

4.2. Problema del 10.01.06

Devi selezionare una **valvola a globo** per le seguenti condizioni:

- | | |
|--|--|
| fluido: acido acetico | densità: $\rho_f = 65.49 \text{ lb/ft}^3$ |
| portata nominale: $\dot{m} = 110 \text{ lb/s}$ | diametro nominale della linea: DN = 350 mm |
| pressione a monte della valvola: $P_1 = 1.5 \text{ atm}$ | |
| pressione P_2 a valle della valvola: atmosferica | |
| tensione di vapore: $P_v = 9.329 \text{ mm Hg}$ | |
| coefficiente del rapporto della pressione critica per i liquidi: $F_F = 0.956$ | |

1. Calcola il **coefficiente di efflusso** C_v per le condizioni di funzionamento della valvola di cui sopra

È disponibile una valvola **Samson modello 255-1**, in acciaio GS-C 25, montaggio flangiato, pressione nominale da 16 a 160 bar, con caratteristica intrinseca sia equipercentuale sia lineare, *rangeability* $r = 30:1$, con i dati del costruttore di cui sotto:

DN (mm)	K_{vn} ($\text{m}^3 \text{ (H}_2\text{O) / h bar}^{1/2}$)
50	62
100	78
150	100
200	190
250	250
300	360
350	1000
400	1500

La conversione tra il **coefficiente di portata** K_v ed il **coefficiente di efflusso** C_v è la seguente:

$$C_v = 1.16 K_v \quad [=] \text{ gpm / psi}^{1/2}$$

2. Cosa è la **pressione nominale**?
3. **Dimensiona la valvola** per il problema in esame, scegliendo quella con il DN e la caratteristica intrinseca più opportuni
4. Effettua la **verifica di cavitazione** secondo la normativa IEC
5. Determina la tensione di vapore P_v che manderebbe la valvola scelta **in cavitazione**

Successivamente, ti è chiesto di inserire la stessa valvola oppure un'altra dello stesso modello in un circuito con DN = 350 mm dove il salto di pressione attraverso la valvola (a tutta apertura) deve essere il 15% della caduta di pressione nel circuito $\Delta P_0 = 1 \text{ atm}$.

6. quanto vale l'**autorità** V della valvola in questo circuito?
7. **verifica** se la valvola scelta al punto 3) va ancora bene altrimenti esegui nuovamente il **dimensionamento della valvola**, scegliendo quella con il DN e la caratteristica intrinseca più opportuni per questo nuovo caso
8. calcola la portata transitante attraverso la valvola inserita nel circuito per una corsa relativa $h = 0.4$
9. calcola il salto di pressione occorrente attraverso la valvola nelle condizioni del punto 8)
10. cosa è la **caratteristica installata**?

The pink painted variables are DATA

The blu painted text is COMMENT

PROBLEM DATA

fluid: Acetic acid



$$\rho_f := 65.49 \cdot \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

density



$$\rho_f = 0.038 \frac{\text{lb}}{\text{in}^3}$$

$$\rho_f = 1.049 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_f := \frac{\rho_f}{1000 \cdot \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}$$

specific density



$$G_f = 1.049$$

$$P_1 := 1.5 \cdot \text{atm}$$



$$P_1 = 22.044 \text{ psi}$$

upstream absolute pressure

$$P_2 := 1 \cdot \text{atm}$$



$$P_2 = 14.696 \text{ psi}$$

downstream pressure

$$m_{\text{punto}} := 110 \text{ lb} \cdot \text{s}^{-1}$$



$$m_{\text{punto}} = 49.895 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

mass flow rate

$$V_{\text{punto}} := \frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f}$$



$$V_{\text{punto}} = 0.048 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V_{\text{punto}} = 753.877 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

