

Esame di stato del 11/09/2018 - Prova Pratica
Sezione A

Un sistema di bacini idrici è connesso da condotte come in Figura 1.

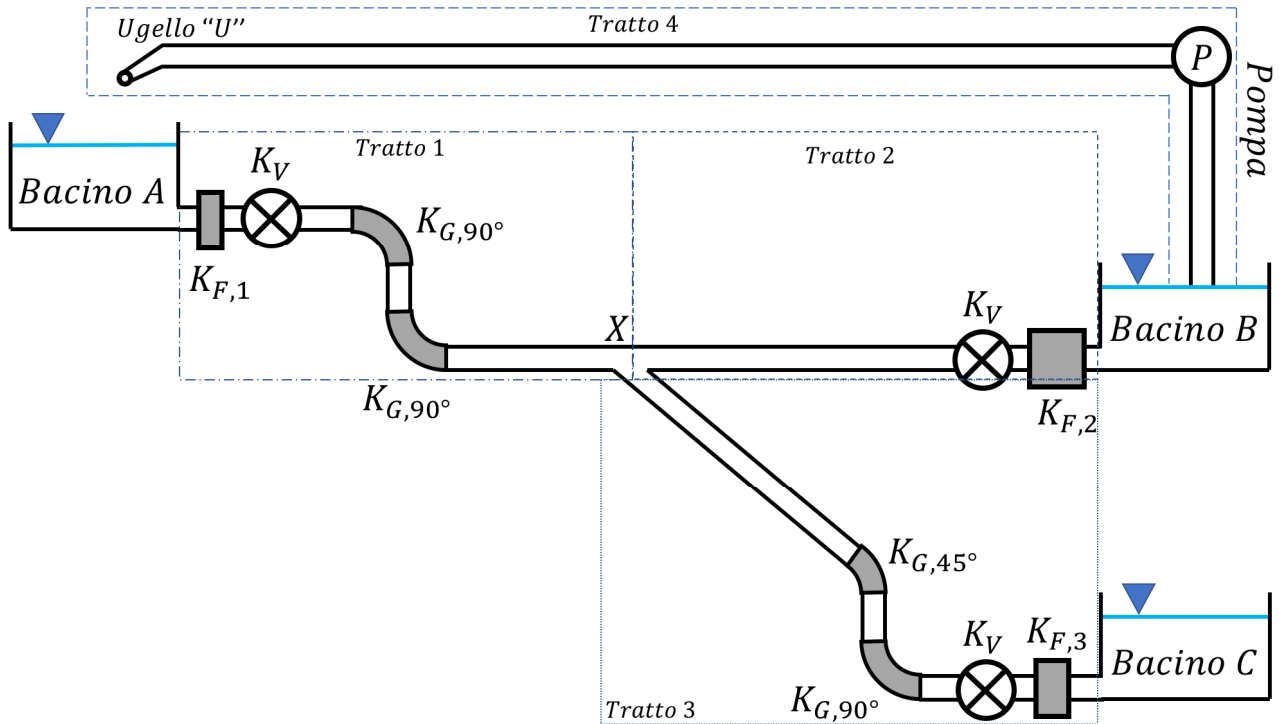


Figura 1: Sistema idraulico (rappresentazione qualitativa).

Caratteristiche del sistema:

Fluido:

Si consideri un fluido con $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$ e $\mu = 8.9 \cdot 10^{-4}\text{ kg/(m} \cdot \text{s)}$.

