



CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

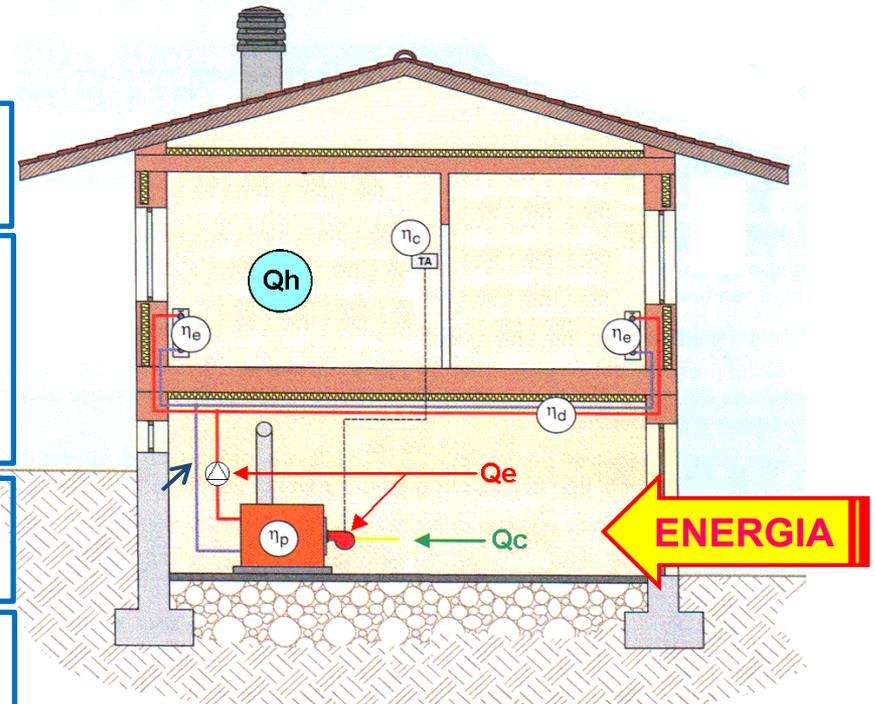
FONDAZIONE  
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

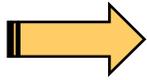


**Ricominciamo a parlare di Termotecnica  
Impianti Meccanici  
«Progettazione impiantistica  
nell'edilizia civile e industriale»**

# I sottosistemi di un impianto termico

- **Generazione:**  
Conversione del vettore energetico
- **Accumulo:**  
Disaccoppiamento temporale di generazione ed utilizzo del calore (serbatoi inerziali, separatori idraulici)
- **Distribuzione:**  
Trasporto di energia nell'edificio
- **Emissione:**  
Trasferimento di energia in ambiente
- **Regolazione:**  
Decidere quando, dove e quanta energia emettere in ambiente  
*Non ha nulla a che vedere con la regolazione di generazione*





**D.Lgs. 192/2005**  
**Art. 2 com. 1 lett. «g»**  
**Come modificato**  
**Dal D.Lgs. 48/2020**

Generatore di calore: la parte di un impianto termico che genera calore utile avvalendosi di uno o più dei seguenti processi:

- 1) la combustione di combustibili, ad esempio in una caldaia;
- 2) **l'effetto** Joule che avviene negli elementi riscaldanti di un impianto di riscaldamento a resistenza elettrica;
- 3) la cattura di calore **dall'aria** ambiente, dalla ventilazione **dell'aria** esausta, **dall'acqua** o da fonti di calore sotterranee attraverso una pompa di calore;
- 4) la trasformazione **dell'irraggiamento** solare in energia termica con impianti solari termici;



## Sistema di generazione

Sistema preposto alla conversione in energia termica di altre forme di energia (chimica del combustibile, elettrica, aerotermica, geotermica, ecc), nella quota richiesta dal o dai sistemi impiantistici ad esso connessi. Può essere costituito da uno o più generatori di calore, anche di diversa tipologia e impiegati vettori energetici diversi, operanti in modo differenziato a seconda delle logiche di gestione adottate.

# Caldaie a condensazione

## ➤ Caratteristiche qualificanti

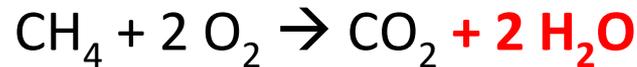
- ❑ **DT finale Fumi – Acqua di ritorno impianto ridotto** a tutti i regimi di potenza
- ❑ Campo di **modulazione** della potenza
- ❑ Stabilità della **regolazione dell'eccesso d'aria**
- ❑ **Portata minima d'acqua** di funzionamento espressa come:
  - ✓ minima portata richiesta e in alcune tipologia nulla
  - ✓ massimo  $\Delta T$  supportabile
  - ✓ Possono richiede l'installazione almeno di un compensatore idraulico
- ❑ Sensibilità alla qualità dell'acqua
- ❑ Tipo di circolazione dell'acqua al loro interno
- ❑ Livello tecnologico dei sistemi di regolazione

## ➤ Tipologie principali

- ❑ Ad elevato contenuto d'acqua in acciaio inox da 0,9 a 1,8 litri/kW
- ❑ A basso contenuto d'acqua (scambiatore fumi/acqua in alluminio/silicio a elementi modulari o in acciaio inox) da 0,17 a 0,25 litri/kW
- ❑ A bassissimo contenuto d'acqua max 150 kW (scambiatore fumi/acqua in acciaio inox, in alluminio o in alluminio silicio) da 0,075 a 0,1 litri/kW

# La condensazione

- Nella caldaia, dopo la combustione si deve trasferire il calore all'acqua = **RAFFREDDARE I FUMI**



I fumi contengono vapor acqueo:

- **In passato:** non si poteva far condensare l'acqua (condense acide bucano il mantello del generatore di calore:
  - potere calorifico inferiore (34425 kJ/Nm<sup>3</sup>)
  - **Oggi:** possiamo far condensare i fumi (materiali anticorrosivi): potere calorifico superiore (38162 kJ/Nm<sup>3</sup>)
- La caldaia a condensazione rende di più
    - perché i fumi escono a temperatura inferiore: 30-70 ° C al posto di 120-160 ° C delle migliori caldaie tradizionali = + 3-6% sul rendimento di combustione
    - perché condensa parte dell'acqua contenuta nei fumi: fino a  $\cong$  10%
    - perché le perdite a vuoto sono modeste

# Composizione percentuale dei fumi di combustione del metano

|                                   | <b>O<sub>2</sub>= 0%</b><br><b>f.s.</b><br>Combustione<br>stechiometrica | <b>O<sub>2</sub>= 3%</b><br><b>f.s.</b><br>Combustione<br>ben condotta | <b>O<sub>2</sub>= 6%</b><br><b>f.s.</b><br>Combustione<br>accettabile | <b>O<sub>2</sub>= 9% f.s.</b><br><b>Combustione in<br/>forte eccesso<br/>d'aria</b> |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CO<sub>2</sub> [%]</b>         | 9.46                                                                     | 8.21                                                                   | 6.93                                                                  | 5.62                                                                                |
| <b>H<sub>2</sub>O [%]</b>         | <b>18.92</b>                                                             | <b>16.43</b>                                                           | <b>13.87</b>                                                          | <b>11.23</b>                                                                        |
| <b>O<sub>2</sub> [%]</b>          | 0.00                                                                     | <b>2.75</b>                                                            | 5.58                                                                  | 8.49                                                                                |
| <b>N<sub>2</sub> [%]</b>          | 71.62                                                                    | 72.60                                                                  | 73.62                                                                 | 74.66                                                                               |
| <b>Punto di rugiada<br/>[° C]</b> | <b>59,2</b>                                                              | <b>56,2</b>                                                            | <b>52,6</b>                                                           | <b>48,1</b>                                                                         |

