

Fondamenti di Impianti e Logistica

Prof. Ing. Riccardo Melloni
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Tubazioni: montaggio

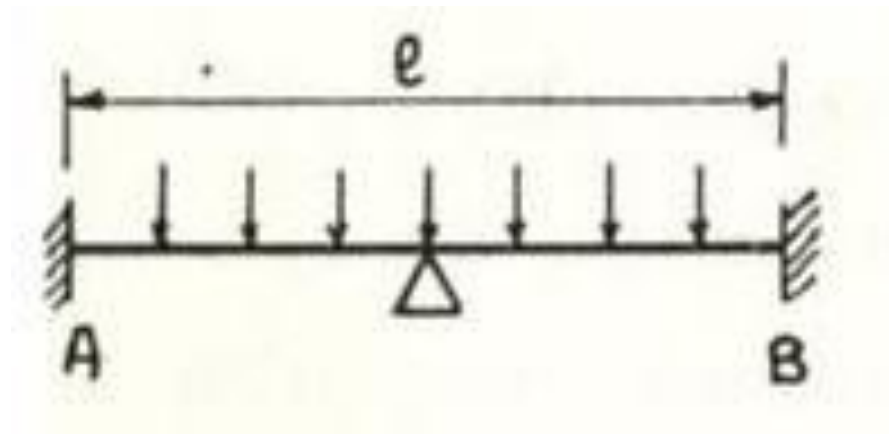
Installazione delle tubazioni

- Le tubazioni sono preposte per convogliare dei fluidi tra due o più apparecchiature fisse (caldaie, scambiatori di energia termica, serbatoi, ...);
- Sono previsti punti fissi di attacco alle apparecchiature;
- Sono previsti punti fissi o di supporto in più punti per sostenere il peso delle condotte e dei fluidi convogliati
- Sono previsti punti fissi o di supporto per contrastare le spinte dovute alla pressione del fluido;
- Sono previsti sostegni per favorire l'azione di elementi per contrastare le dilatazioni termiche

Condotta di lunghezza l rigidamente vincolata alle estremità;

- Comportamento di una trave semi incastrata in A e B soggetta ad un carico uniformemente distribuito q [N/m];

$$M_f \propto q \cdot l^2 [N \cdot m]$$



Sollecitazioni che si innescano

- W = modulo di elasticità
- J = momento di inerzia
- Y = distanza dall'asse neutro

$$\sigma = \frac{M_f}{W} [N / m^2]$$

$$W = \frac{J}{y} [m^3]$$

$$y = \frac{D}{2} [m]$$

Limitazioni

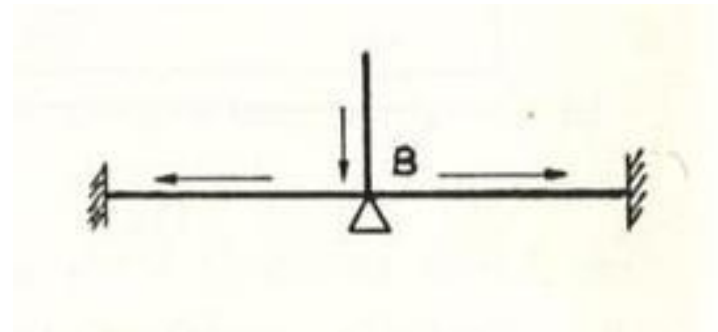
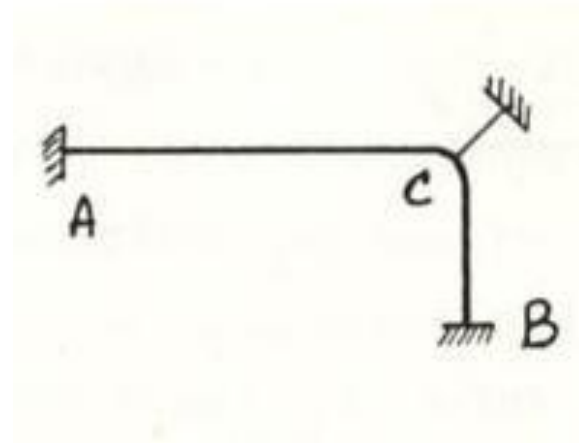
- Di sollecitazione massima;

$$\sigma > \sigma_{amm}$$

- Di limitazioni della freccia;
- Di sollecitazioni sulle flangie;

Spinta del fluido

- La spinta del fluido in C sollecita uno dei due tratti di tubazione (orizzontale o verticale);
- La spinta del fluido come carico concentrato sulla tubazione;



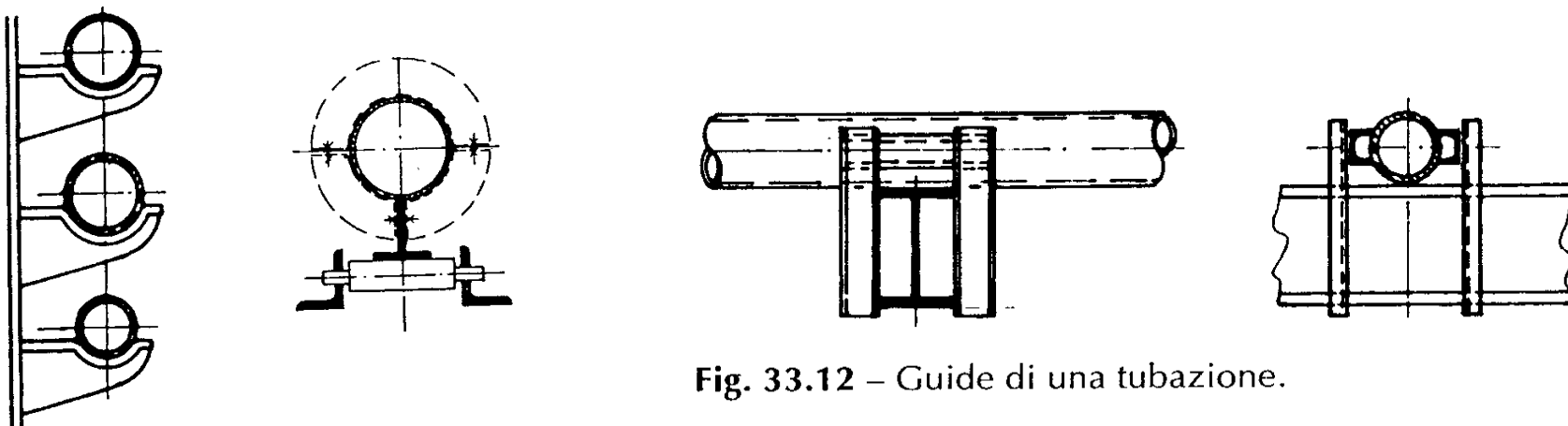


Fig. 33.12 – Guide di una tubazione.

Fig. 33.11 – Staffaggi di appoggio per tubazioni.

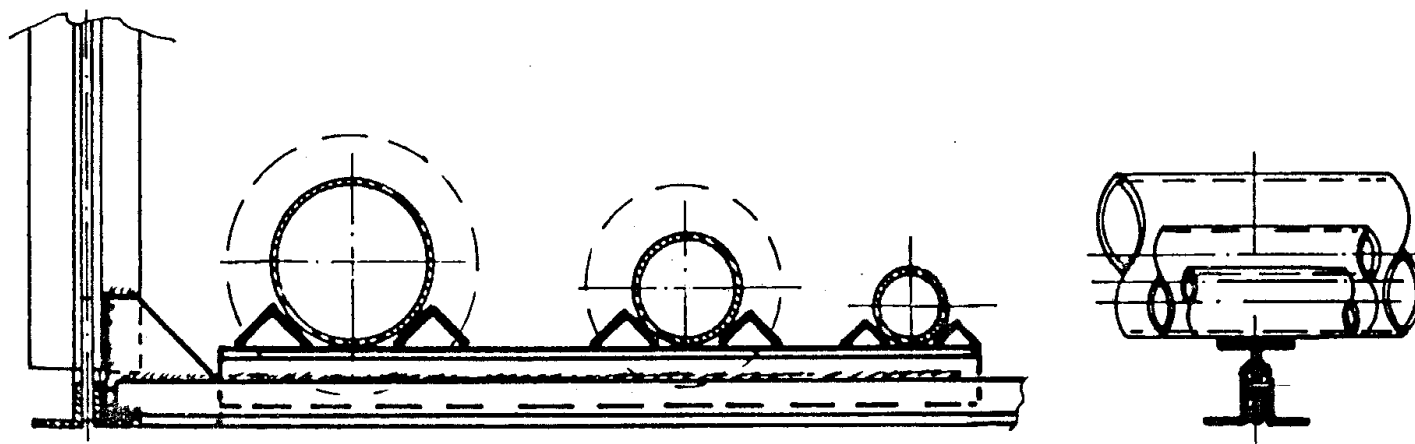


Fig. 33.14 – Staffaggio per il sostegno di tubazioni su una struttura di copertura in acciaio.