Bacini:

- *Bacino A*: Altezza del pelo libero: $H_A = 30\text{ m s.l.m.}$
- *Bacino B*: Altezza del pelo libero: $H_B = 6\text{ m s.l.m.}$
- *Bacino C*: Altezza del pelo libero: $H_C = 0\text{ m s.l.m.}$

Condotte:

- *Tratto 1*: Acciaio commerciale, diametro $D_1 = 0.3\text{ m}$, lunghezza complessiva $L_1 = 300\text{ m}$, coefficiente d'attrito di Darcy, $f = 0.02$;
- *Tratto 2*: Acciaio commerciale, diametro $D_2 = 0.3\text{ m}$, lunghezza complessiva $L_2 = 150\text{ m}$, coefficiente d'attrito di Darcy, $f = 0.02$;

- *Tratto 3*: Acciaio commerciale,
diametro $D_3 = 0.3m$,
lunghezza complessiva $L_3 = 120m$,
coefficiente d'attrito di Darcy, $f = 0.02$;
- *Tratto 4*: Acciaio commerciale,
diametro $D_4 = 0.3m$,
lunghezza complessiva $L_4 = 200m$,
scabrezza relativa $\varepsilon/D_4 = 0.0004$.

Perdite concentrate:

- Valvole a sfera completamente aperte: $K_V = 5$;
- Giunzione curva a 45° : $K_{G,45^\circ} = 0.75$;
- Giunzione curva a 90° : $K_{G,90^\circ} = 1.5$;
- Filtro "Tipo 1": $K_{F,1} = 1.5$;
- Filtro "Tipo 2": $K_{F,2} = 4.5$.
- Filtro "Tipo 3": $K_{F,3} = 2.25$.

Si trascurino le perdite di carico concentrate nella giunzione *X* e nel *Tratto 4*.

Modalità d funzionamento:

- a) Durante il giorno il ramo di sollevamento *Tratto 4* non è in funzione, cioè, la pompa è spenta.
- b) Durante la notte la valvola in uscita dal serbatoio *A* e quella in ingresso al serbatoio *B* vengono chiuse e la pompa solleva il liquido dal serbatoio *B* al serbatoio *A* ad una portata $Q_N = 0.15 \text{ m}^3/s$.

Ugello di scarico:

Il tratto di condotta n° 4 scarica nel bacino *A* attraverso l'ugello "*U*". L'ugello è costruito come in Figura 2 e a cavallo di esso la caduta di pressione è pari a $5kPa$. Siano $L_U = 1.5m$ e $D_4 = 2d_4$. Nell'ugello si trascurino le perdite di carico distribuite.

Richieste:

- 1) Determinare il verso e le velocità dei flussi nelle condotte 1, 2 e 3 durante il giorno.
- 2) Determinare la potenza necessaria alla pompa del *Tratto 4* per garantire il funzionamento notturno dell'impianto.
- 3) Si calcoli la forza di trazione sui bulloni della flangia dell'ugello di scarico "*U*" ed il momento torcente all'attaccatura del condotto alla flangia.
- 4) Scegliere il tipo di pompa che si ritiene più adatto e determinare le dimensioni di massima. Sia imposta una velocità di rotazione $n = 600 \text{ giri/min}$. Il candidato può far riferimento alle Figure 4-7 ricordando che la velocità specifica $\omega_s = 2\pi n \sqrt{Q} / (gh)^{0.75}$ identifica la capacità della turbopompa di elaborare

portate volumetriche Q più o meno grandi in corrispondenza ad un determinato valore del lavoro massico (gh) in funzione del numero di giri n , indipendentemente dal diametro D della girante. Il diametro specifico $D_s = D(gh)^{0.75}/\sqrt{Q}$ identifica la capacità di una turbopompa di scambiare più o meno lavoro (gh) in corrispondenza di una portata volumetrica Q in funzione del suo diametro D , indipendentemente dalla velocità angolare della pompa.

- 5) Si discuta la scelta dell'altezza di aspirazione alla quale installare la pompa.
- 6) Si voglia ri-progettare il *Tratto 4* secondo un criterio economico. Nell'ipotesi che la pompa costi €125 per ogni Watt installato e la tubazione €7000 per ogni centimetro di diametro, quale è il costo minimo e la taglia della tubazione per mantenere $Q_N = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$? Si giustificano eventuali assunzioni semplificative.
- 7) Si vuole modificare Il bacino A introducendo un sistema di regolazione come schematizzato in Figura 3. Nell'ipotesi di fluido in quiete, calcolare simbolicamente le componenti della forza di origine idrostatica agente sulla paratoia incernierata in A e determinare il valore di F affinché il sistema sia in equilibrio come in Figura 3. Sia b l'estensione (perpendicolare al foglio) del bacino.

