

## Worksheet GL-c3bis

rielaborato da M. Fraganza e M. Miccio a partire dal problema d'esame del 31.07.2020

rev. 2 del 15.09.2020

### Obiettivi

- Calcolo e rappresentazione grafica della **Caratteristica Intrinseca** per una valvola a globo (in questo caso la **tabella del costruttore** riporta solo il valore di  $C_{v_n}$  per ogni DN).
- Calcolo del **coefficiente d'efflusso** nelle condizioni più stringenti per il dimensionamento rispetto ai dati.
- Calcolo e rappresentazione della **caratteristica di efflusso**.
- Tracciamento della **caratteristica installata** a partire dai valori di *rangeability* ed **autorità**.
- Calcolo di punti salienti della **caratteristica installata** a scelta dell'utente.
- **Verifica** della valvola per un liquido diverso con un nuovo valore di portata

TESTO (file in formato LANDSCAPE)

Ti è richiesto il dimensionamento di un'unica **valvola a globo** che vada bene contemporaneamente per la regolazione di entrambi i 2 fluidi seguenti:

- I. Acido formico, con densità  $\rho = 76.162 \text{ lb/ft}^3$ ;
- II. Acido propionico, con densità  $\rho = 61.8 \text{ lb/ft}^3$

sotto le seguenti ulteriori condizioni:

diametro nominale della linea:  $DN = 50 \text{ mm}$

pressione a monte della valvola:  $P_1 = 3.5 \text{ atm}$

pressione a valle della valvola:  $P_2 = 1.2 \text{ atm}$

portata nominale:  $\dot{V} = 1.3 \text{ L/s}$

tensione di vapore:

- I. Acido formico,  $P_v = 4.3 \text{ kPa}$
- II. Acido propionico,  $P_v = 0.39 \text{ kPa}$

Il coefficiente del rapporto della pressione critica per i liquidi:  $F_F = 0.956$

1. Calcolare il **coefficiente di efflusso**  $C_v$  per le condizioni di cui sopra

E' disponibile una tabella del costruttore **Samson con una valvola V2001-3321**, con le seguenti caratteristiche intrinseche:

**VA1 equipercentuale, VA2 lineare e VA3 quadratica**,  
tutte con *rangeability*  $r = 30$ .

DN (mm)	$K_{vn}$ ( $m^3(H_2O) / h \text{ bar}^{1/2}$ )
15	1.6
20	2.5
25	4.0
32	6.3
40	10.0
50	16.0

2. **Dimensionare la valvola** per il problema in esame, scegliendo quella con il DN e la caratteristica intrinseca più opportuni.
3. Con rif. al liquido sopra prescelto, calcolare i punti salienti della **caratteristica di efflusso**, riportarli in grafico e stabilire se la valvola opera in regime di **flusso normale**.
4. Con rif. al liquido sopra prescelto, calcolare il valore "teorico" del **coefficiente di recupero** che manderebbe la valvola scelta in cavitazione

Successivamente, ti è richiesto di inserire la valvola scelta in un circuito, assumendo  $\Delta P_v$  uguale al

valore originario ( $P_1 - P_2$ ) e considerando la **caduta di pressione dell'utenza**:

$$\Delta P_u = 3.7 \text{ atm}$$

5. Quanto vale l'**autorità**  $V$  ?
6. Dire se il valore calcolato per l'**autorità**  $V$  è congruente oppure no con la caratteristica intrinseca scelta sopra
  7. Calcola il valore della **portata**  $\dot{V}_n$  che transiterà nella valvola inserita nel **circuito**
  8. Qual è la portata  $\dot{V}_1(h)$  che transiterà nella valvola per  $h_1 = 0.3$ ?
  9. Qual è l'effettiva caduta di pressione attraverso la valvola  $\Delta P_{v1}$  per  $h_1 = 0.3$ ?
  10. Qual sarà la corsa relativa  $h_2$  per la quale transiterà nella valvola inserita nel **circuito** una portata  $\dot{V}_2(h) = 16 \text{ gpm}$ ?

Successivamente ti viene chiesto:

11. Nelle condizioni nominali e con il  $\Delta P$  utilizzato nel dimensionamento, la valvola è in grado di far passare una portata di Benzene ( $\rho=876.50 \text{ kg/m}^3$ )  $\dot{V}_v=24 \text{ gpm}$  ?