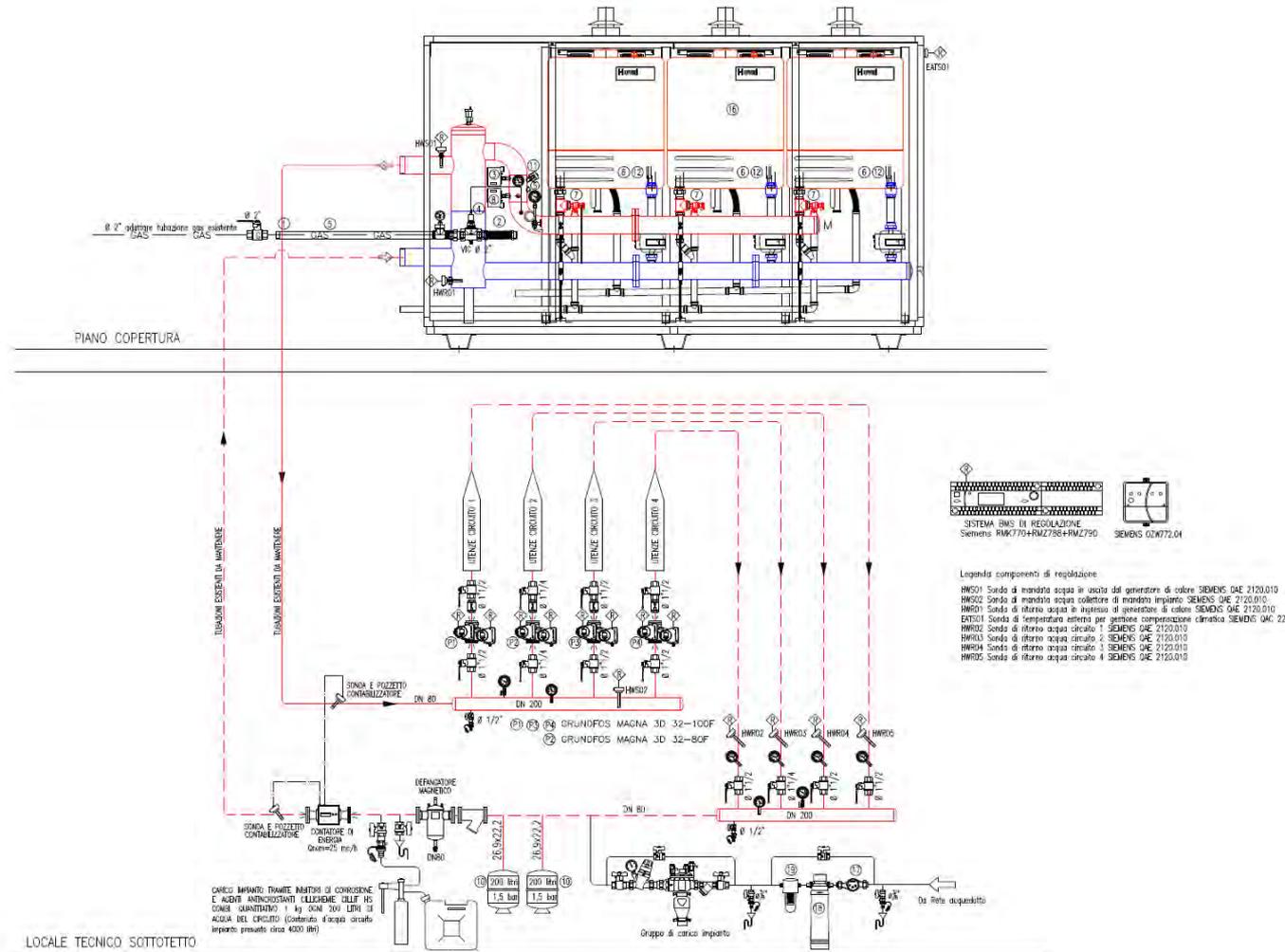
# GENERATORI DI CALORE MURALI a basso contenuto d'acqua

→ Potenze al focolare da 14 kW a 150 kW



- Bassi costi di fornitura (meno di 25 €/kW per alte potenze)
- Semplicità di installazione
- Necessitano sempre di separatore idraulico o scambiatore di calore
- Idonei per installazioni modulari
- Sono sufficienti spazi ridotti per l'installazione
- Ampia scelta di prodotti sul mercato
- Importante la gestione dell'acqua di alimento
- Facile manutenzione

# Esempio di schema di installazione di caldaie murali in configurazione modulare



# Generatori di calore a gas naturale con tecnologia a condensazione

GENERATORI DI CALORE A BASAMENTO a basso contenuto d'acqua

→ Potenze al focolare da 115 kW a 540 kW

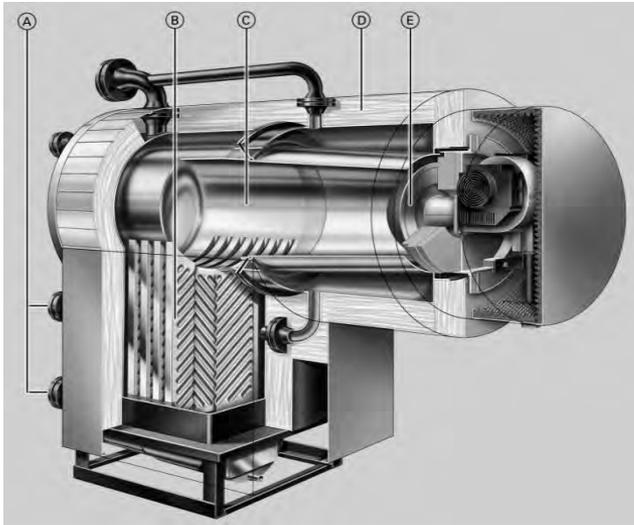


- Elevata potenze termiche per usi condominiali
- Semplicità di installazione per le limitate dimensioni
- Necessitano di separatore idraulico
- Idonei per riqualificazione di impianti esistenti
- Ampia scelta di prodotti sul mercato
- Possibilità di installazione modulare
- Necessità di trattamento dell'acqua di alimento

# Generatori di calore a gas naturale con tecnologia a condensazione

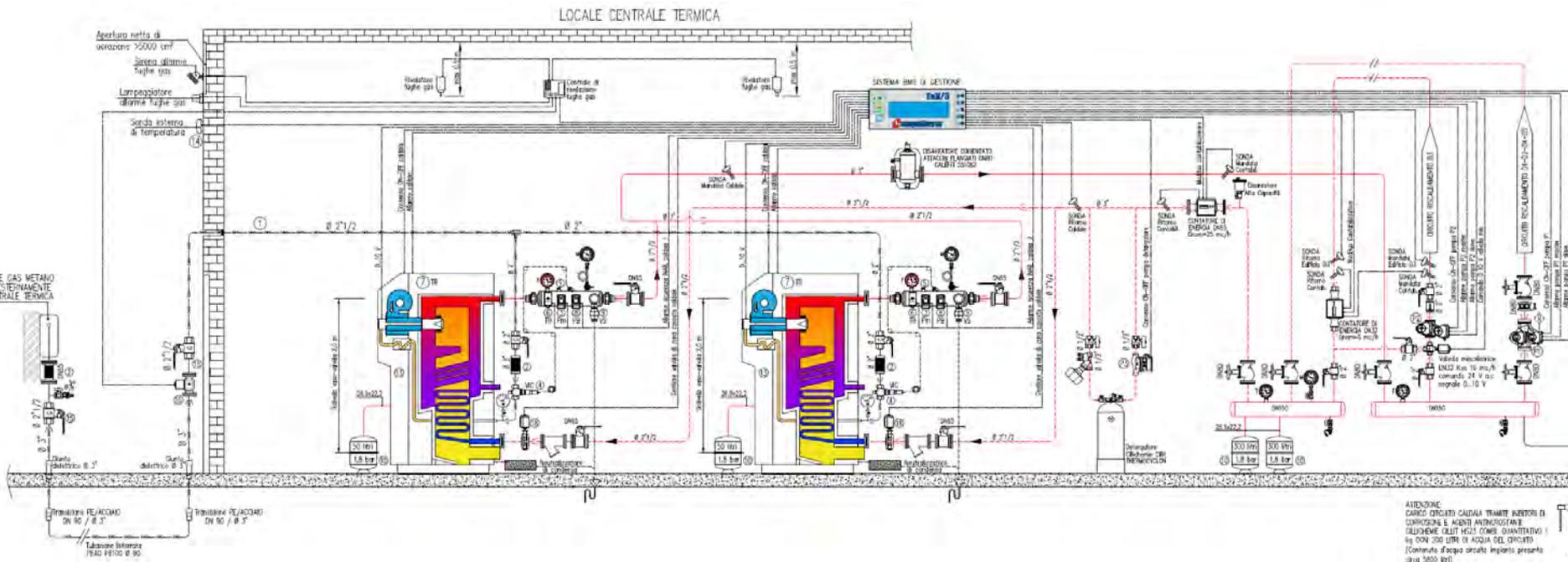
## GENERATORI DI CALORE A BASAMENTO a alto contenuto d'acqua