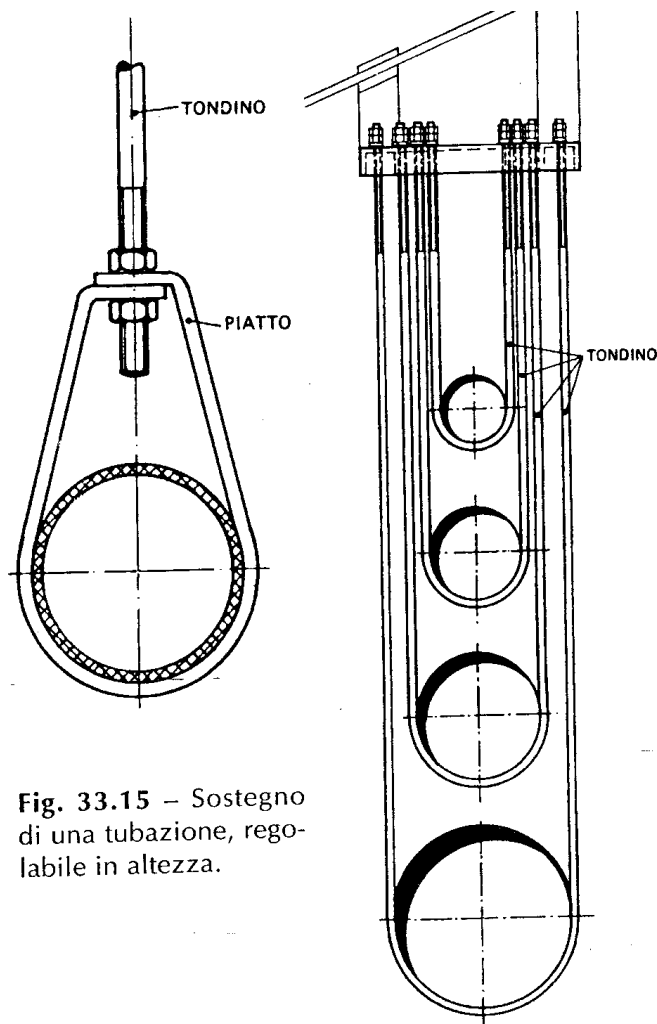


Fig. 33.15 – Sostegno di una tubazione, regolabile in altezza.

Fig. 33.16 – Staffaggio atto a sostenere più tubazioni aeree sovrapposte.

$$f'_m \approx 0,01 \frac{q \cdot l^4}{E \cdot J}$$

dove:

f'_m = freccia di inflessione (cm);

q = carico uniformemente ripartito (kg/cm);

l = lunghezza del tubo fra due appoggi consecutivi (cm);

E = modulo di elasticità del materiale costituente il tubo (bar);

J = momento d'inerzia del tubo (cm⁴).

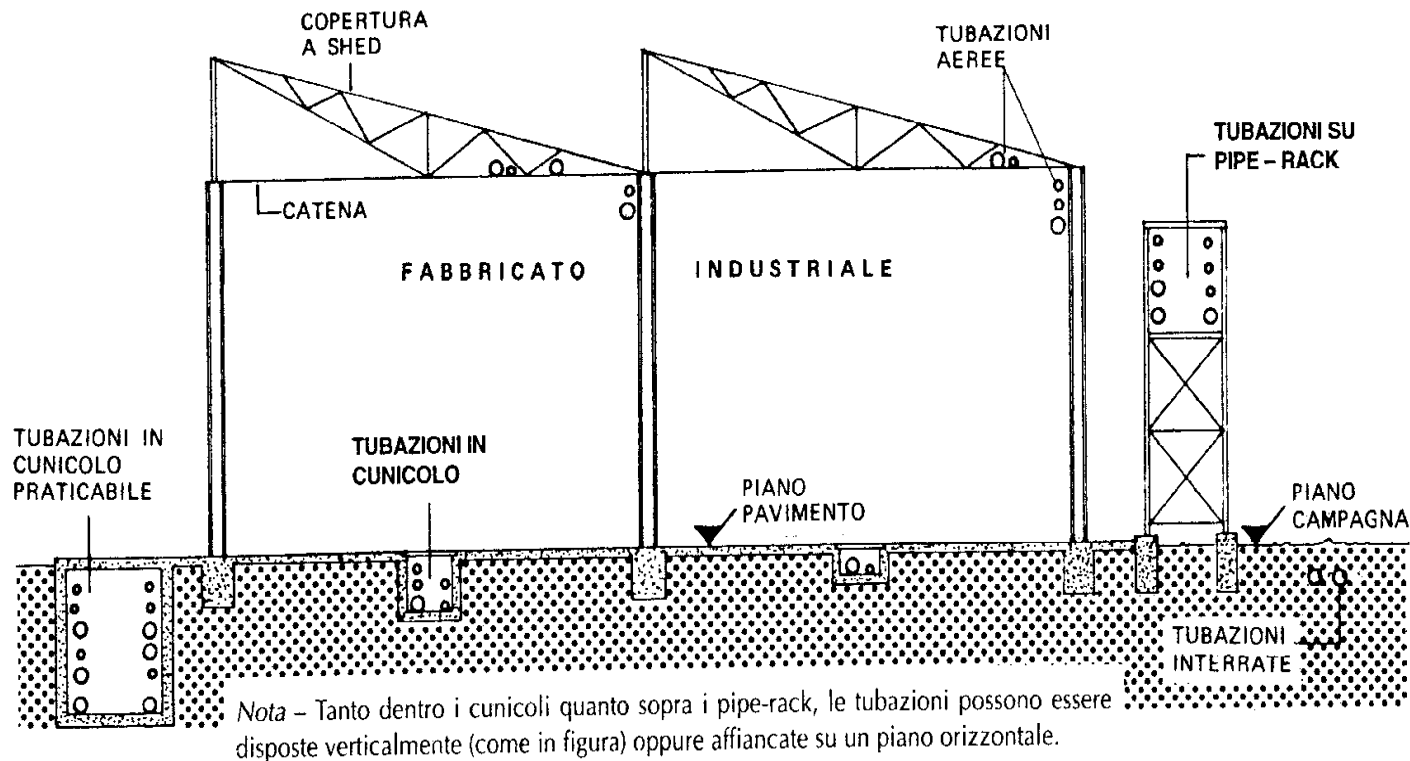


Fig. 33.1 – Possibili collocazioni delle tubazioni per l'alimentazione di fluidi alle utenze industriali.

(1) In regioni aventi un clima paragonabile a quello dell'Italia settentrionale ed a quote inferiori ai 1000 m, per proteggere dal gelo le tubazioni interrate contenenti acqua, si installano le stesse a profondità non minori di 60÷100 cm dal piano campagna, a seconda della natura del terreno (le profondità sono riferite alla generatrice superiore del tubo).

