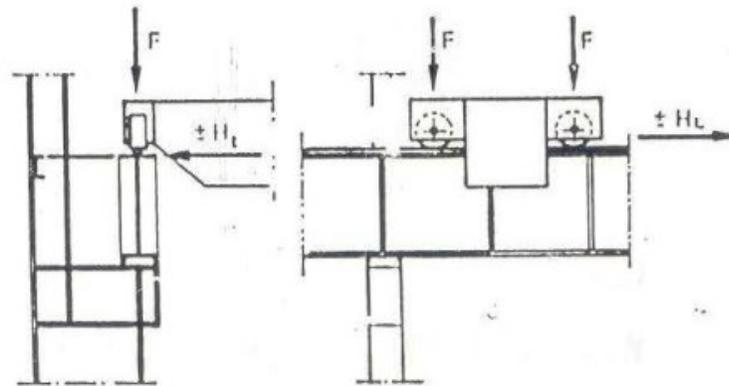
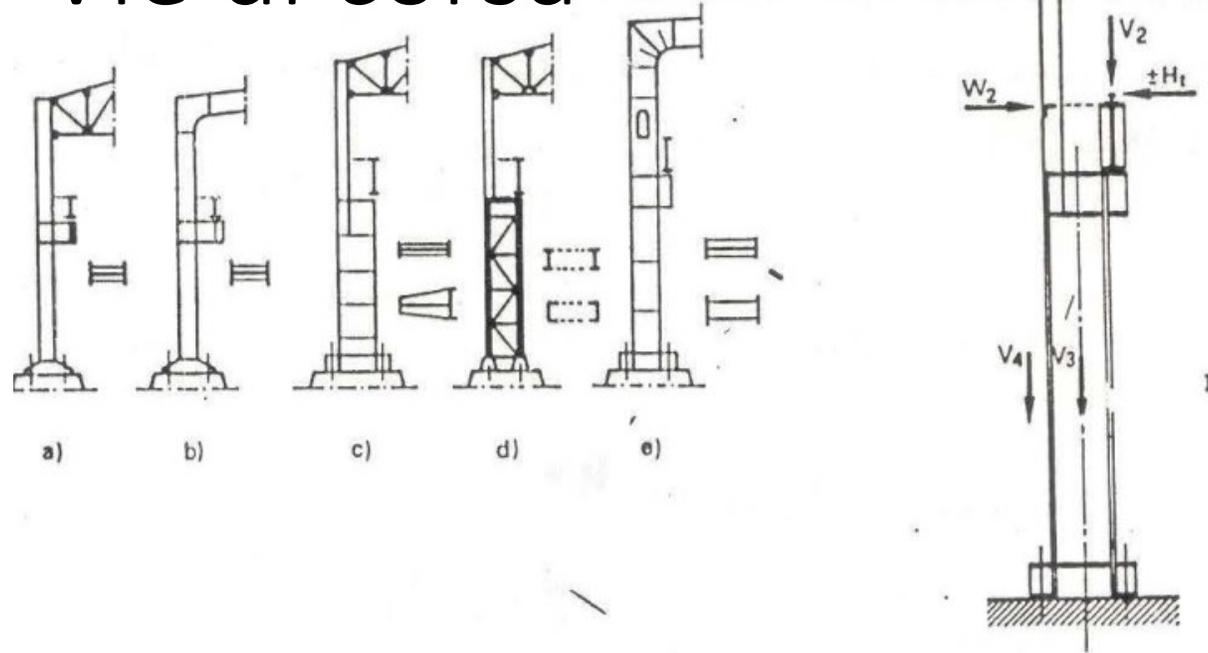
Schema statico trasversale delle colonne

Schemi statici

Colonne incerniate trasversalmente e longitudinalmente (2 navate, tetto piano)



Carroponte / Vie di corsa



Carroponte / Vie di corsa



Carroponte / Vie di corsa

