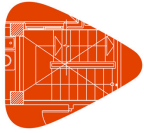


## INDICE

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| 1. FLOW DIAGRAM.....                       | 2 |
| 1.1. Tubazioni di distribuzione acqua..... | 2 |
| 1.2. Chiller.....                          | 4 |
| 1.3. Caldaie.....                          | 4 |
| 1.4. Vasi di espansione.....               | 5 |
| 1.5. Unità di trattamento dell'aria.....   | 6 |



Progetto:  
Ubicazione:  
Promotore:

## FLOW DI AGRAM

### 1.1. Tubazioni di distribuzione acqua

| Riferimento | Acqua         |                  |                                                    |                                   |                | Materiale (Steel ASME B36.10M ST40 (mm)) |                       |                |
|-------------|---------------|------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------------------------|-----------------------|----------------|
|             | Portata (l/s) | Temperatura (°C) | Perdita di pressione per unità di lunghezza (Pa/m) | Perdita di pressione lineare (Pa) | Velocità (m/s) | Diametro nominale (mm)                   | Diametro interno (mm) | Lunghezza (mm) |
|             | 1.71          | 7.0              | 142.75                                             | 428                               | 0.79           | DN50                                     | 52.5                  | 2000           |
|             | 0.50          | 80.0             | 390.41                                             | 1171                              | 0.90           | DN25                                     | 26.6                  | 2000           |
|             | 1.71          | 12.0             | 142.70                                             | 428                               | 0.79           | DN50                                     | 52.5                  | 2000           |
|             | 0.50          | 65.0             | 393.91                                             | 1182                              | 0.90           | DN25                                     | 26.6                  | 2000           |
|             | 1.19          | 7.0              | 246.14                                             | 738                               | 0.91           | DN40                                     | 40.9                  | 2000           |
|             | 0.23          | 80.0             | 300.00                                             | 900                               | 0.67           | DN20                                     | 20.9                  | 2000           |
|             | 1.19          | 12.0             | 246.05                                             | 738                               | 0.91           | DN40                                     | 40.9                  | 2000           |
|             | 0.23          | 65.0             | 302.68                                             | 908                               | 0.67           | DN20                                     | 20.9                  | 2000           |
|             | 0.85          | 7.0              | 278.02                                             | 834                               | 0.88           | DN32                                     | 35.1                  | 2000           |
|             | 0.65          | 80.0             | 164.42                                             | 493                               | 0.67           | DN32                                     | 35.1                  | 2000           |
|             | 0.85          | 12.0             | 277.92                                             | 834                               | 0.88           | DN32                                     | 35.1                  | 2000           |
|             | 0.65          | 65.0             | 165.89                                             | 498                               | 0.67           | DN32                                     | 35.1                  | 2000           |
|             | 0.85          | 7.0              | 278.02                                             | 4170                              | 0.88           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 2.04          | 7.0              | 197.93                                             | 2969                              | 0.94           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 0.85          | 12.0             | 277.92                                             | 4169                              | 0.88           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 2.04          | 12.0             | 197.86                                             | 2968                              | 0.94           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.66          | 80.0             | 131.33                                             | 1970                              | 0.77           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.66          | 80.0             | 131.33                                             | 1970                              | 0.77           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.66          | 65.0             | 132.51                                             | 1988                              | 0.77           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.66          | 65.0             | 132.51                                             | 1988                              | 0.77           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.66          | 65.0             | 132.51                                             | 1988                              | 0.77           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.00          | 20.0             | 375.04                                             | 5626                              | 1.03           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 1.00          | 20.0             | 375.04                                             | 5626                              | 1.03           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 0.73          | 80.0             | 203.85                                             | 3058                              | 0.75           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 0.73          | 65.0             | 205.68                                             | 3085                              | 0.75           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 1.38          | 80.0             | 314.76                                             | 4721                              | 1.05           | DN40                                     | 40.9                  | 10000          |
|             | 1.38          | 65.0             | 317.58                                             | 4764                              | 1.05           | DN40                                     | 40.9                  | 10000          |
|             | 0.58          | 50.0             | 135.36                                             | 2030                              | 0.60           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 0.98          | 80.0             | 351.71                                             | 5276                              | 1.01           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 0.58          | 45.0             | 135.66                                             | 2035                              | 0.60           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 0.98          | 65.0             | 354.86                                             | 5323                              | 1.01           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 0.98          | 65.0             | 354.86                                             | 5323                              | 1.01           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 0.98          | 80.0             | 351.71                                             | 5276                              | 1.01           | DN32                                     | 35.1                  | 10000          |
|             | 1.96          | 65.0             | 180.25                                             | 2704                              | 0.91           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.96          | 80.0             | 178.65                                             | 2680                              | 0.91           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 1.96          | 80.0             | 178.65                                             | 2680                              | 0.91           | DN50                                     | 52.5                  | 10000          |
|             | 3.75          | 7.0              | 89.41                                              | 1341                              | 0.79           | DN80                                     | 77.9                  | 10000          |
|             | 3.75          | 12.0             | 89.38                                              | 1341                              | 0.79           | DN80                                     | 77.9                  | 10000          |