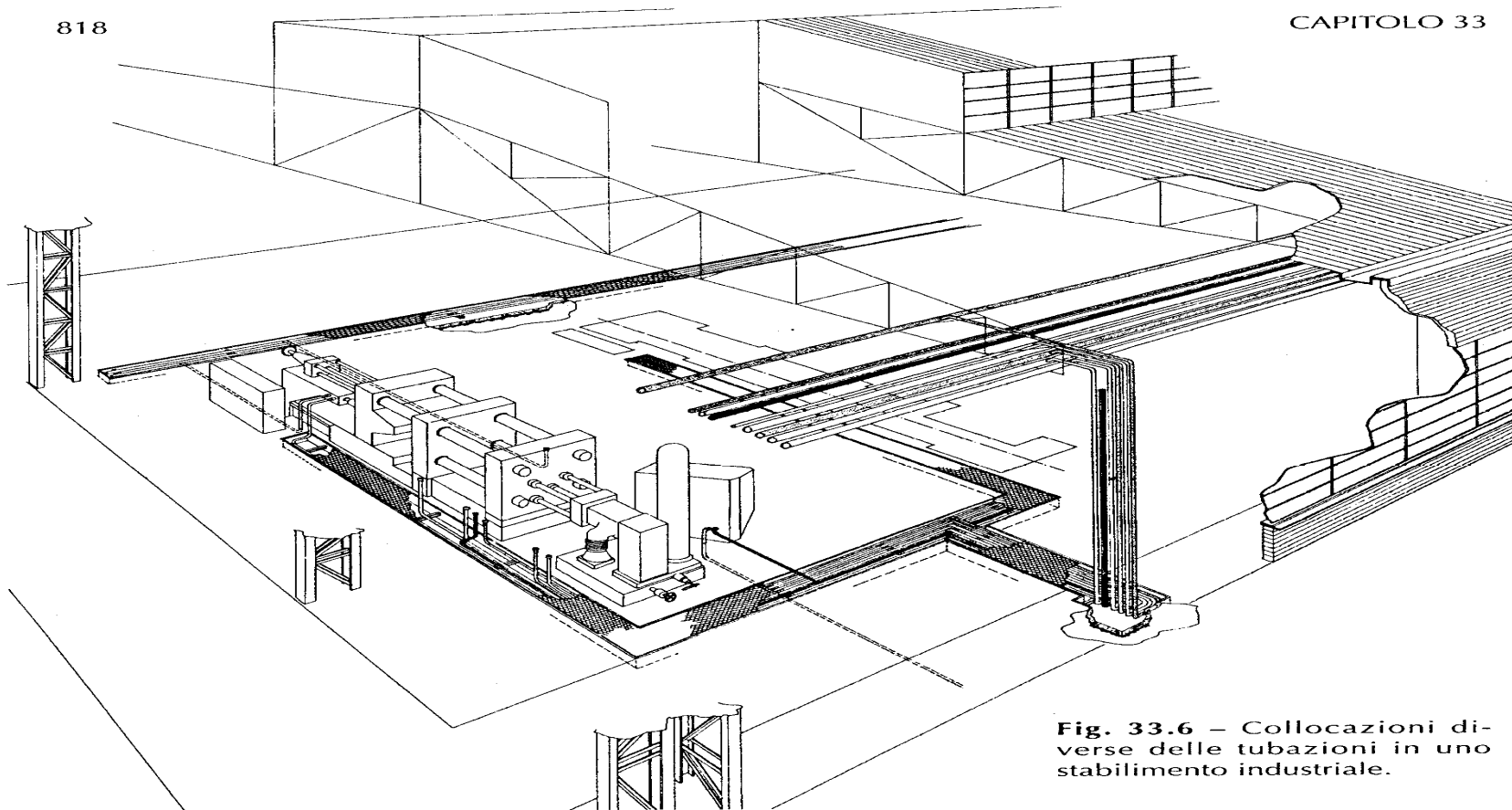


Fig. 33.6 – Collocazioni diverse delle tubazioni in uno stabilimento industriale.

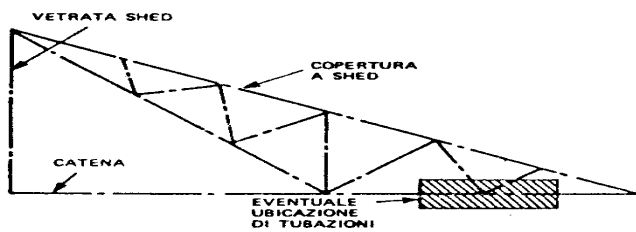
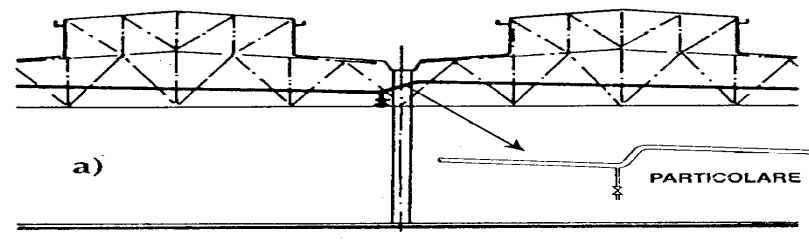


Fig. 33.7 – Possibile posizionamento delle tubazioni in corrispondenza di una capriata.



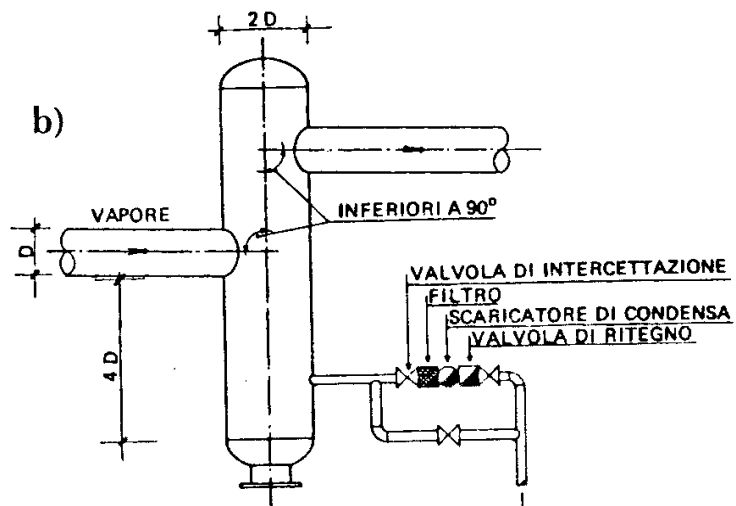


Fig. 33.8 – Accorgimenti atti a consentire un recupero di quota delle tubazioni.

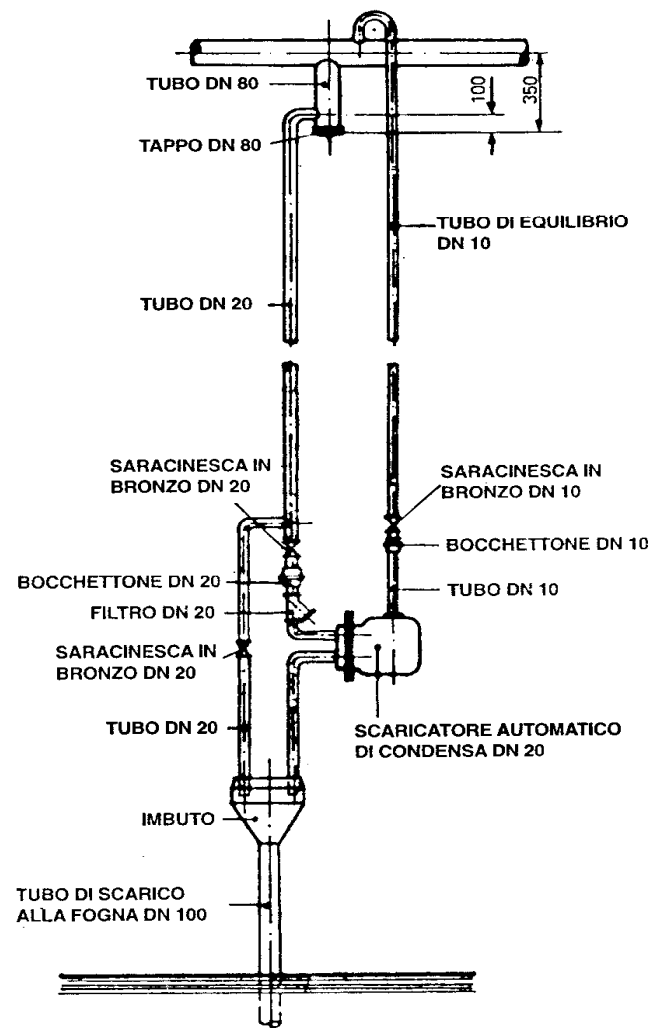


Fig. 33.9 – Scaricatore di condensa per reti (in acciaio) di distribuzione dell'aria compressa.