→ Potenze al focolare da 24 kW a 920 kW e oltre



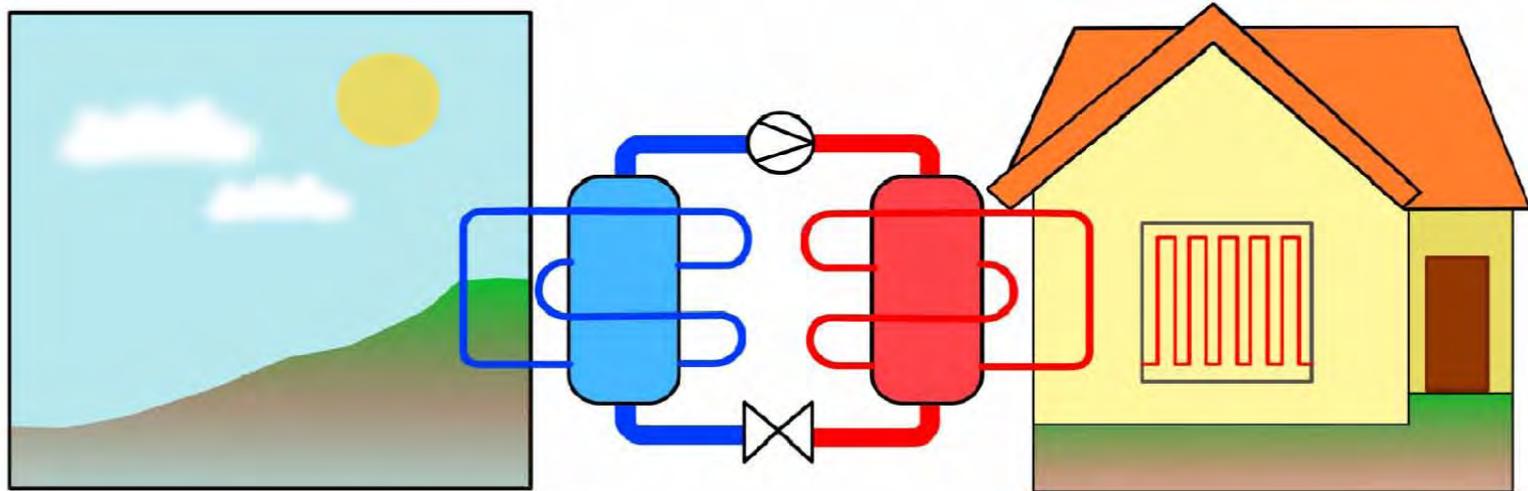
- Elevata potenze termiche per usi condominiali e applicazioni industriali
- Elevata robustezza e basso carico termico specifico
- Alto contenuto d'acqua, bassi stress termici
- Idonee per riqualificazione di impianti esistenti
- Non necessitano di portate minime d'acqua
- Elevati rendimenti di generazione
- Necessitano di adeguati spazi di installazione
- Necessitano di trattamento dell'acqua di alimento

# Esempio di schema di installazione di caldaie a basamento ad alto contenuto d'acqua in configurazione modulare



# Pompa di calore

E' una macchina che consente di trasferire del calore da un sistema a bassa temperatura (sorgente fredda) ad un sistema a temperatura maggiore (sorgente calda). Si basa sul principio di applicazione dei cicli termodinamici frigoriferi.



Il circuito frigorifero è l'organo che, attraverso cambiamenti di stato dei fluidi, rende possibile il trasferimento di energia termica

In linea di principio sono macchine termiche che operano tramite cicli a compressione ed evaporazione di gas con compressori alimentati da energia elettrica del tipo scroll, a vite, alternativi e a vite

# Pompa di calore

Il calore sottratto viene ricaricato sul gas per effetto dell'evaporazione e successivamente scaricato per effetto della condensazione.

La quantità di calore trasferita è proporzionale alla massa di gas che viene fatta evaporare compressa e fatta liquefare.

.....In sintesi

All'aumentare del salto di temperatura, il salto di pressione e quindi il lavoro (energia) di compressione aumentano.



**Il COP diminuisce**

Al diminuire della temperatura di evaporazione diminuisce la massa di gas trasferito (la densità del gas diminuisce)



**Diminuisce la potenza utile (in macchine di limitata potenza l'elettronica può gestire i compressori in modo da garantire una potenza termica costante)**

All'aumentare della temperatura di condensazione, la pressione e quindi il lavoro (energia) di compressione aumentano



**Aumenta la potenza assorbita dal compressore**

# Pompa di calore

...attualmente esistono 3 grandi categorie di pompa di calore

ELETTRICHE, funzionanti per mezzo di un compressore alimentato elettricamente



**COP/EER** (per riscaldamento COP di una pompa di calore è il rapporto fra energia termica fornita alla sorgente calda rapportato all'energia elettrica complessiva spesa)

AD ASSORBIMENTO, funzionanti per mezzo di un bruciatore alimentato a metano o a GPL



**GUE/EER** (Gas Utilization Efficiency, per riscaldamento il GUE di una pompa di calore ad assorbimento è il rapporto fra energia termica fornita alla sorgente calda rapportato all'energia primaria del combustibile utilizzato calcolato al PCI)

MOTORE ENDOTERMICO, il compressore viene alimentato da un motore a combustione interna a ciclo Otto. Tale sistema è in grado di produrre contemporaneamente 2 forme di energia (meccanica e termica) da una unica sorgente primaria



**GUE/EER**

## Pompa di calore

In funzione dei mezzi di scambio con gli ambienti, esterno ed interno, si ha poi una seconda classificazione delle pompe di calore, distinte in:



**ARIA-ACQUA** (sorgente fredda aria, sorgente calda acqua)



**ARIA-ARIA** (sorgente fredda aria, sorgente calda aria)



**ACQUA-ACQUA** (sorgente fredda acqua, sorgente calda acqua)



**TERRA-ACQUA** (sorgente fredda sottosuolo, sorgente calda acqua)

.... Occorre pertanto definire il tipo di sorgente fredda/calda da utilizzare

# Pompa di calore

Scelta della sorgente FREDDA



UNI/TS 11300-4

| Fonte di energia                                 | Tipologia fonte di energia sfruttata                                                                        | Modalità di estrazione                                                                   |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acqua di falda, di mare, di lago o di fiume      | Rinnovabile "idrotermica"                                                                                   | Raffreddamento acque superficiali                                                        |
| Aria esterna                                     | Rinnovabile "aerothermica"                                                                                  | Raffreddamento e deumidificazione dell'aria esterna                                      |
| Aria interna, aria interna (da espulsione)       | Non rinnovabile se proveniente da sistemi impieganti energie fossili, ad esclusione dell'aria di espulsione | Raffreddamento e deumidificazione dell'aria interna di espulsione in sistemi di recupero |
| Terreno climaticamente perturbato                | Rinnovabile "geotermica"                                                                                    | Raffreddamento del sottosuolo                                                            |
| Terreno non climaticamente perturbato            | Rinnovabile "geotermica"                                                                                    | Raffreddamento del sottosuolo                                                            |
| Acqua di risulta e liquami da processi biologici | Non rinnovabile                                                                                             | Raffreddamento acque e/o liquami di processo                                             |
| Liquami urbani                                   | Assimilabile a rinnovabile                                                                                  | Raffreddamento liquami urbani                                                            |

.... Deve essere la temperatura più alta possibile

# Pompa di calore

Scelta della sorgente CALDA



UNI/TS 11300-4 e UNI/TS 11300-2

| Tipo sorgente                                                               | Temp. in gioco    | Pro e contro                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aria interna: con sistemi ad espansione diretta oppure impianto canalizzato | Basse             | Costo elettrico elevato per la movimentazione dell'aria                                                                 |
| Acqua: pannelli radianti                                                    | Basse/Molto basse | Temperature molto basse sovradimensionando i pannelli<br>Utilizzabili parzialmente in raffrescamento (carico sensibile) |
| Acqua: ventilconvettori                                                     | Medie/Alte        | Utilizzabili anche in raffrescamento e deumidificazione<br>Rumorosi e inducono a consumi elettrici                      |
| Acqua: radiatori                                                            | Alte              | Utilizzabili solamente con forte sovradimensionamento<br>Non utilizzabili in raffrescamento                             |