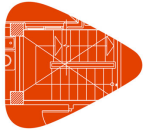
Dove:

$V_{max}$  1.20 m/s  
 $P_{max}$  400.00 Pa/m  
Materiale Steel ASME B36.10M ST40 (mm)  
C 140  
g 9.81 m/s<sup>2</sup>  
Additivo Nessuno  
Fattore di maggiorazione 50%

$$\Delta P = 6,819 \left( \frac{V}{C} \right)^{1,852} \left( \frac{1}{D} \right)^{1,167} (\rho g)$$

Dove:

$\Delta P$  Perdita di pressione lineare (Pa/m)  
L Lunghezza (mm)  
V Velocità (m/s)



Progetto:  
Ubicazione:  
Promotore:

- C Fattore di rugosità
- D Diametro interno (mm)
- $\rho$  Densità del fluido (kg/m<sup>3</sup>)
- g Accelerazione gravitazionale (m/s<sup>2</sup>)

Metodo di calcolo per le tubazioni

Il calcolo è stato realizzato secondo lo standard 'ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS 2013 CHAPTER 22 PIPE SIZING'.

Limitazioni per il fluido di lavoro

Generalmente vengono utilizzati criteri differenti per la limitazione della velocità e/o perdita di pressione unitaria nelle tubazioni. I valori di riferimento per ASHRAE sono 1.2 m/s e 400 Pa/m.

Velocità del fluido

$$V = \frac{Q_w}{1000 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

Dove:

- V Velocità (m/s)
- Q<sub>w</sub> Portata (l/s)
- D Diametro interno (mm)

Perdita di pressione

Il sistema di distribuzione si definisce come la rete di tubazioni che connette i diversi componenti del sistema. Le tre variabili che partecipano nel dimensionamento delle tubazioni sono la portata, il diametro del tubo e la perdita di pressione unitaria. Una delle formule per il calcolo della pressione lineare è l'equazione di Hazen Williams.

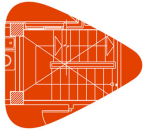
Perdita di pressione totale nelle tubazioni

Un criterio generalizzato consiste nell'assumere che la lunghezza del tubo è nell'ordine del 50 o 100% maggiore di quello attuale per considerare le perdite per accessori.

$$\Delta P_t = \Delta P \cdot FF \cdot L$$

Dove:

- $\Delta P_t$  Perdita di pressione totale con accessori (Pa)
- FF Fattore di maggiorazione
- $\Delta P$  Perdita di pressione lineare (Pa/m)
- L Lunghezza



Progetto:  
Ubicazione:  
Promotore:

## 1.2. Chiller

| Tabella dei chillers      |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| Riferimento               | AIR COOLED CHILLED WATER    |
| Ubicazione                | Roof                        |
| Tipo                      | D'acqua, condensata ad aria |
| Produttore                | For request                 |
| Modello                   | For request                 |
| Refrigerante              |                             |
| Modulo idronico           | No                          |
| Potenza nominale (kW)     | 95                          |
| Evaporatore               |                             |
| Temperatura (°C)          | 7 / 12                      |
| Portata (l/s)             | 4.44                        |
| Perdita di pressione (Pa) | 30000                       |
| Condensatore              |                             |
| Temperatura esterna (°C)  | 26                          |

## 1.3. Caldaie

| Tabella delle caldaie |            |              |               |            |               |               |             |                           |
|-----------------------|------------|--------------|---------------|------------|---------------|---------------|-------------|---------------------------|
| Riferimento           | Ubicazione | Combustibile | Tipo          | Efficienza | Capacità (kW) | Portata (l/s) | TE/TU (°C)  | Perdita di pressione (Pa) |
| BOILER-1              | ROOF       | Gas naturale | Convenzionale | 90%        | 110.00        | 1.66          | 65.0 / 80.0 | 15000                     |
| BOILER-1              | ROOF       | Gas naturale | Convenzionale | 90%        | 110.00        | 1.66          | 65.0 / 80.0 | 15000                     |

### Relazione di calcolo

In un sistema di climatizzazione ad acqua chiuso, la fonte è il punto dove il calore è aggiunto o estratto dal sistema. A condizioni stazionarie, l'energia del carico e la fonte sono uguali ed opposte.