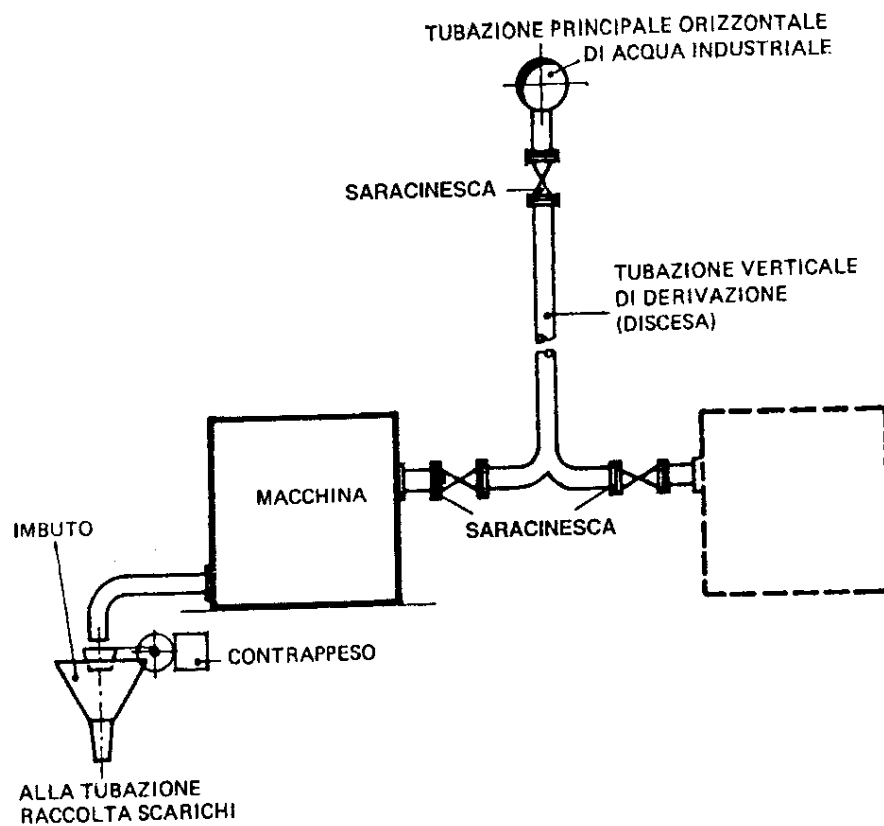


Fig. 33.2 – Derivazione per l'alimentazione di acqua industriale alle macchine.

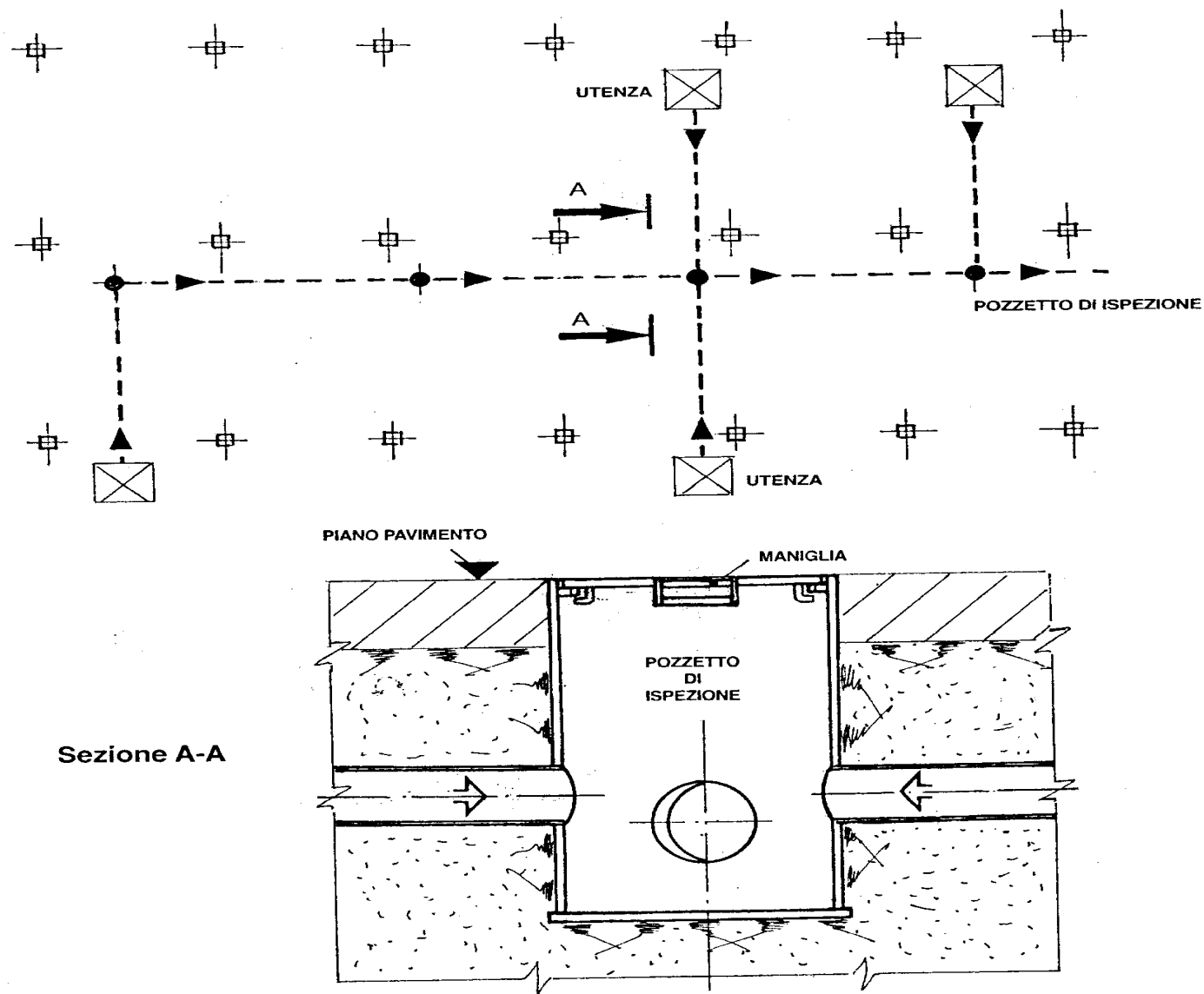
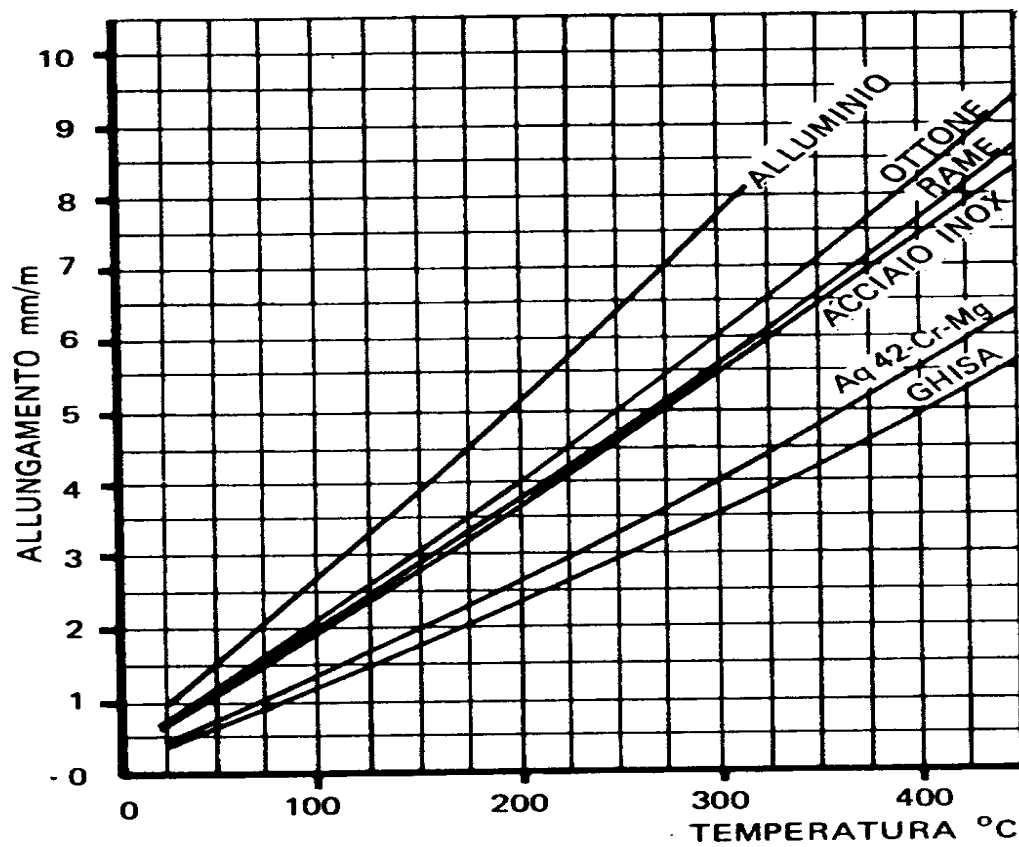


Fig. 33.3 – Rete interrata per il recupero di acque di raffreddamento, con pozzetti di ispezione.