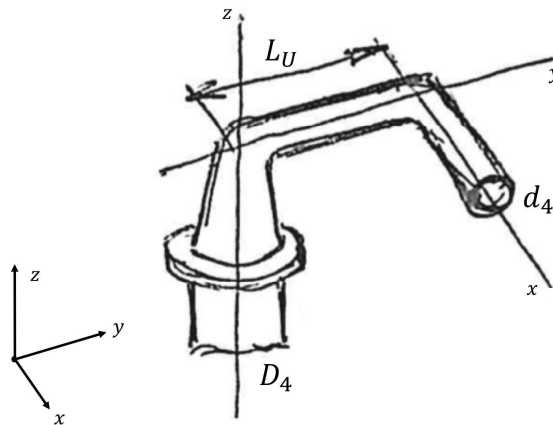


Figura 2: Ugello "U" di scarico della condotta 4 nel bacino A.

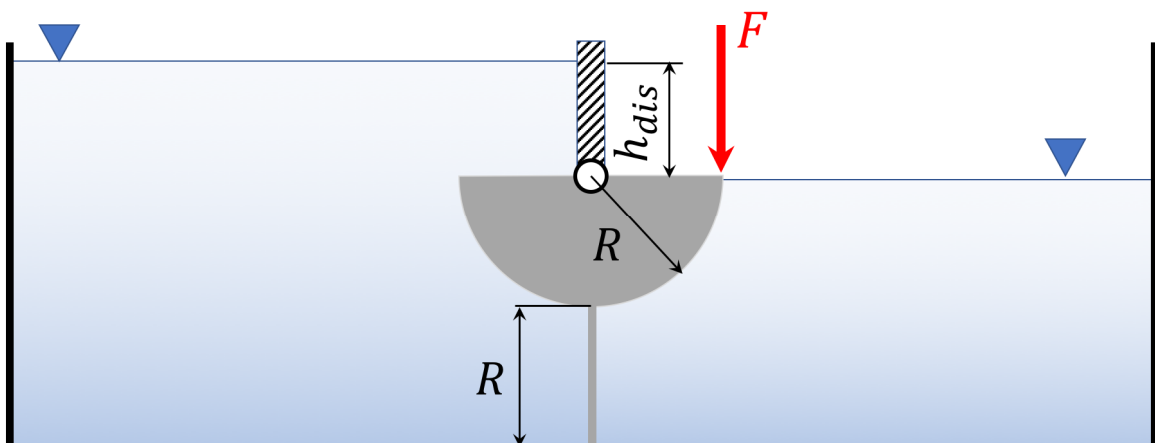


Figura 3: Geometria del bacino A dopo la modifica.