.... Deve avere la temperatura più **BASSA** possibile, necessario quindi il calcolo della temperatura dell'impianto

# Pompa di calore – I dati caratteristici

Le TEMPERATURE delle sorgenti calda e fredda



Ridurre la temperatura di mandata dell'impianto



Utilizzare sorgenti esterne a temperatura più alta possibile

I limiti di funzionamento, TEMPERATURE DI CUT-OFF, della PdC



Definiscono il campo di funzionamento

Il FATTORE DI CARICO, delle sorgenti calda e fredda



A carico parziale il COP cambia (di norma peggiora)

La temperatura di BRINAMENTO della Pompa di Calore



Per Pompe di Calore con sorgente fredda aria esterna

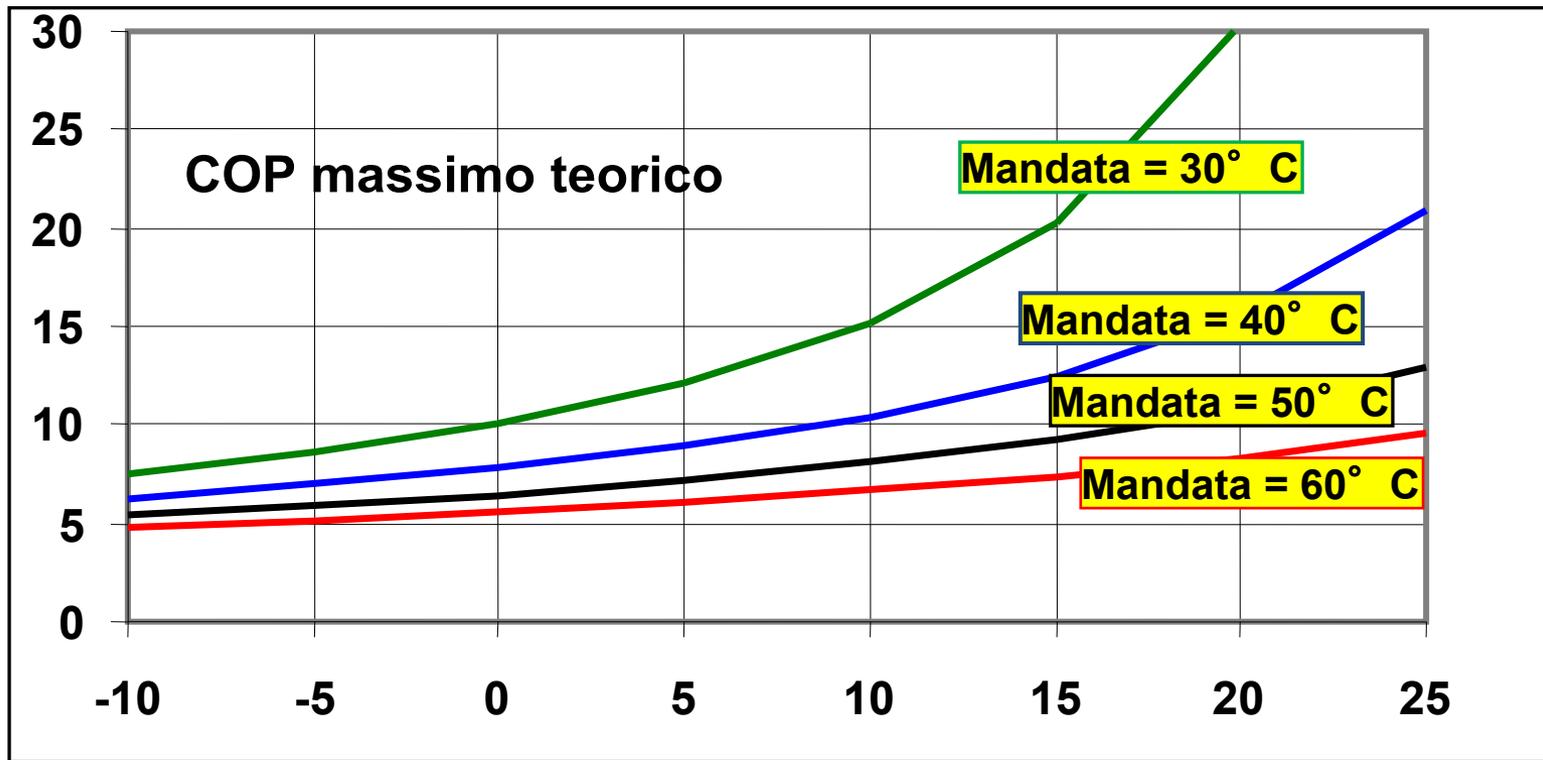
MODALITA' DI FUNZIONAMENTO della Pompa di Calore



Unità con funzionamento On-Off



Unità a potenza variabile (modulante)



Temperatura della sorgente fredda ° C

$$\text{COP}_{\text{MAX}} = \frac{T_{\text{abs,HOT}}}{T_{\text{abs,HOT}} - T_{\text{abs,COLD}}} = \frac{T_{\text{°C,HOT}} + 273,15}{\Delta T}$$

# Pompa di calore – Esempi prestazionali

| Twout [°C] | 30       |            |      | 35       |            |      | 40       |            |      | 45       |            |      | 50       |            |      | 55       |            |      | 60       |            |      | 65       |            |      |
|------------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|
| Tao [°Cbs] | Cap [kW] | Input [kW] | COP  |
| -25        | 10,00    | 4,78       | 2,09 | 10,00    | 5,18       | 1,93 | 10,00    | 5,62       | 1,78 | 10,00    | 6,17       | 1,62 |          |            |      |          |            |      |          |            |      |          |            |      |
| -20        | 12,00    | 4,58       | 2,62 | 12,00    | 4,96       | 2,42 | 12,00    | 5,38       | 2,23 | 12,00    | 5,91       | 2,03 | 11,40    | 6,23       | 1,83 |          |            |      |          |            |      |          |            |      |
| -15        | 14,00    | 4,93       | 2,84 | 14,00    | 5,60       | 2,50 | 14,00    | 5,67       | 2,47 | 14,00    | 5,74       | 2,44 | 13,30    | 6,07       | 2,19 | 13,30    | 6,82       | 1,95 |          |            |      |          |            |      |
| -7         | 14,00    | 3,88       | 3,61 | 14,00    | 4,19       | 3,34 | 14,00    | 4,36       | 3,21 | 14,00    | 4,53       | 3,09 | 14,00    | 5,04       | 2,78 | 14,00    | 5,67       | 2,47 | 14,00    | 6,48       | 2,16 |          |            |      |
| -4         | 14,00    | 3,59       | 3,90 | 14,00    | 3,84       | 3,65 | 14,00    | 4,01       | 3,49 | 14,00    | 4,20       | 3,33 | 14,00    | 4,67       | 3,00 | 14,00    | 5,24       | 2,67 | 14,00    | 6,01       | 2,33 | 14,00    | 7,00       | 2,00 |
| -2         | 14,00    | 3,42       | 4,09 | 14,00    | 3,63       | 3,86 | 14,00    | 3,80       | 3,68 | 14,00    | 4,00       | 3,50 | 14,00    | 4,44       | 3,15 | 14,00    | 5,00       | 2,80 | 14,00    | 5,71       | 2,45 | 14,00    | 6,67       | 2,10 |
| 2          | 14,00    | 2,96       | 4,73 | 14,00    | 3,27       | 4,28 | 14,00    | 3,45       | 4,05 | 14,00    | 3,66       | 3,83 | 14,00    | 4,06       | 3,45 | 14,00    | 4,58       | 3,06 | 14,00    | 5,22       | 2,68 | 14,00    | 6,09       | 2,30 |
| 7          | 14,00    | 2,67       | 5,24 | 14,00    | 2,92       | 4,80 | 14,00    | 3,10       | 4,52 | 14,00    | 3,30       | 4,24 | 14,00    | 3,66       | 3,82 | 14,00    | 4,00       | 3,40 | 14,00    | 4,71       | 2,97 | 14,00    | 5,49       | 2,55 |
| 10         | 14,00    | 2,40       | 5,83 | 14,00    | 2,60       | 5,39 | 14,00    | 2,83       | 4,94 | 14,00    | 3,12       | 4,49 | 14,00    | 3,47       | 4,04 | 14,00    | 3,89       | 3,60 | 14,00    | 4,44       | 3,15 | 14,00    | 5,19       | 2,70 |
| 15         | 14,00    | 2,20       | 6,37 | 14,00    | 2,38       | 5,88 | 14,00    | 2,60       | 5,39 | 14,00    | 2,86       | 4,90 | 14,00    | 3,17       | 4,42 | 14,00    | 3,56       | 3,93 | 14,00    | 4,07       | 3,44 | 14,00    | 4,75       | 2,95 |
| 18         | 14,00    | 2,09       | 6,69 | 14,00    | 2,27       | 6,18 | 14,00    | 2,47       | 5,67 | 14,00    | 2,72       | 5,15 | 14,00    | 3,02       | 4,64 | 14,00    | 3,39       | 4,13 | 14,00    | 3,88       | 3,61 | 14,00    | 4,52       | 3,10 |
| 20         | 14,00    | 2,03       | 6,91 | 14,00    | 2,19       | 6,38 | 14,00    | 2,39       | 5,85 | 14,00    | 2,63       | 5,32 | 14,00    | 2,92       | 4,79 | 14,00    | 3,29       | 4,26 | 14,00    | 3,75       | 3,73 | 14,00    | 4,38       | 3,20 |
| 35         | 14,00    | 1,64       | 8,52 | 14,00    | 1,78       | 7,86 | 14,00    | 1,94       | 7,21 | 14,00    | 2,13       | 6,56 | 14,00    | 2,37       | 5,91 | 14,00    | 2,67       | 5,25 | 14,00    | 3,04       | 4,60 | 14,00    | 3,54       | 3,95 |