Dilatazioni termiche

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

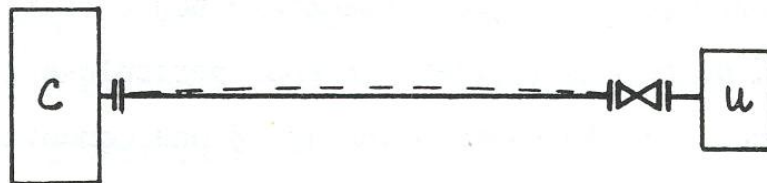
- α = coefficiente di dilatazione lineare [$^{\circ}$ C $^{-1}$]
- l = lunghezza della tubazione [m];
- Δt = salto termico tra impianto in marcia e impianto fermo [$^{\circ}$ C];
- Esempio: $t=20$ [$^{\circ}$ C], $t_{\text{fluido}}=120$ [$^{\circ}$ C]; $l=50$ [m]
 $\Delta l=12 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot (120-20) = 60$ [mm]



allungamento di alcuni materiali in funzione della temperatura

Effetti dovuti alla dilatazione termica

- Tubazioni rettilinee di diametro contenuto: inflessione con sollecitazioni potenzialmente dannose alle flangie;
- Tubazioni di grande diametro: sollecitazioni assiali potenzialmente elevate.



Impedimento di una dilatazione

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \alpha \cdot \Delta t$$

$$\sigma_{amm} = \frac{\sigma_r}{k}$$

- E = modulo di elasticità [MPa]
- $E_{\text{acciaio}} = 1,96 \cdot 10^5$ [MPa]

Impedimento di una dilatazione

- In un acciaio di qualità si ha $\sigma_r = 6,38 \cdot 10^2$ [MPa]
- Quindi:
 - $\sigma_{amm} = \sigma_r / 3 = 2,13 \cdot 10^2$ [MPa]
- Per l' esempio riportato si ha:
 - $\sigma = 12 \cdot 10^{-6} (120-20) 1,96 \cdot 10^5 = 2,35 \cdot 10^2$ [MPa]
- Quindi:
 - $\sigma > \sigma_{amm}$

Impedimento di una dilatazione

- Blocco di calcestruzzo per contrasto

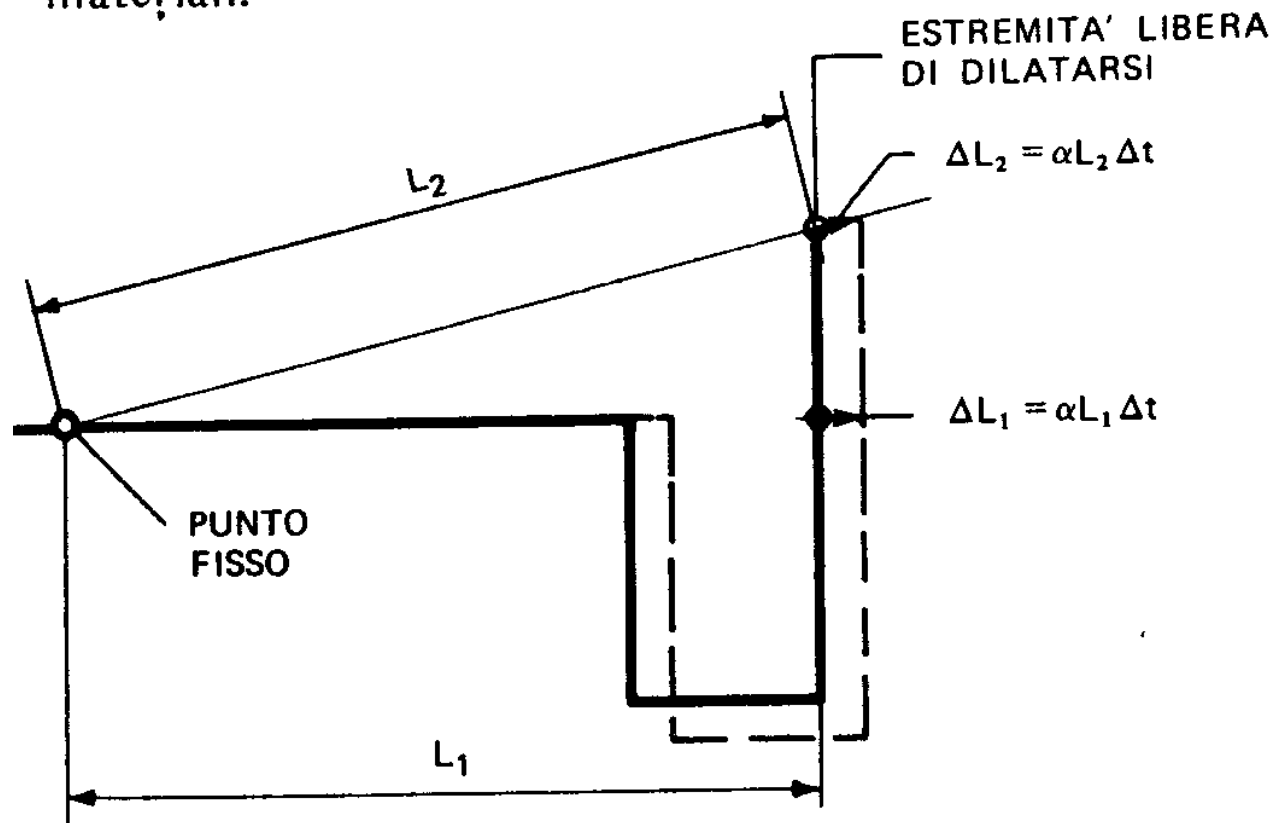
$$F_{spinta} = \sigma \cdot \Omega$$

$$\Omega = \pi \cdot (r_e^2 - r_i^2) = 3,14 \cdot (54^2 - 50^2) = 1310 [mm^2]$$

$$F_{spinta} = 2,13 \cdot 10^2 \cdot 1,31 \cdot 10^3 = 2,79 \cdot 10^5 [N]$$

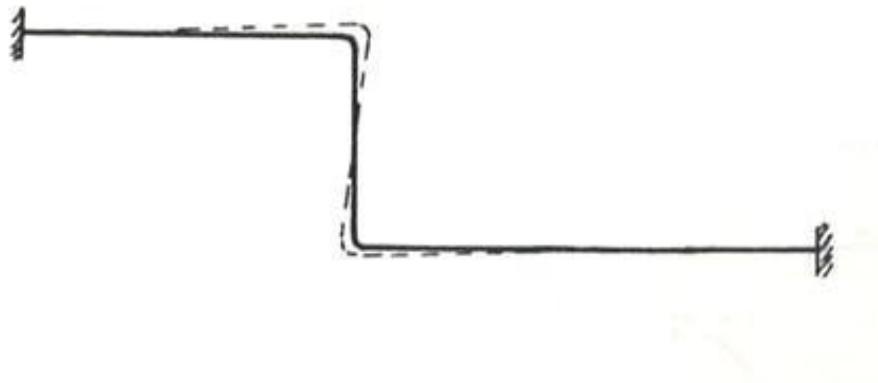
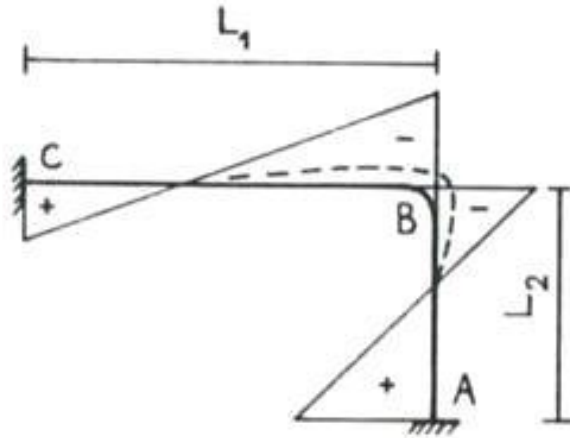
$$P = \frac{F_{spinta}}{f} = \frac{2,79 \cdot 10^5}{0,15} = 1,86 \cdot 10^6 [N]$$

materiali.



Determinazione grafica della dilatazione di una tubazione non rettilinea.

Modifiche di layout



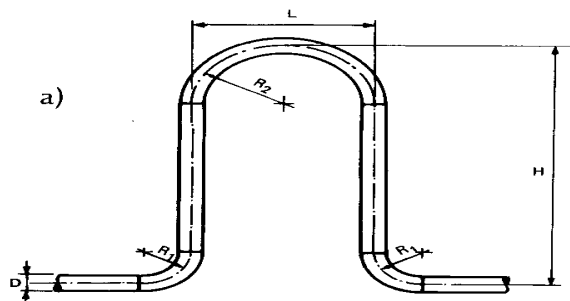


Fig. 33.27 — Schemi di compensatori.