Ancora, devi affrontare il **problema di verifica** per la valvola precedentemente dimensionata:

12. Sempre nelle condizioni nominali e con il  $\Delta P$  utilizzato nel dimensionamento, qual è la portata massima di Benzene che la valvola scelta è in grado di far passare?

Inserimento dati:

Selezionare il tipo di fluido dalla lista:

- Acido acetico
- Acetone
- Gasolio
- benzene
- acido formico
- Acido propionico

NB:  
il liquido selezionata dalla lista è quello a densità maggiore, cosa che determinerà il  $C_v$  più alto



$G_f = 1.22$

Inserire il valore di  $P_1$

3.5

Inserire il valore di  $P_2$

1.2

Inserire il valore di  $P_v$

0.042

atm

Pa

nci



Inserire il valore della portata volumetrica

1.3

L/s

gal/min

Ricalcola tutto !



Calcolo del coefficiente di Efflusso:

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{p_1 - p_2}{G_f}}} = 3.915 \frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$$

**Calcolo della caratteristica intrinseca  
e del coefficiente d'efflusso al 70% della corsa dell'otturatore:**

**Tabella del costruttore per valvola Samson Serie V2001 Tipo 3321**

DN mm	$K_{vn}$ $m^3(H_2O)/h \text{ bar}^{1/2}$	$C_{vn} = 1.16K_{vn}$ US gal (H <sub>2</sub> O)/min psi <sup>1/2</sup>
15	1.6	1.86
20	2.5	2.90
25	4.0	4.64
32	6.3	7.31
40	10.0	11.60
50	16.0	18.56

Valvola	VA1	VA2	VA3	VA4
Caratteristica	Equipercentuale	Lineare	Quadratica	Quick Opening ( $\delta=3$ )
Rangeability	30	30	30	30



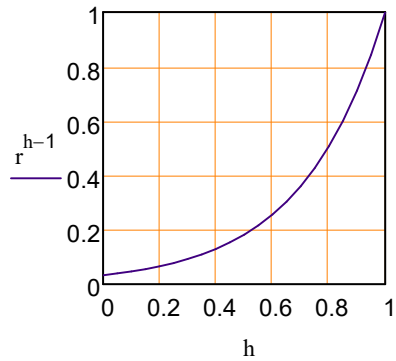
Inserire il valore della **rangeability**:

Ricalcola tutto !

**Valvola di tipo VA1, con caratteristica equipercentuale.**

VA1 := 1

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



Inserire il valore del  $C_{vn}$  della valvola  $\frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$ :

11.60

$$C_{v70\%_e} := C_{vn1} \cdot r^{0.7-1}$$

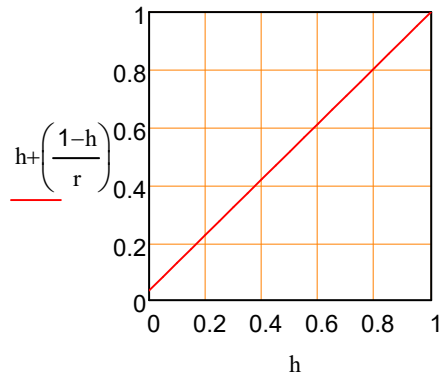
$$C_{v70\%_e} = 4.181$$

$$C_v = 3.915 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$$

**Valvola di tipo VA2, con caratteristica lineare.**

VA2 := 2

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



Inserire il valore del  $C_{vn}$  della valvola  $\frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$  :

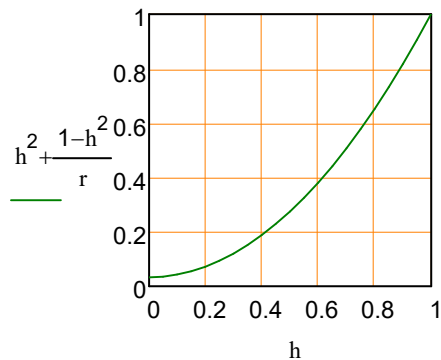
$$C_{v70\%_1} := C_{vn2} \cdot \left[ 0.7 + \left( \frac{1 - 0.7}{r} \right) \right] \quad C_{v70\%_1} = 8.236$$

$$C_v = 3.915 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$$

**Valvola di tipo VA3, con caratteristica quadratica.**

VA3 := 3

$$\phi_{\text{sqr}}(h) := h^2 + \frac{1-h^2}{r}$$



Inserire il valore del  $C_{vn}$  della valvola  $\frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$ :