## BASSA TEMPERATURA: 35°C

| Temperatura<br>aria esterna<br>[°C] | CARICO PARZIALE (W35)   |                                       |      |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------|
|                                     | Fattore di<br>carico CR | Potenza<br>termica<br>erogata<br>[kW] | COP  |
| -7                                  | 88%                     | 9.70                                  | 2.90 |
| 2                                   | 54%                     | 5.90                                  | 4.40 |
| 7                                   | 35%                     | 6.70                                  | 6.20 |
| 12                                  | 15%                     | 8.10                                  | 8.30 |

## MEDIA TEMPERATURA: 55°C

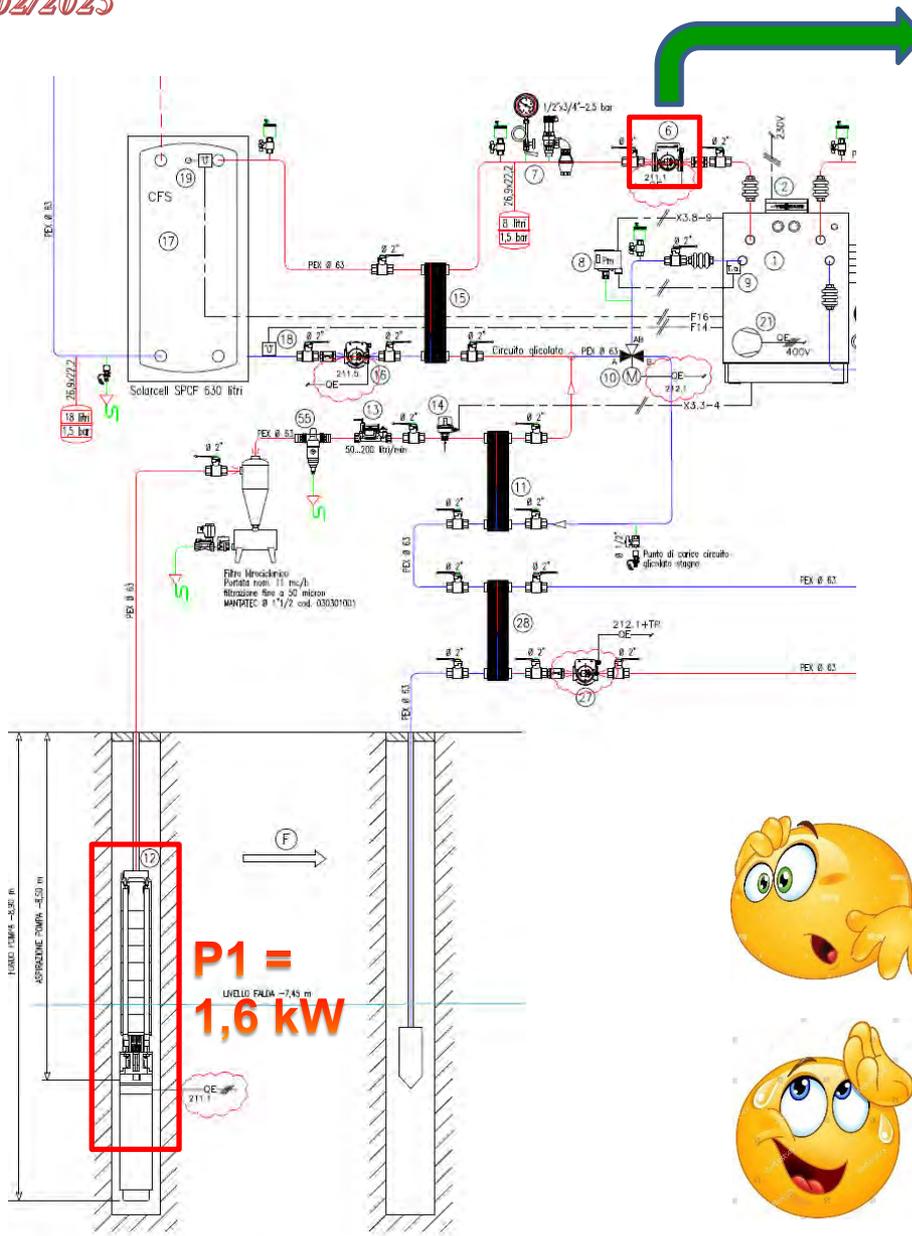
| Temperatura<br>aria esterna<br>[°C] | CARICO PARZIALE (W55)   |                                       |      |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------|
|                                     | Fattore di<br>carico CR | Potenza<br>termica<br>erogata<br>[kW] | COP  |
| -7                                  | 88%                     | 10.60                                 | 1.90 |
| 2                                   | 54%                     | 6.50                                  | 3.00 |
| 7                                   | 35%                     | 6.30                                  | 4.80 |
| 12                                  | 15%                     | 7.70                                  | 7.00 |

# Pompa di calore – Esempi prestazionali

## POMPA DI CALORE ALTA POTENZA

| Temperatura acqua    |              | 30/35° C          |      |              | 35/40° C          |      |              | 40/45° C          |      |              | 45/50° C          |      |  |
|----------------------|--------------|-------------------|------|--------------|-------------------|------|--------------|-------------------|------|--------------|-------------------|------|--|
| Temperatura aria ° C | Potenza resa | Potenza assorbita | COP  |  |
|                      | Kw           | Kw                |      | Kw           | Kw                |      | Kw           | Kw                |      | Kw           | Kw                |      |  |
| -15                  | 81           | 32                | 2,53 | 82,4         | 35,3              | 2,33 | 83,5         | 39                | 2,14 | 84,9         | 43,1              | 1,97 |  |
| -7                   | 98,6         | 33                | 2,99 | 98,2         | 35,9              | 2,74 | 101,7        | 40,7              | 2,50 | 101,4        | 44,6              | 2,27 |  |
| -5                   | 101,6        | 32,3              | 3,15 | 103,2        | 36                | 2,87 | 104,9        | 40,1              | 2,62 | 106,6        | 44,9              | 2,37 |  |
| 0                    | 115,4        | 32,2              | 3,58 | 117,1        | 36                | 3,25 | 118,6        | 40,3              | 2,94 | 120,3        | 45,3              | 2,66 |  |
| 7                    | 135,1        | 32,2              | 4,20 | 137,1        | 35,8              | 3,83 | 138,7        | 40,8              | 3,40 | 140,1        | 45,5              | 3,08 |  |
| 15                   | 163,1        | 31,8              | 5,13 | 164,1        | 35,6              | 4,61 | 165          | 40                | 4,13 | 165,9        | 45,2              | 3,67 |  |