### Calcolo delle portate

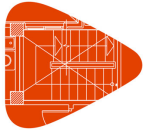
$$Q_w = \frac{q_w}{\rho_w c_p \Delta_t}$$

Dove:

- q<sub>w</sub> Coefficiente di trasferimento di calore (kW)
- ρ<sub>w</sub> Densità dell'acqua (kg/m<sup>3</sup>)
- c<sub>p</sub> Calore specifico (J/(kg·K))
- Q<sub>w</sub> Portata (l/s)
- Δ<sub>t</sub> Differenza della temperatura dell'acqua (°C)

### Tabelle utilizzate

ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS 2013, CHAPTER 30 THERMOSPHERICAL PROPERTIES OF REFRIGERANTS, TABLE Refrigerant 718 (Water/Steam) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor



Progetto:  
Ubicazione:  
Promotore:

## 1.4. Vasi di espansione

| Tabella dei vasi d'espansione |           |                  |                     |                                        |                                         |                                                    |
|-------------------------------|-----------|------------------|---------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Riferimento                   | Tipo      | Fluido di lavoro | Volume del vaso (l) | Pressione alla temperatura minima (Pa) | Pressione alla temperatura massima (Pa) | Pressione di taratura della valvola di sfiato (Pa) |
|                               | Diaframma | Acqua            | 100.0               | 281265                                 | 171265                                  | 200000                                             |

### Relazione di calcolo

I circuiti chiusi per circolazione d'acqua o soluzioni acquose saranno attrezzati di un dispositivo di espansione che permetta di assorbire, senza dar luogo a sforzi meccanici, l'incremento di volume dovuto alla dilatazione del fluido.

I vasi d'espansione possono avere tre configurazioni diverse:

- Per vaso chiuso con interfaccia aria/acqua

$$V_t = V_s \frac{\left[ \left( \frac{v_2}{v_1} \right) - 1 \right] - 3\alpha\Delta t}{\left( \frac{P_a}{P_1} \right) - \left( \frac{P_a}{P_2} \right)}$$

- Per vaso aperto con interfaccia aria/acqua

$$V_t = 2V_s \left[ \left( \frac{v_2}{v_1} \right) - 1 \right] - 3\alpha\Delta t$$

- Per vaso diaframma con interfaccia aria/acqua

$$V_t = V_s \frac{\left[ \left( \frac{v_2}{v_1} \right) - 1 \right] - 3\alpha\Delta t}{1 - \left( \frac{P_1}{P_2} \right)}$$

La pressione più alta è generalmente determinata dalla massima pressione ammissibile nel punto della valvola di sfiato senza che si apra. (Ref: ASHRAE S-13 Hydronic Heating and Cooling System Design)

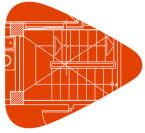
$$P_2 = P_a + P_{rv} \cdot (1-10)$$

$$P_1 = P_a + P_{\min(gage)}$$

$$v_1, v_2 \rightarrow v = \frac{1}{\rho}$$

Dove:

- $V_t$  Volume del vaso (l)
- $V_s$  Volume di fluido nel sistema (l)
- $t_1$  Temperatura minima (°C)
- $t_2$  Temperatura massima (°C)
- $P_a$  Pressione atmosferica (Pa)
- $P_1$  Pressione alla temperatura minima (Pa)
- $P_2$  Pressione alla temperatura massima (Pa)
- $v_1$  Volume specifico dell'acqua a temperatura minima (m<sup>3</sup>/kg)
- $v_2$  Volume specifico dell'acqua a temperatura massima (m<sup>3</sup>/kg)
- $\alpha t$  ( $t_2 - t_1$ ), (°C)
- $P_{rv}$  Pressione di taratura della valvola di sfiato (Pa)



Progetto:  
Ubicazione:  
Promotore:

---

$P_{min}$  Pressione di riempimento (Pa)

### 1.5. Unità di trattamento dell'aria

| Riferimento               | Tipo                           | Batteria di raffrescamento | Batteria di riscaldamento | Recuperatore | Ritorno |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------|---------|
| AHU-1                     | Tutt'aria, volume variabile    | Sì                         | Sì                        | Sensibile    | Sì      |
| AHU-2                     | Tutt'aria, volume costante     | Sì                         | Sì                        | No           | Sì      |
| COMMON VENTILATION UNIT-1 | Climatizzatore d'aria primaria | Sì                         | Sì                        | Sensibile    | Sì      |