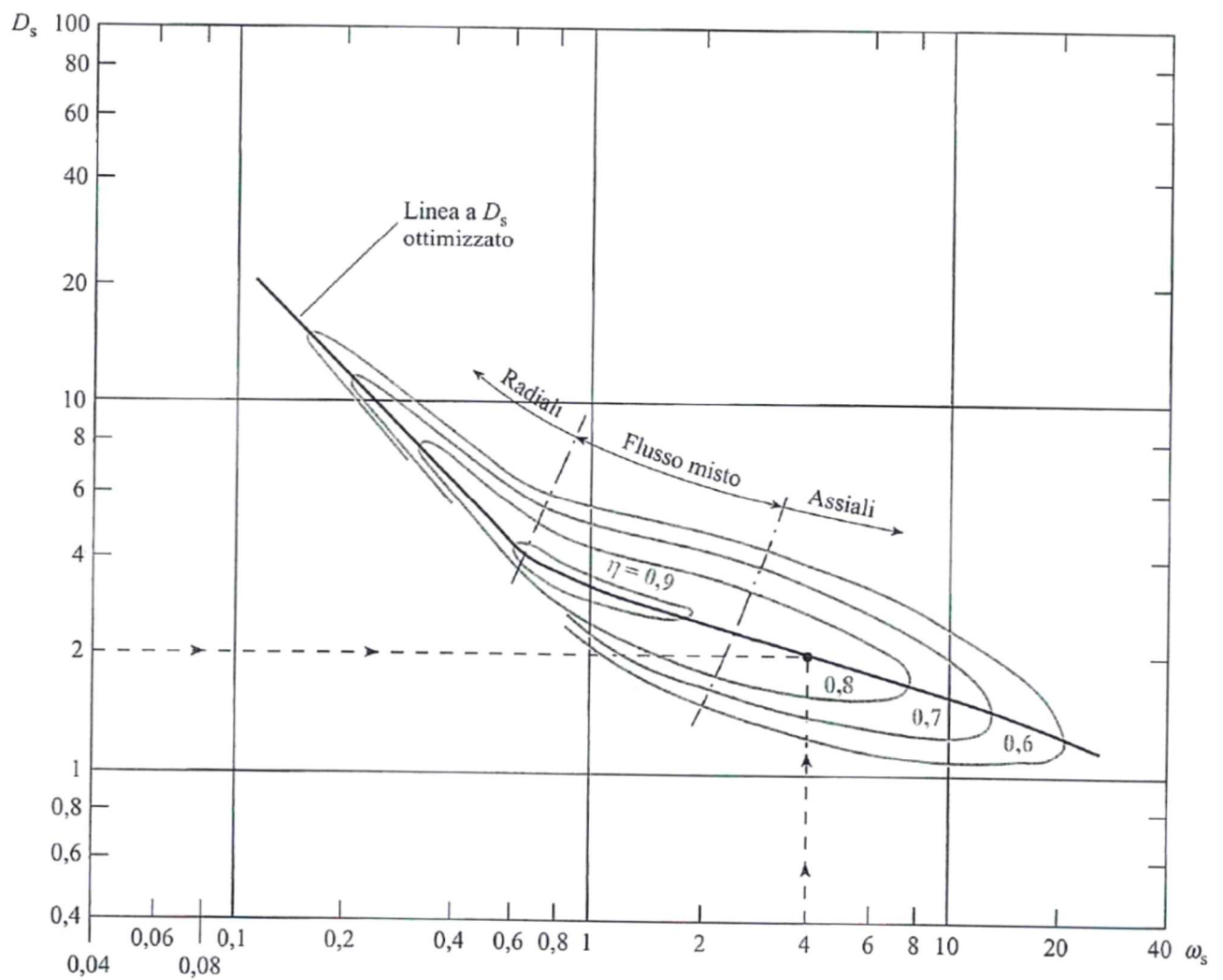


Figura 4: Diagramma di Balje $D_s - \omega_s$, per pompe ad un solo stadio con curve di isorendimento idraulico. Figura tratta da: *Macchine Idrauliche*, G. Cornetti – F. Millo, Il Capitello