| Grandezze | T <sub>ae</sub> (°C)<br>D.B./W.B. | Temperatura acqua uscita scambiatore interno (°C) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|-----------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|           |                                   | 35                                                |      | 40   |      | 45   |      | 50   |      | 55   |      | 60   |      | 65* |      |
|           |                                   | kWt                                               | kWe  | kWt  | kWe  | kWt  | kWe  | kWt  | kWe  | kWt  | kWe  | kWt  | kWe  | kWt | kWe  |
| 50.4      | -15 / -15.4                       | 86,7                                              | 29,1 | 88,4 | 32,6 | 89,4 | 36,3 | 90,2 | 40,7 | 90,9 | 45,2 | 94,2 | 51,0 | -   | -    |
|           | -7 / -8                           | 104                                               | 29,6 | 106  | 33,4 | 107  | 37,6 | 109  | 42,6 | 110  | 47,7 | 115  | 54,0 | 117 | 58,4 |
|           | -5 / -5.4                         | 110                                               | 29,6 | 111  | 33,4 | 113  | 37,7 | 114  | 42,9 | 115  | 48,1 | 121  | 54,5 | 123 | 58,9 |
|           | 0 / -1                            | 121                                               | 29,5 | 123  | 33,5 | 124  | 38,0 | 126  | 43,5 | 127  | 48,9 | 134  | 55,7 | 137 | 60,2 |
|           | 7 / 6                             | 140                                               | 29,4 | 142  | 33,3 | 143  | 38,0 | 144  | 43,7 | 145  | 49,4 | 154  | 56,5 | 157 | 61,1 |
|           | 15 / 12                           | 163                                               | 29,3 | 164  | 33,1 | 164  | 37,8 | 164  | 43,7 | 165  | 49,6 | 175  | 56,9 | 178 | 61,5 |



**P2 = 0,3 kW**

**ATTENZIONE ALLE PdC  
ACQUA/ACQUA –  
TERRA/ACQUA**

**Acqua 35-30**

**P<sub>t</sub> = 34,7 kW**

**P<sub>e</sub> Teorico = 5,7 kW**

**COP<sub>Teorico</sub> = 6,1**

**P<sub>e</sub> Reale = 7,6 kW**

**COP<sub>Reale</sub> = 4,57**

**NON TUTTO E' ORO  
QUEL CHE LUCCICA**

**COP SEMPRE COSTANTE**



**P1 =  
1,6 kW**

# SISTEMI IBRIDI

## SONO DISPONIBILI ENTRAMBE LE TIPOLOGIE DI GENERATORI

POMPA DI CALORE CON FUNZIONE PRIMARIA

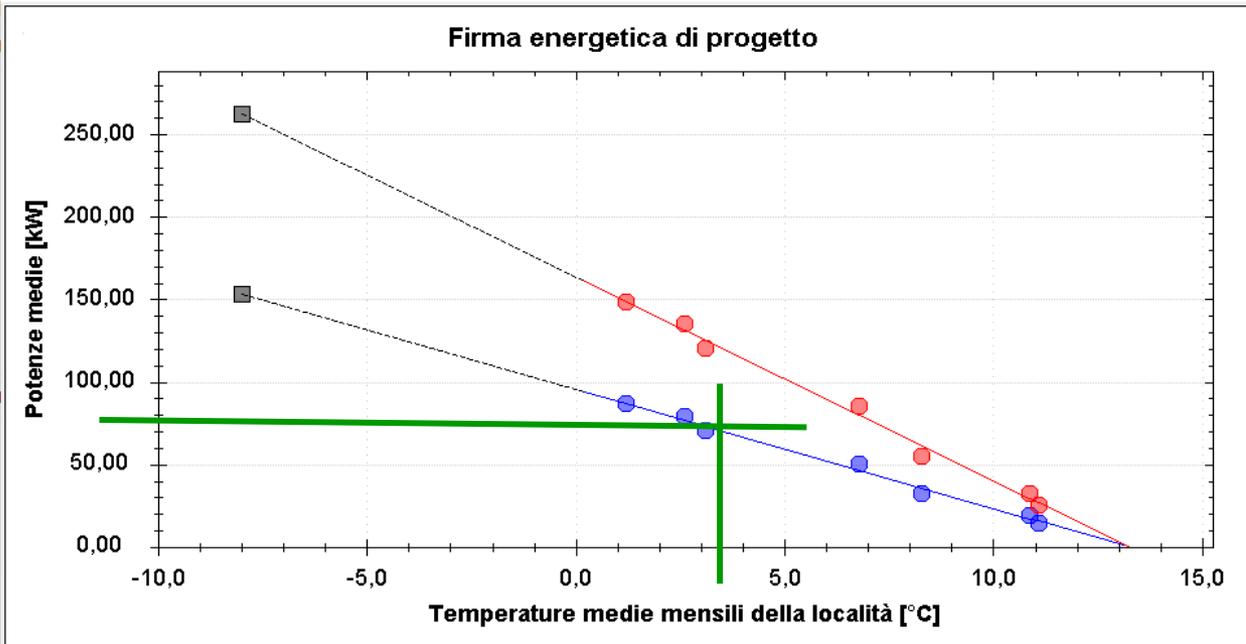
GENERATORE DI CALORE A COMBUSTIBILE GASSOSO, LIQUIDO (SOLIDO ?)

(funzione di integrazione e/o di backup)

### Impianti Ibridi Pompa di Calore Caldaia a Condensazione in caso di agevolazioni fiscali

- a) Il sistema ibrido è costituito da pompa di calore e caldaia a condensazione, *espressamente realizzati e concepiti dal fabbricante per funzionare in abbinamento tra loro* (Factory Made)
- b) Il rapporto tra la potenza termica utile nominale della pompa di calore e la potenza termica utile nominale della caldaia *deve essere minore o uguale a 0,5*
- c) Il COP/GUE della pompa di calore rispetta i limiti di cui all'allegato F del Decreto
- d) La caldaia è del tipo a condensazione con rendimento termico utile, a carico pari al 100% della potenza termica utile nominale (per le caldaie ad acqua con temperature minima e massima rispettivamente di 60 e 80 ° C) maggiore o uguale a  $93 + 2 \log(P_n)$ , dove  $\log(P_n)$  è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del singolo generatore. Per valori di  $P_n$  maggiori di 400 kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW
- e) Per impianti di potenza utile della caldaia superiore a 100 kW, il bruciatore deve essere di tipo modulante, la regolazione climatica deve agisce direttamente sul bruciatore, deve essere installata una pompa di tipo elettronico a giri variabili o sistemi assimilabili e il sistema di distribuzione deve essere messo a punto ed equilibrato in relazione alle portate

# PERCHE' IL RAPPORTO TRA POTENZE NOMINALI DI PdC E CALDAIA DEVE ESSERE AL MASSIMO 0,5 ?



Potenze medie  
 Potenze sulle 24h

Ore giornaliere di funzionamento

Impianto idronico hH,idr 14 h/g  
 Impianto aeraulico hH,aer 24 h/g

■ Condizioni di progetto

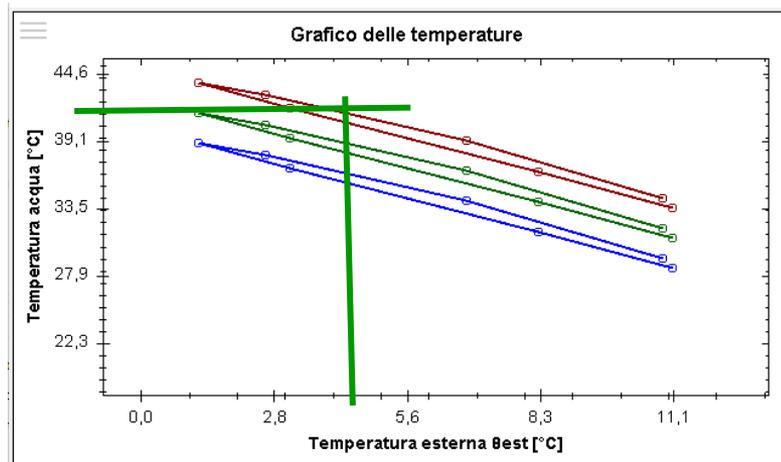
Temperatura esterna θest,pr -8,0 °C  
 Potenza media φH.med,pr 262,27 kW  
 Potenza sulle 24h φH.24,pr 152,99 kW