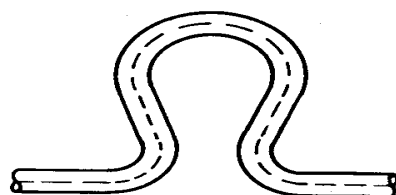
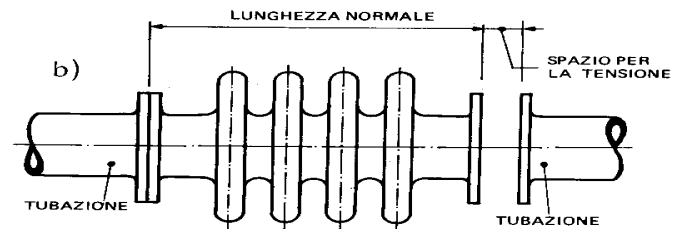


Fig. 33.28 — Compensatore a omega o a lira.

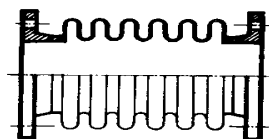


Fig. 33.29 — Compensatore assiale a soffiETTO.

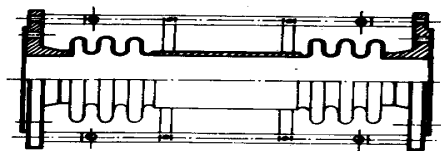
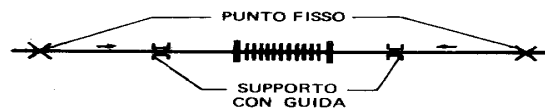
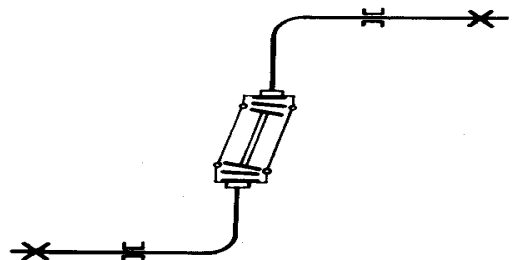
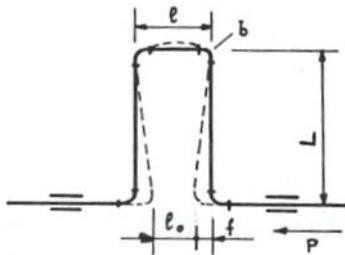
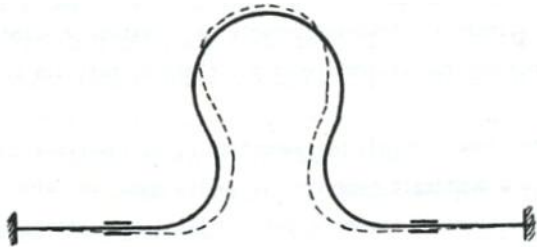


Fig. 33.30 — Compensatore a snodo.



Compensatori a lira o ad omega



$$M_f \propto P \cdot L$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W}$$

$$W = \frac{J}{y} = \frac{2 \cdot J}{D}$$

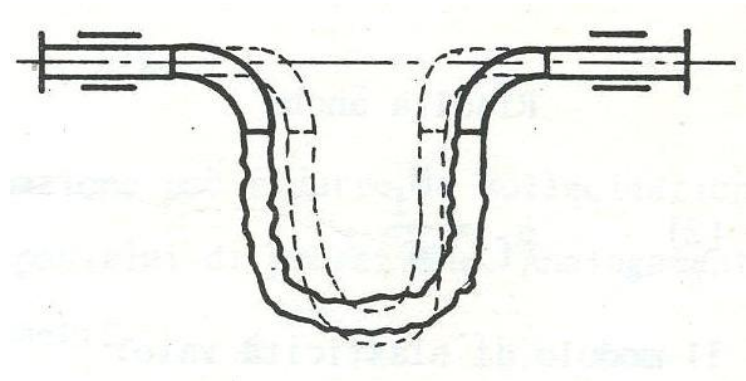
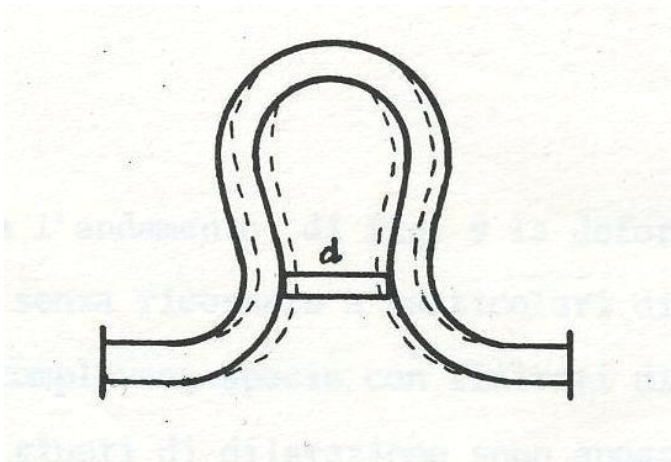
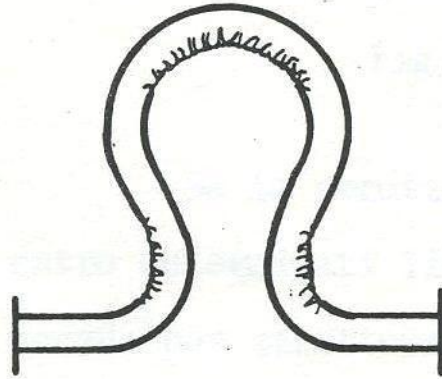
$$\sigma_f \propto \frac{P \cdot L \cdot D}{J}$$

$$f \propto \frac{P \cdot L^3}{J}$$

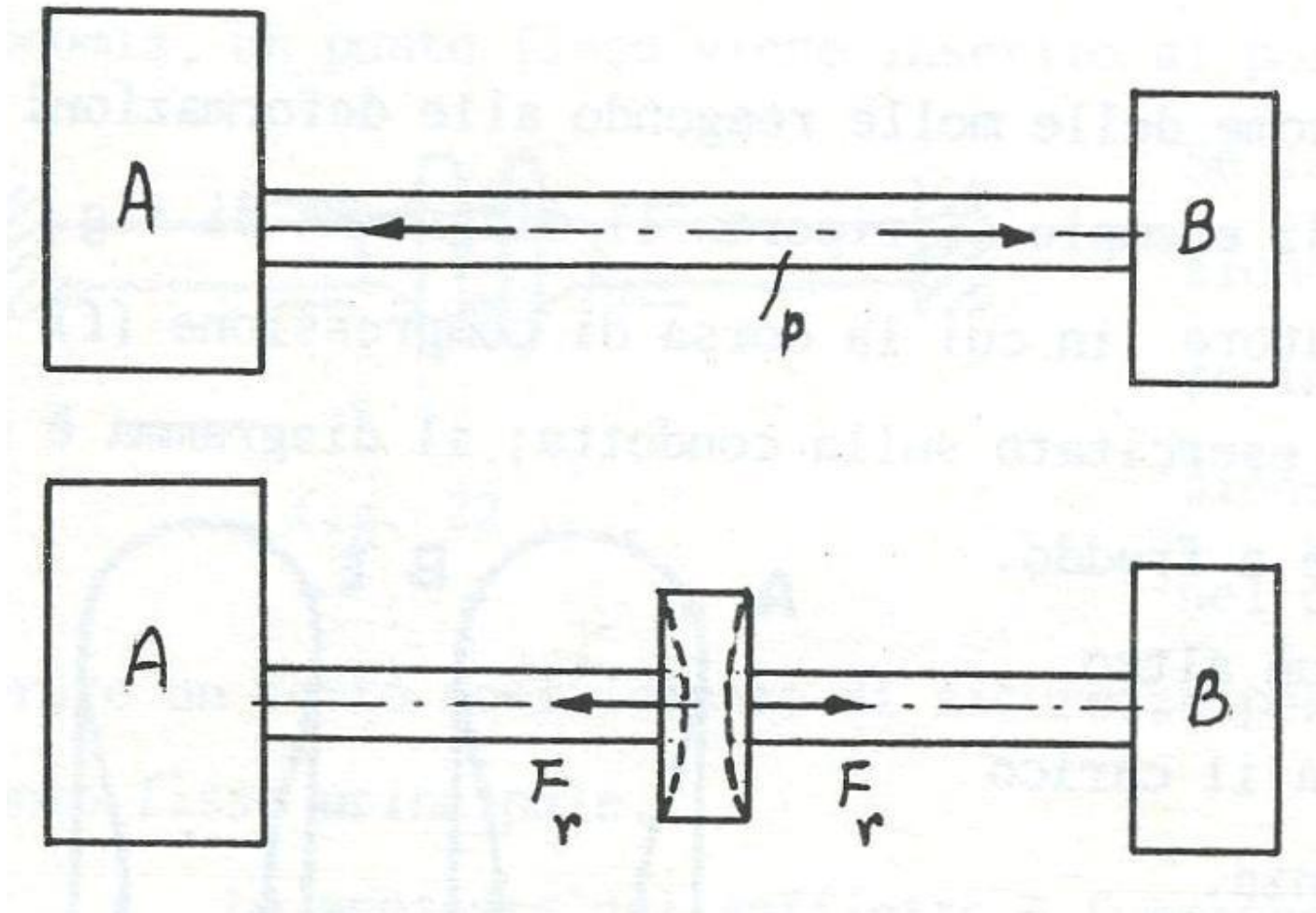
$$\sigma_f = \sigma_{amm} \Rightarrow \frac{P \cdot L}{J} \propto \frac{1}{D}$$