volume flow rate

$$P_v := 9.329 \cdot \text{torr}$$



$$P_v = 0.012 \text{ atm}$$

$$F_F := 0.956$$

OTHER DATA

$$F_L := 0.9 \quad \text{ISA S.75.01 norm, Annex D: Globe Valve}$$

$$K_c := 0.8 F_L^2 \quad K_c = 0.648$$

$$r := 30 \quad \text{intrinsic characteristics: a) =\% b) linear}$$

NEW DEFINITIONS

$$\text{bar} \equiv 10^5 \text{ Pa} \quad \text{global definition of a new unit (pressure) in MathCad}$$


$$\text{conversion_factor} := 1.16 \cdot \frac{\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}}{\text{m}^3 \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{bar}^{-0.5}}$$

$$DN := \begin{pmatrix} 150 \\ 200 \\ 250 \\ 300 \\ 350 \\ 400 \end{pmatrix} \text{ mm}$$

$$K_{vn} := \begin{pmatrix} 100 \\ 190 \\ 250 \\ 360 \\ 1000 \\ 1500 \end{pmatrix} \frac{\text{m}^3}{\text{hr} \cdot \text{bar}^{\frac{1}{2}}}$$

NB: per semplicità, limitiamo le scelte possibili ai soli valori di DN > 150 mm

$$C_{vn} := \text{conversion_factor} \cdot K_v$$



$$C_{vn} = \begin{pmatrix} 116 \\ 220.4 \\ 290 \\ 417.6 \\ 1.16 \times 10^3 \\ 1.74 \times 10^3 \end{pmatrix} \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

DESIGN CALCULATIONS

1) C_v CALCULATION

$$P_1 - P_2 = 7.348 \text{ psi}$$

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}} \quad C_v = 284.849 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad \text{Valve Flow Coefficient}$$

3) VALVE SIZING

a) VALVOLA CON CARATTERISTICA =% $\phi(h) := r^{h-1}$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.36$$

Per DN = 300 mm

$$C_{vn_4} = 417.6 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 150.53 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$; NON VA BENE!

Per DN = 350 mm

$$C_{vn_5} = 1.16 \times 10^3 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 418.14 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} > C_v$; VA BENE!

b) VALVOLA CON CARATTERISTICA LINEARE $\phi(h) := h + \frac{1-h}{r}$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.71$$

Per DN = 300 mm

$$C_{vn_4} = 417.6 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 296.496 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$; VA BENE!

Per DN = 350 mm

$$C_{vn_5} = 1.16 \times 10^3 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 823.6 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} >> C_v$; NON VA BENE!

NB: La VALVOLA scelta è la Samson con CARATTERISTICA LINEARE e DN = 300 mm

4) CHECK FOR NO CAVITATION (IEC norm) $\rightarrow (\Delta P - \Delta P_{\max}) < 0$

$$\Delta P := P_1 - P_2 \quad \Delta P = 7.348 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\max} := F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_v) \quad \Delta P_{\max} = 17.716 \text{ psi}$$

$$\Delta P - \Delta P_{\max} = -10.368 \text{ psi}$$

5) VAPOR PRESSURE GIVING CAVITATION (IEC norm)

$$\Delta P_{\max} := \Delta P$$

$$P_{v_new} := \frac{1}{F_F} \left(P_1 - \frac{\Delta P}{F_L^2} \right) \quad P_{v_new} = 9.356 \times 10^4 \text{ Pa} \quad P_{v_new} = 13.569 \text{ psi}$$

INSTALLED CHARACTERISTICS

$$\Delta P_0 := 1 \cdot \text{atm} \quad \Delta P_0 = 14.696 \text{ psi}$$

6) AUTORITA' DELLA VALVOLA

$$V := 0.15$$

$$\Delta P_n := V \cdot \Delta P_0 \quad \Delta P_n = 2.204 \text{ psi}$$



7) DESIGN CALCULATIONS

1) CHECKING THE VALVE

$$V_{\text{punto}} = 753.877 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$V_{\text{punto_new}} := C_{\text{vn}_4} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_n}{G_f}} \quad V_{\text{punto_new}} = 605.351 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

NB: $V_{\text{punto_new}}$ risulta minore di V_{punto} calcolato come specifica iniziale.
La valvola NON va più bene!