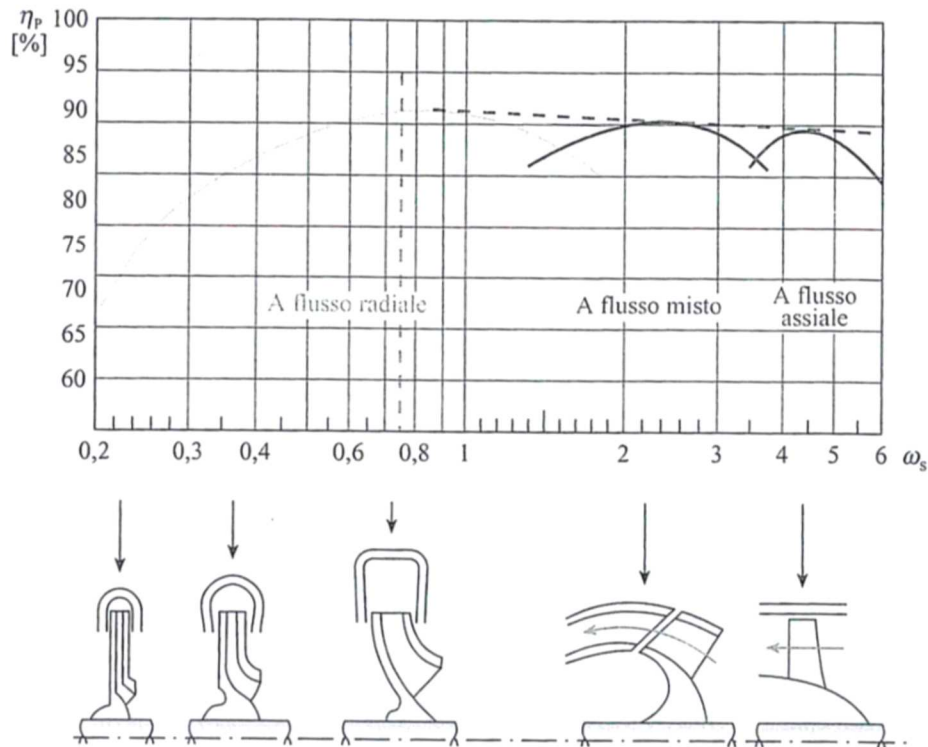


Figura 5: Rendimento totale η_p in funzione di ω_s per turbopompe.
 Figura tratta da: *Macchine Idrauliche*, G. Cornetti – F. Millo, Il Capitello

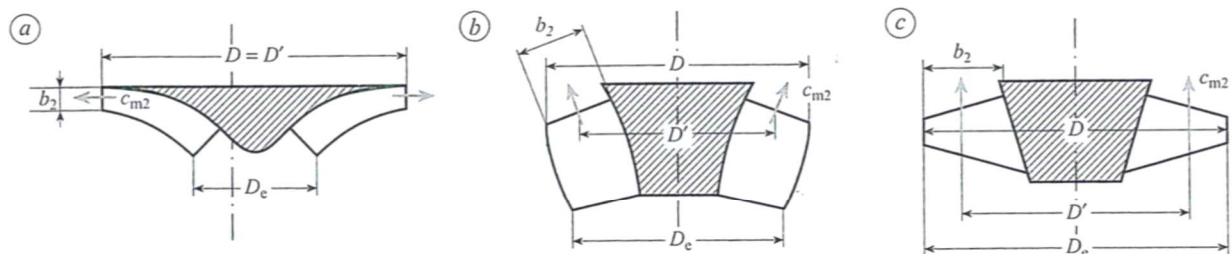


Fig. 8.16 - Parametri caratteristici di pale di turbopompe:

- a) pompa radiale (sempre centrifuga);
- b) pompa a flusso misto;
- c) pompa a flusso assiale.

Figura 6: Parametri caratteristici di pale di turbopompe. D è il diametro d'estremità della pala. D' è il diametro medio di uscita della pala, b_2 è la larghezza della pala in uscita e D_e è il diametro dell'occhio. Figura tratta da: *Macchine Idrauliche*, G. Cornetti – F. Millo, Il Capitello