Temperatura interna per gradi giorno

Temperatura invernale θH,GG,int 20,0 °C

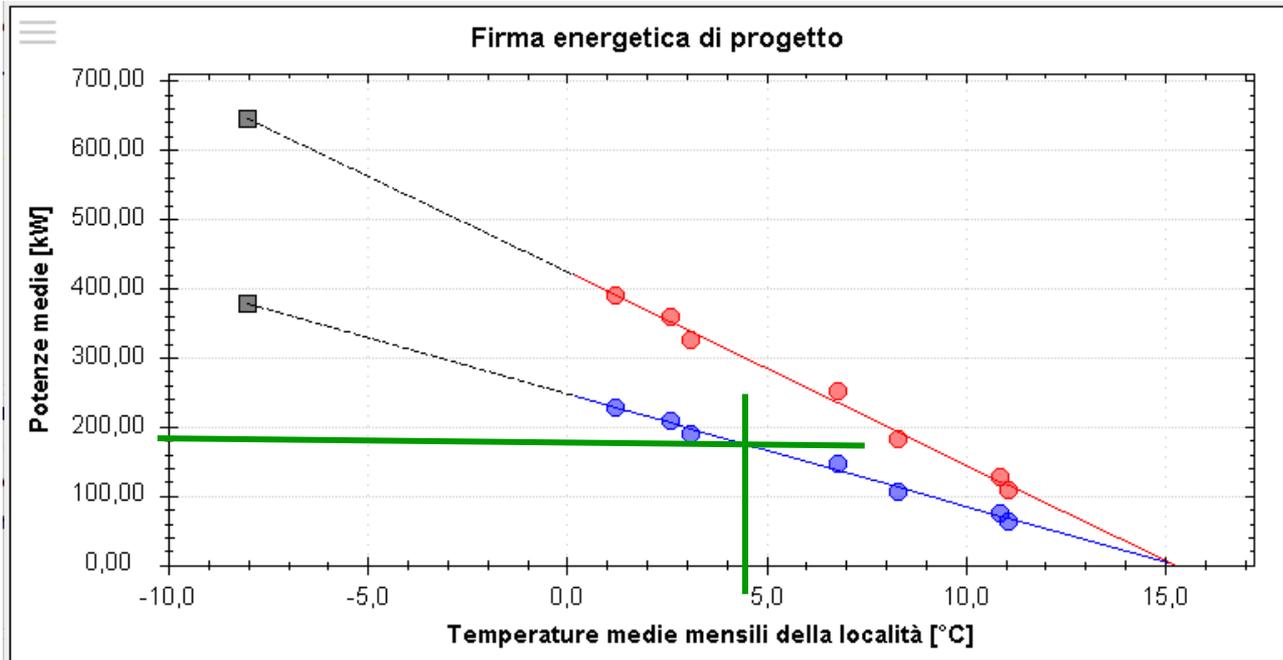
**OK per aria/acqua**

**EDIFICIO  
 ISOLATO  
 REQUISITI  
 SUPERBONUS**



Circuito in centrale

— Bgn,av,g - Temperatura media  
 — Bgn,fl,w - Temperatura di mandata  
 — Bgn,ret - Temperatura di ritorno



Potenze medie  
 Potenze sulle 24h

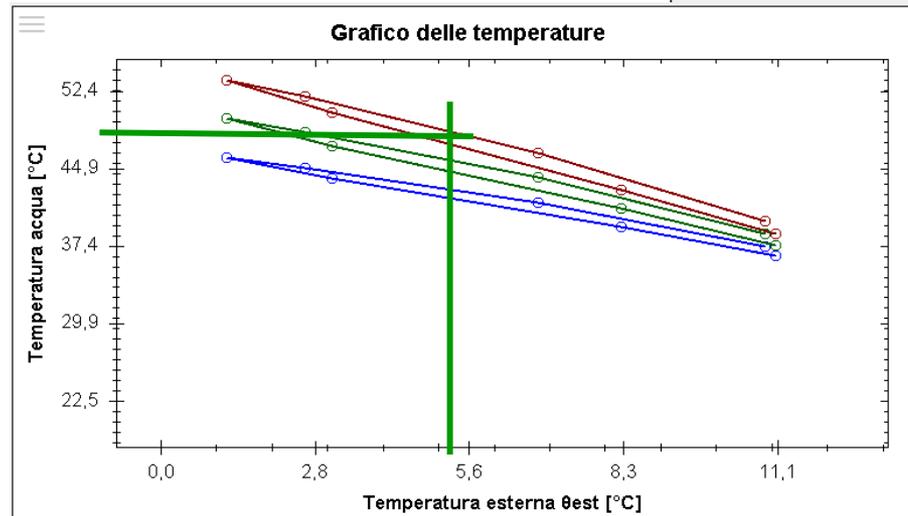
Ore giornaliere di funzionamento  
 Impianto idronico hH,idr  h/g  
 Impianto aerulico hH,aer  h/g

■ Condizioni di progetto  
 Temperatura esterna  $\theta_{est,pr}$   °C  
 Potenza media  $\phi_{H,med,pr}$   kW  
 Potenza sulle 24h  $\phi_{H,24,pr}$   kW

Temperatura interna per gradi giorno  
 Temperatura invernale  $\theta_{H,GG,int}$   °C

**OK per aria/acqua**

**STESSO EDIFICIO  
NON ISOLATO**

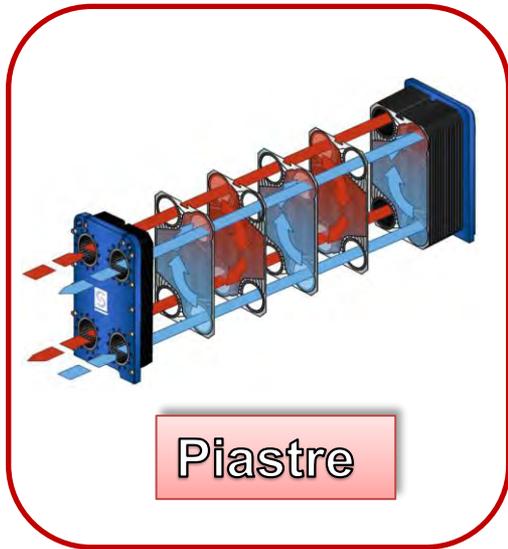


Circuito in centrale

- $\theta_{gn,avg}$  - Temperatura media
- $\theta_{gn,fiw}$  - Temperatura di mandata
- $\theta_{gn,ret}$  - Temperatura di ritorno

# Scambiatori di calore a piastre

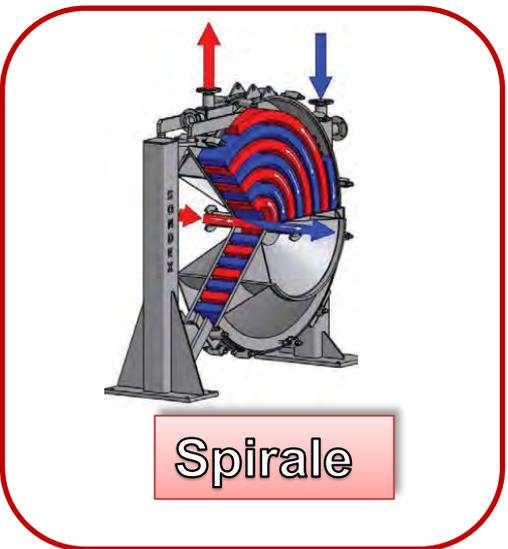
# Principali tipologie di scambiatori di calore