$$L = k \cdot \sqrt{f \cdot D}$$

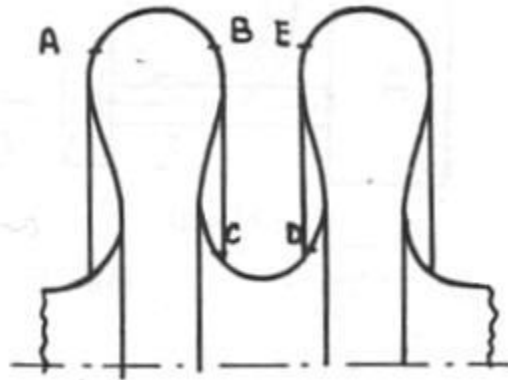
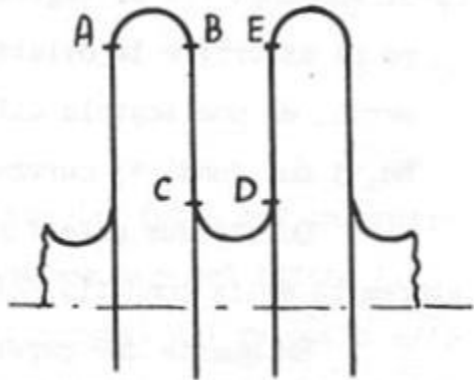
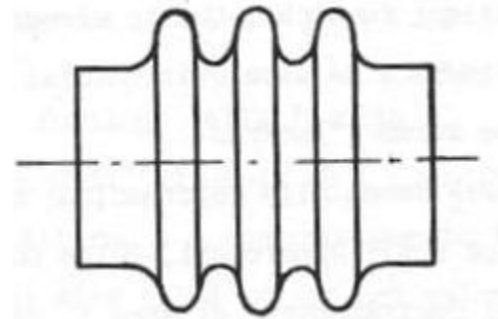
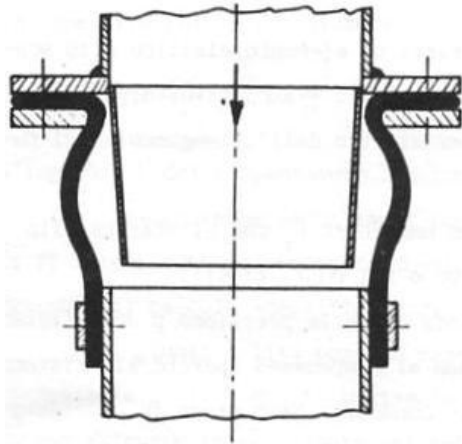
Compensatori a lira o ad omega



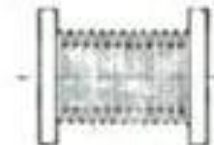
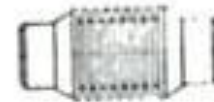
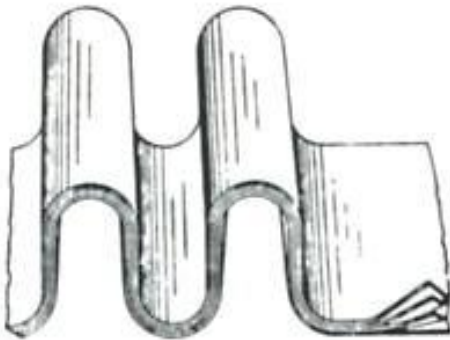
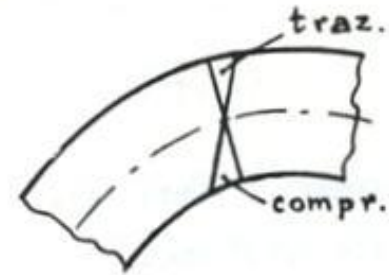
Compensatori assiali



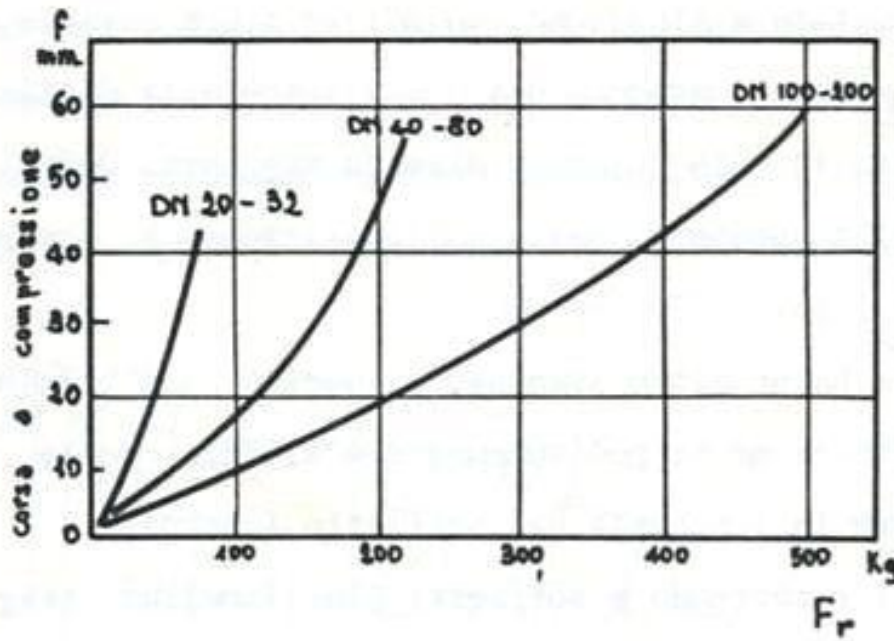
Compensatori assiali



Compensatori assiali a soffietto



Compensatori assiali



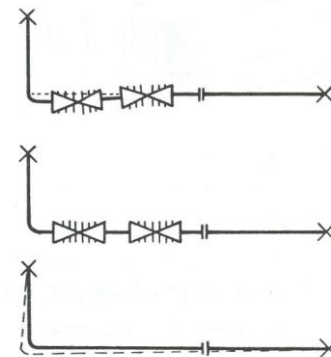
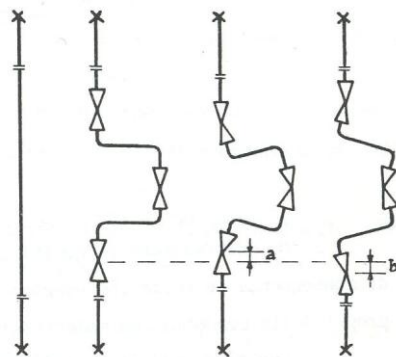
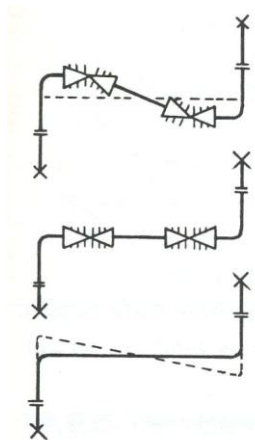
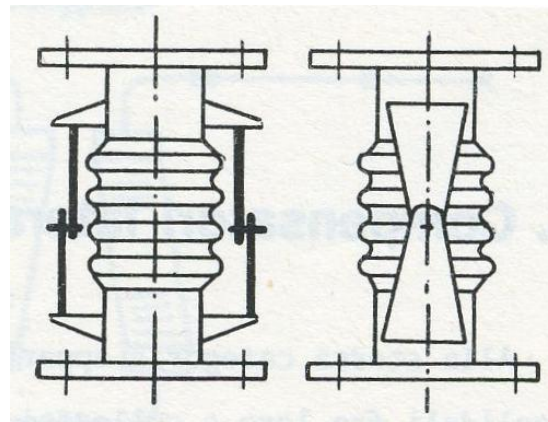
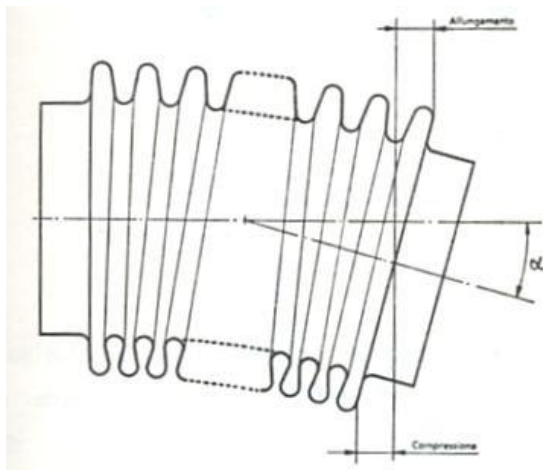
$$A_{eff} = \frac{\pi \cdot d_m^2}{4}$$