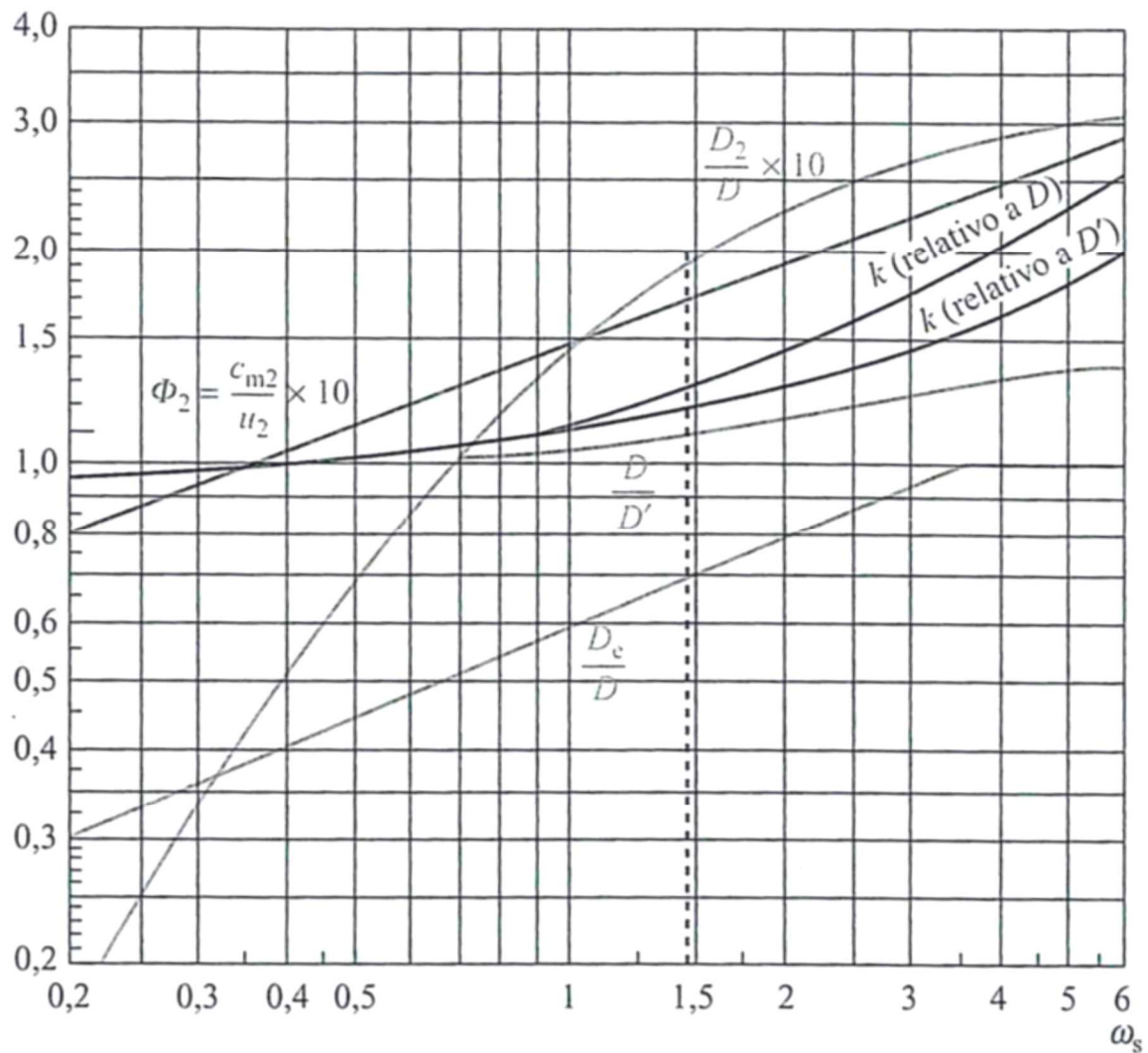


Figura 7: Rapporti utilizzabili per un primo dimensionamento delle pompe in funzione della velocità specifica. $k = u/\sqrt{2gh}$ è il rapporto di velocità periferica con $u = \pi n D'$ velocità periferica. In Figura, $D_2/D \times 10$ va sostituito con $b_2/D \times 10$ (b_2 rappresenta l'altezza di pala allo scarico, Figura 6). Figura tratta da: *Macchine Idrauliche*, G. Cornetti – F. Millo, Il Capitello