11.60

$$C_{v70\%_p} := C_{vn3} \cdot \left[ 0.7^2 + \left( \frac{1-0.7^2}{r} \right) \right]$$

$$C_{v70\%_p} = 5.881$$

$$C_v = 3.915 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$$

NB:

Al variare della *rangeability* anche l'andamento delle tre curve varierà.

Di conseguenza i tre valori di  $C_v^*$  calcolati al 70% della corsa nei tre casi risulteranno maggiori o minori del  $C_v$  richiesto, dipendente dai dati di progetto e calcolato al punto 1).



**Valvola di tipo VA4, con caratteristica ad apertura rapida (quick opening).**

NB:

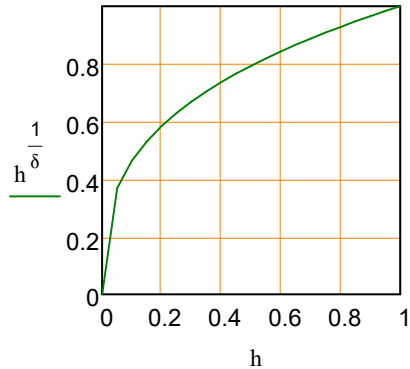
La valvola quick opening NON è utilizzata come valvola di regolazione, ma è qui riportata solo per completezza di esposizione. E' caratterizzata da una curva a derivata decrescente con  $\delta > 1$

Inserire il valore di  $\delta$



messaggio = "Il valore di  $\delta$  inserito è plausibile"

$$\phi_q(h) := h \left( \frac{1}{\delta} \right)$$



Inserire il valore del  $C_{vn}$  della valvola  $\frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$ :

$$C_{v70\%_q} := C_{vn4} \cdot \left( 0.7 \frac{1}{\delta} \right)$$

$$C_{v70\%_q} = 16.479$$

$$C_v = 3.915 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min} \cdot \text{psi}^{0.5}}$$

### Inserimento dati per la caratteristica installata:

Inserire il valore di  $\Delta P_u$  ai capi della utenza:

- atm  
 Pa  
 psi  
 bar

Ricalcola tutto !

Il  $\Delta P_n$  era (dai dati nominali del problema):

$$\Delta P_n := p1 - p2 = 2.3 \cdot \text{atm}$$



$$\text{autorità} := \frac{\Delta P_n}{\Delta P_n + \Delta P_u}$$

autorità = 0.383

### Scelta della caratteristica intrinseca più opportuna per la valvola con il DN già scelto

#### Criterio di scelta della caratteristica intrinseca

- se  $V > 0.4$ , la caratteristica intrinseca migliore è **lineare**
- se  $V \leq 0.25$ , la caratteristica intrinseca migliore è **equipercentuale**
- se  $0.25 < V \leq 0.4$ , la caratteristica intrinseca migliore è **quadratica**

- =%  
 lineare  
 quadratica

Selezionare la caratteristica intrinseca:



## Calcolo della portata nominale $V_{\text{punto}_n}$

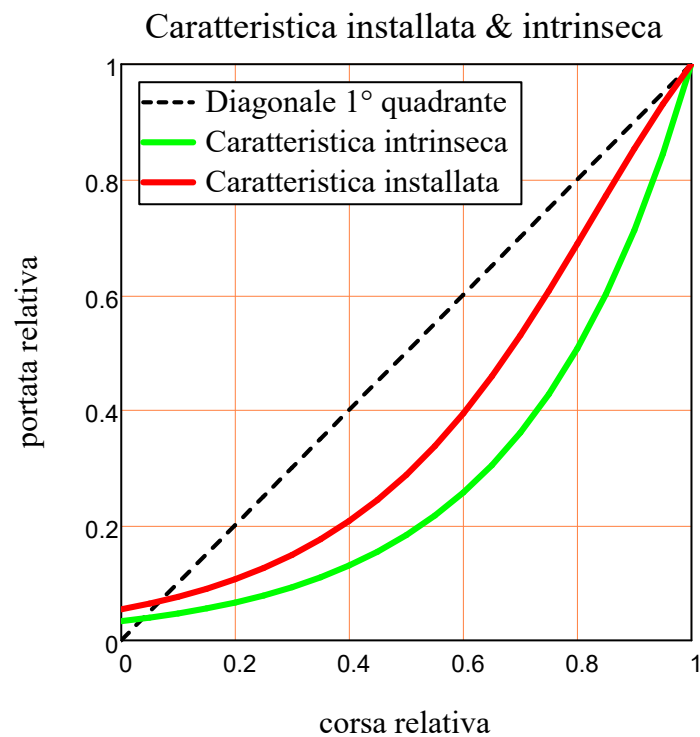
$$V_{\text{punto}_n} := C_{vn} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_n}{G_f}}$$

$$V_{\text{punto}_n} = 61.058 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$



## Calcolo e tracciamento della caratteristica installata

$$V_{\text{punto}_k} = \frac{V_{\text{punto}_n}}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{(\phi_k)^2}}}$$



### Calcolo della portata transitante per un prefissato valore della corsa relativa:

Inserire il valore della corsa  $h_1$  per la quale calcolare la portata:

$$\phi_{\text{sq}(h)} = r^{h-1}$$



$$\phi(\text{corsa}) = 0.092$$



$$\phi\% := 100 \phi(\text{corsa}) = 9.247$$



$$V_{\text{punto}_1} = \frac{V_{\text{punto}_n}}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h_1)^2}}}$$

$$V_{\text{punto}_1} = 9.057 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$\Delta P_v := \left( \frac{V_{\text{punto}_1}}{\phi(\text{corsa}) \cdot C_{\text{vn}}} \right)^2 \cdot G_f$$

$$\Delta P_v = 86.979 \cdot \text{psi}$$



$$\Delta P_v = 5.919 \cdot \text{atm}$$

$$\Delta P_u := \Delta P_n + \Delta P_u - \Delta P_v = 1.197 \cdot \text{psi}$$



$$\Delta P_u = 0.081 \cdot \text{atm}$$

### Calcolo della corsa per un prefissato valore della portata transitante:

Inserire il valore della portata  $V_{\text{punto}_2}$  in gal/min



$$\phi(h_2) = \frac{V}{\sqrt{\frac{V_{\text{punto}_n}^2}{V_{\text{punto}_2}^2} - 1 + V}}$$

$$\phi(h_2) = 0.166$$

$h_2$  si determina dalla caratteristica intrinseca scelta  $\phi(h_2)$  come formula inversa

$$h_2 = 0.472$$

Verifica di "non cavitazione":

Inserire il valore del Coefficiente di Recupero  $F_L$ :



$$\Delta P_{\max} = F_L^2 (p1 - F_F \cdot p_v)$$

$$\Delta P_{\max} = 41.185 \cdot \text{psi}$$

verifica\_cavitazione = "OK! Non si verificano fenomeni di cavitazione."

$$\Delta P - \Delta P_{\max} = -7.384 \cdot \text{psi}$$

Calcolo del coefficiente di recupero teorico :

$$F_{L\_teorico} := \sqrt{\frac{(\Delta P)}{(p1 - F_F \cdot p_v)}}$$



$$F_{L\_teorico} = 0.815$$

### Calcolo e tracciamento della Caratteristica di Efflusso:

OTHER DATA:  $K_c := 0.8F_L^2 = 0.648$   $F_{F_{\max}} := 0.956$  [vedi Magnani, Ferretti e Rocco](#)  $p_v = 0.042 \cdot \text{atm}$