$$d_m = \frac{(d_e + d_i)}{2}$$

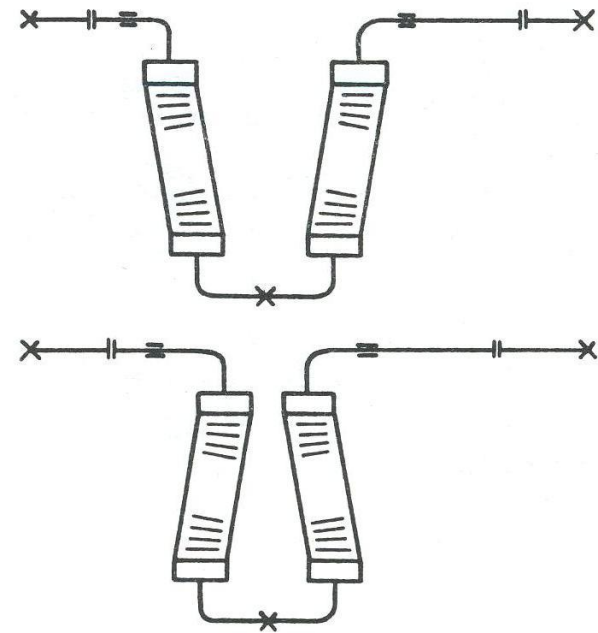
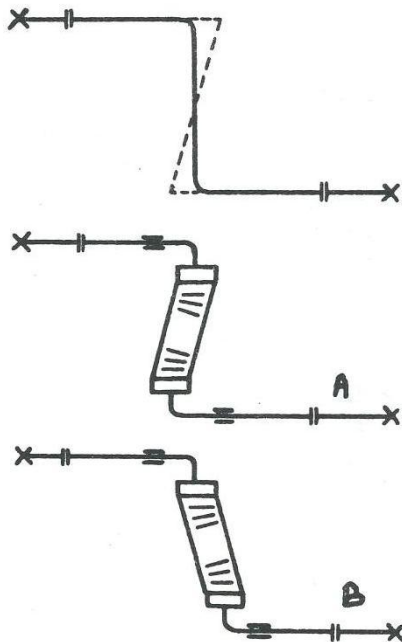
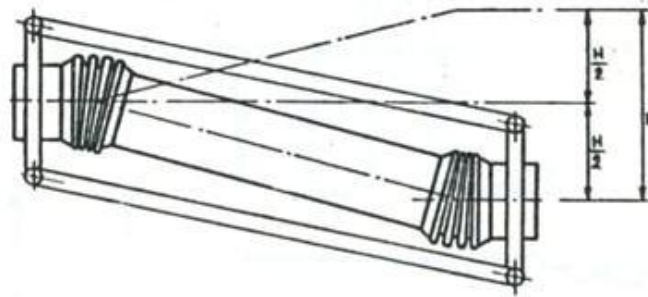
$$F_p = \frac{\pi \cdot d_m^2}{4} \cdot p$$

$$F = F_p + F_r$$

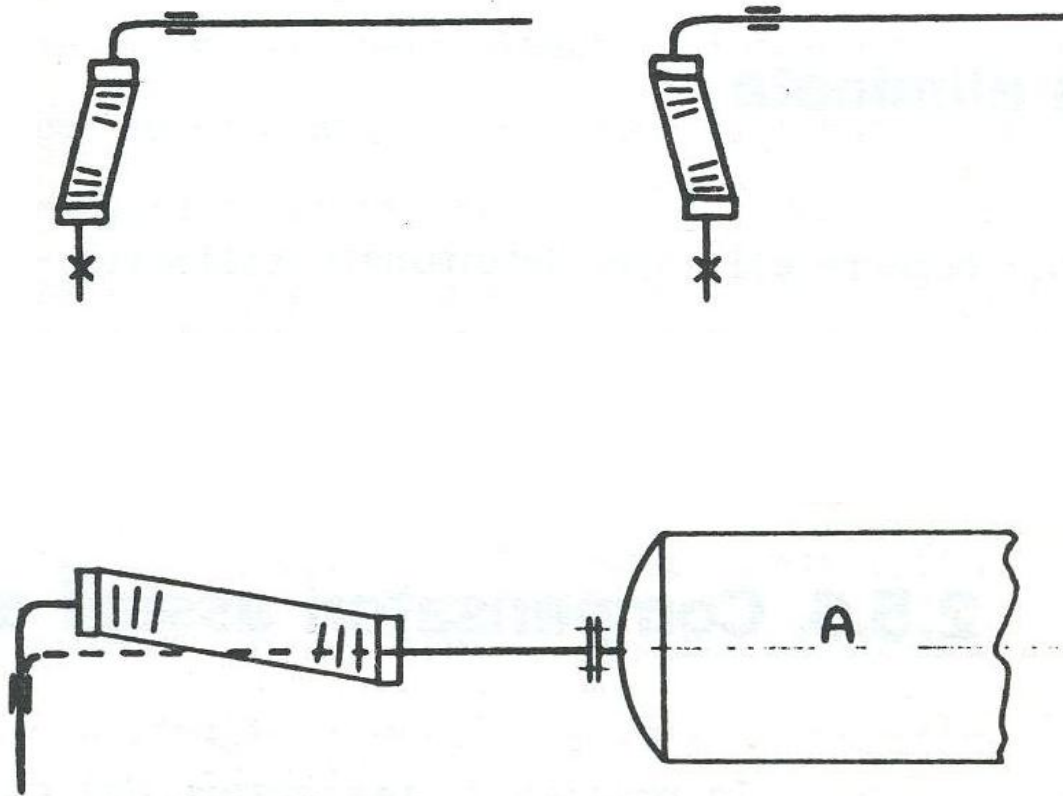
Compensatori a snodo



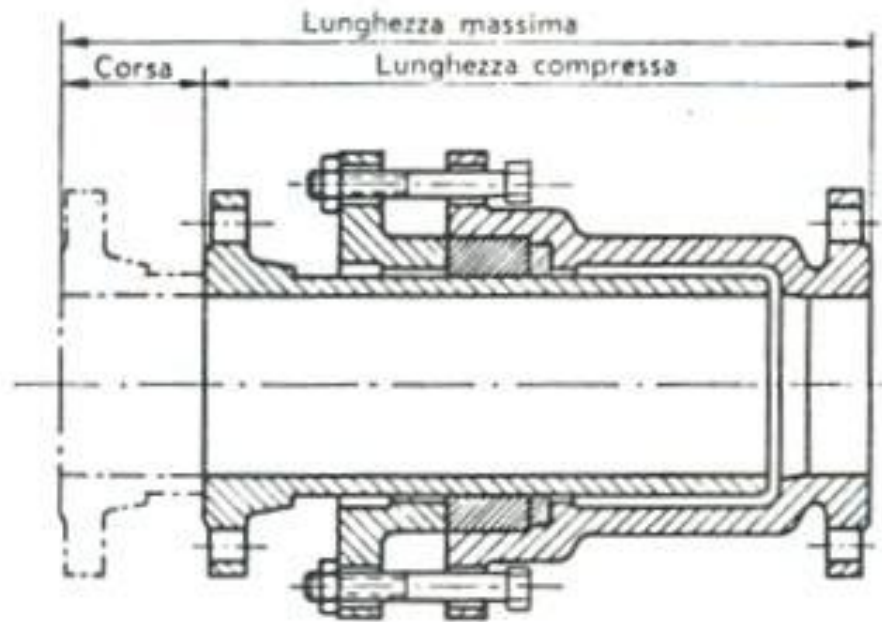
Compensatori laterali



Compensatori laterali



Compensatori a bicchiere



Compensatori assiali a spinta eliminata