2) VALVE SIZING

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{\Delta P_n}{G_f}}}$$

$$C_v = 520.061 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

NEW Valve Flow Coefficient

VALVOLA CON CARATTERISTICA =%

$$\phi(h) := r^{h-1}$$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.36$$

Per DN = 300 mm

$$C_{\text{vn}_4} = 417.6 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{\text{vn}_4} \cdot \phi_{0.7} = 150.53 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{\text{vn}} < C_v$; NON VA BENE!

Per DN = 350 mm

$$C_{\text{vn}_5} = 1.16 \times 10^3 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{\text{vn}_5} \cdot \phi_{0.7} = 418.14 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{\text{vn}} < C_v$; NON VA BENE!

VALVOLA CON CARATTERISTICA LINEARE

$$\phi(h) := h + \frac{1-h}{r}$$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.71$$

Per DN = 300 mm

$$C_{\text{vn}_4} = 417.6 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{\text{vn}_4} \cdot \phi_{0.7} = 296.496 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$; NON VA BENE!

Per DN = 350 mm

$$C_{vn_5} = 1.16 \times 10^3 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi 0.7 = 823.6 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} > C_v$; OK!!



$$C_{v_{nn}} := C_{vn_5}$$

$$C_{vn} = 1.16 \times 10^3 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

$$V_{\text{punto}_n} := C_{vn} \sqrt{\frac{\Delta P_n}{G_f}}$$

$$V_{\text{punto}_n} = 1.682 \times 10^3 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \quad \text{Nuova PORTATA NOMINALE}$$

$$m_{\text{punto}_n} := V_{\text{punto}_n} \cdot \rho_f$$

$$m_{\text{punto}_n} = 111.292 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$m_{\text{punto}_n} = 245.356 \frac{\text{lb}}{\text{s}}$$

8) PORTATA a h=0.4

NOTE SULL'USO DI MathCad

$$V_{\text{punto}(h)} := \frac{V_{\text{punto}_n}}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h)^2}}}$$

This instruction defines $V_{\text{punto}(h)}$ as a new function of the independent variable h .

$$V_{\text{punto}(0.4)} = 1.29 \times 10^3 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$V_{\text{punto}(0.4)} = 0.081 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$m_{\text{punto}_{0.4}} := V_{\text{punto}(0.4)} \cdot \rho_f$$

$$m_{\text{punto}_{0.4}} = 85.348 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad m_{\text{punto}_{0.4}} = 188.161 \frac{\text{lb}}{\text{s}}$$

9) SALTO DI PRESSIONE a h=0.4

$$\Delta P := G_f \left(\frac{V_{\text{punto}(0.4)}}{C_{vn} \cdot \phi(0.4)} \right)^2$$

$$\Delta P = 7.349 \text{ psi}$$

$$\Delta P = 0.5 \text{ atm}$$

per h=1

$$\Delta P := G_f \left(\frac{V_{\text{punto}(1)}}{C_{vn} \cdot \phi(1)} \right)^2$$

$$\Delta P = 2.204 \text{ psi}$$

$$\Delta P = 0.15 \text{ atm}$$

NB: questo calcolo conferma il valore già trovato al punto 6)

per completezza e per confronto, **ricolliamo il ΔP** anche per il valore iniziale della portata ed $h=0.4$

$$\Delta P := G_f \left(\frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f C_{vn} \cdot \phi(0.4)} \right)^2$$



$$\Delta P = 2.512 \text{ psi}$$



$$\Delta P = 0.171 \text{ atm}$$

per il valore iniziale della portata ed $h=1$

$$\Delta P := G_f \left(\frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f C_{vn} \cdot \phi(1)} \right)^2$$



$$\Delta P = 0.443 \text{ psi}$$



$$\Delta P = 0.03 \text{ atm}$$