$$f = \frac{h}{\left(\frac{L}{d} \frac{V}{g}\right)}$$

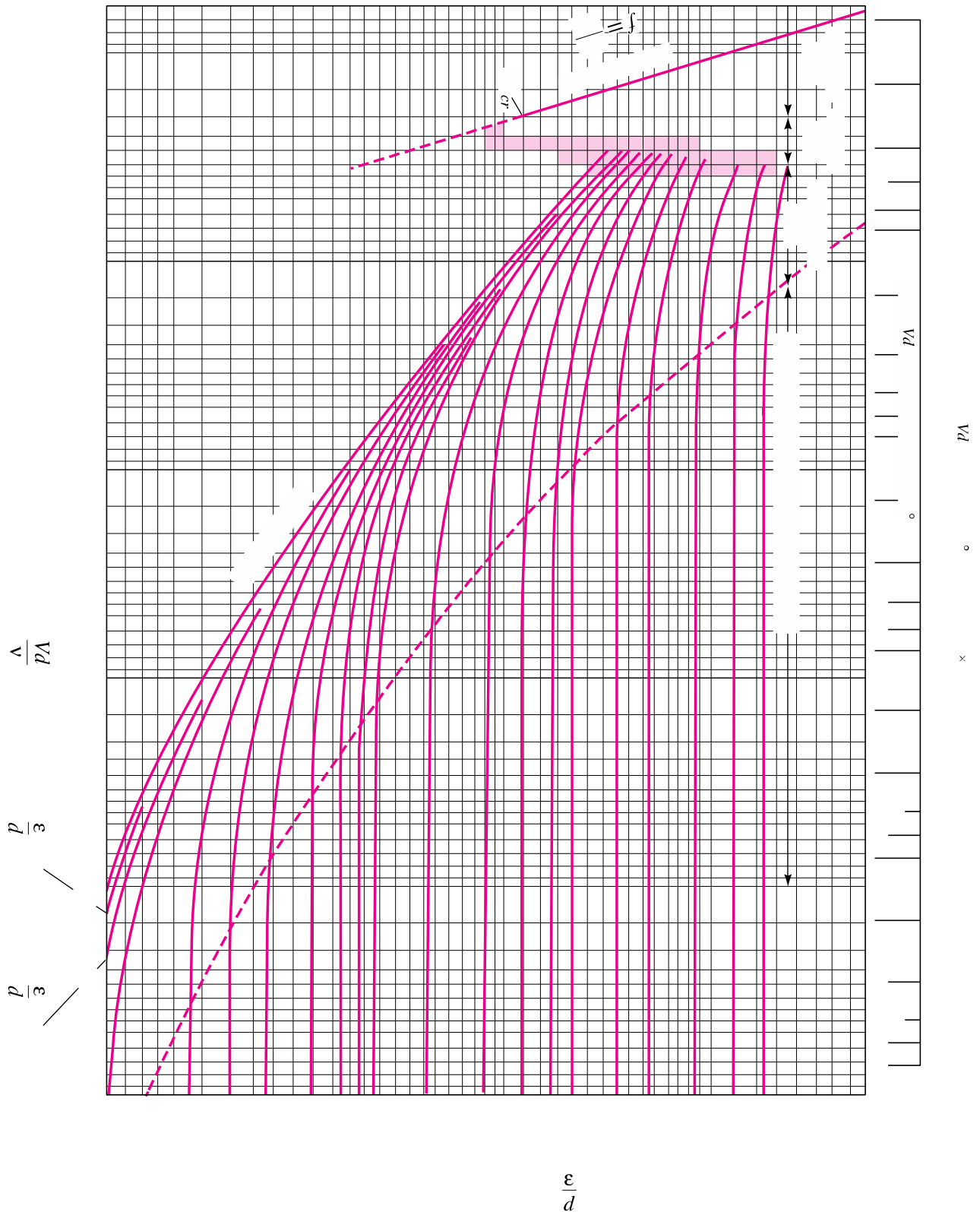


Tabella 1: Abaco di Moody.

Figura tratta da: *Fluid Mechanics*, Frank M. White, McGraw-Hill