Si determinano, con rif. a  $C_v$  al 70% della corsa ed al liquido scelto, i punti salienti:

$$\Delta P_c := K_c(p_1 - p_v) \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \sqrt{\Delta P_c} = 5.739 \cdot \sqrt{\text{psi}} \quad \Delta P_c = 32.93 \cdot \text{psi}$$

$$V_{\text{punto}_c} := C_{v70\%} \sqrt{\frac{\Delta P_c}{G_f}} \quad V_{\text{punto}_c} = 21.724 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$\Delta P_{\max} := F_L^2(p_1 - F_F \cdot p_v) \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \sqrt{\Delta P_{\max}} = 6.418 \cdot \sqrt{\text{psi}} \quad \Delta P_{\max} = 41.185 \cdot \text{psi}$$

$$V_{\text{punto}_{\max}} := C_{v70\%} \sqrt{\frac{\Delta P_{\max}}{G_f}} \quad V_{\text{punto}_{\max}} = 24.295 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

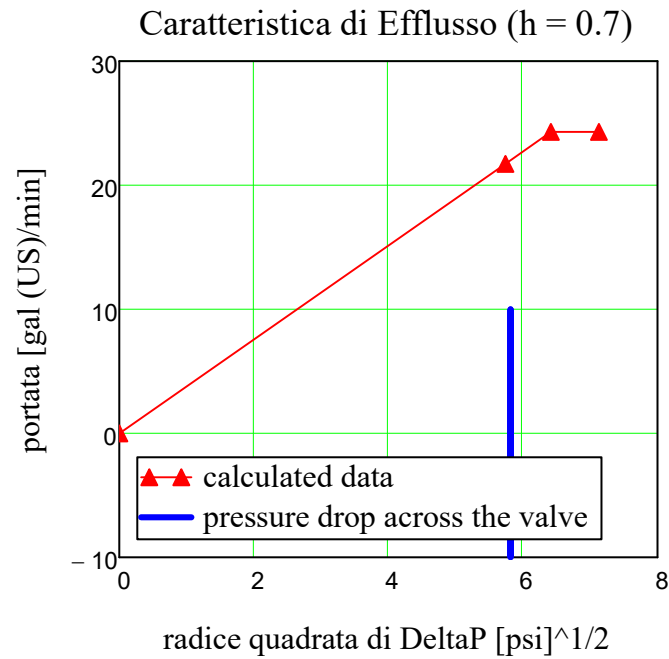
$$\Delta P_f := p_1 - p_v \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \sqrt{\Delta P_f} = 7.129 \cdot \sqrt{\text{psi}} \quad \Delta P_f = 50.819 \cdot \text{psi}$$

Scrivendo i vettori dei punti salienti, diamo una rappresentazione asintotica della caratteristica di efflusso:

$$\text{deltaP} := 0.. \text{floor}\left(1.1 \cdot \frac{\text{min}}{\text{gal}} \cdot V_{\text{punto}_{\text{max}}}\right)$$

La rappresentazione asintotica della caratteristica di efflusso è:

$$V_{\text{punto\_efflusso}} := \begin{pmatrix} 0 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min}} \\ V_{\text{punto}_c} \\ V_{\text{punto}_{\text{max}}} \\ V_{\text{punto}_{\text{max}}} \end{pmatrix} \Delta P_{\text{efflusso}} := \begin{pmatrix} 0 \cdot \text{psi} \\ \Delta P_c \\ \Delta P_{\text{max}} \\ \Delta P_f \end{pmatrix}$$



### Problema di verifica della valvola:

(verifica se la valvola scelta risulta ancora soddisfacente in condizioni diverse da quelle di progetto)

Selezionare il tipo di fluido dalla lista:

Acido acetico  
Acetone  
sciropo d'acero  
kerosene  
gas di petrolio liquefatto  
benzene

$$\rho = 876.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_f = 0.876$$

### Calcolo della nuova portata nominale

$P_1$  = valore di progetto

$P_2$  = valore di progetto

$$m_{\text{punto\_max}} = N1 \cdot C_{vn} \cdot \sqrt{G_f \cdot (P1 - P2)}$$

$$m_{\text{punto\_max}} = 2.51 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{punto\_max}} = \frac{m_{\text{punto\_max}}}{\rho}$$

$$V_{\text{punto\_max}} = 45.394 \cdot \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

### Verifica del nuovo valore di portata

Inserire il valore della portata di verifica in gal (US)/min

24

Messaggio = "Verifica OK (portata di verifica <= portata nominale)"