Piastre



Fascio Tubiero

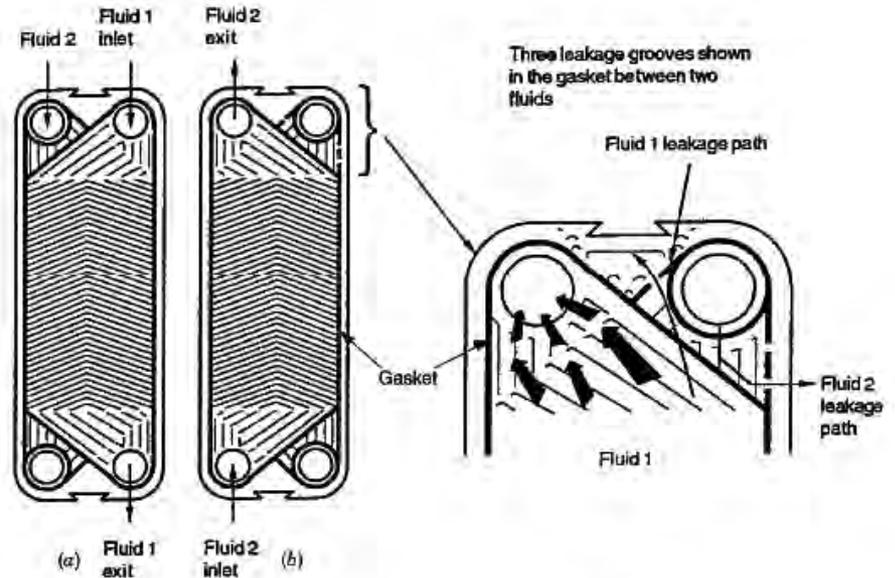
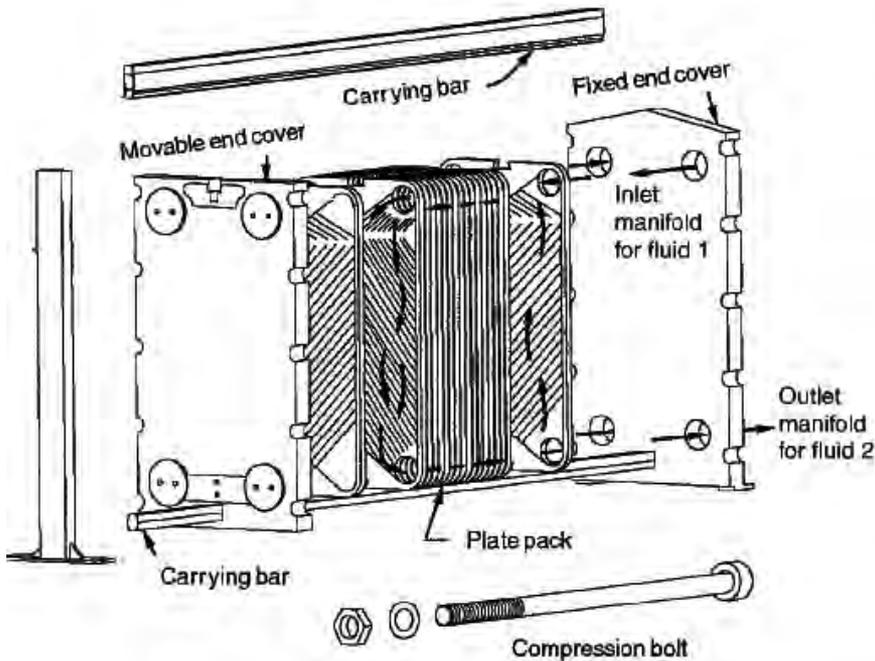


Spirale



Piastre Circolari

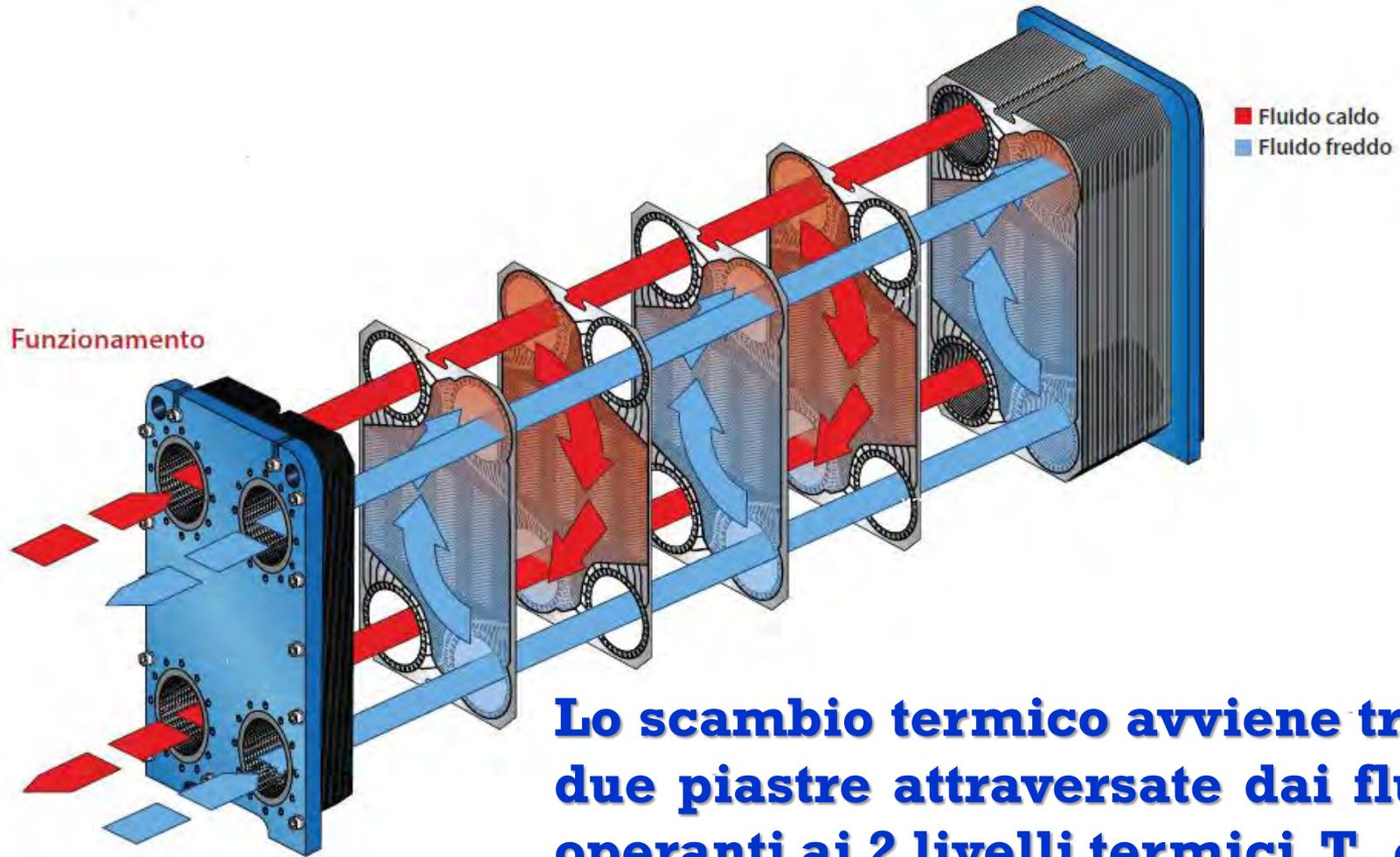
# Principi di funzionamento scambiatori a piastre



**I due flussi, in genere in controcorrente, entrano dal lato del coperchio fisso. Le guarnizioni sono disposte in modo tale che i 2 fluidi possano scorrere solo su lati alterni.**



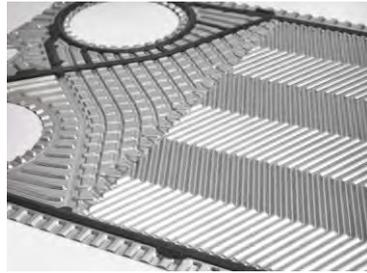
# Principi di funzionamento scambiatori a piastre



**Lo scambio termico avviene tra le due piastre attraversate dai fluidi operanti ai 2 livelli termici  $T_1$  e  $T_2$**

# Caratteristiche costruttive

## CONFIGURAZIONE



- ✓ Ispezionabile
- ✓ Ampliabile
- ✓ Elevate potenze
- ✓ (DN32 – DN600)



- ✓ Non Ispezionabile
- ✓ Non Ampliabile
- ✓ Compatto e leggero
- ✓ Dimensioni ridotte

**A piastre intercambiabili  
guarnizionati**

**A piastre fisse  
saldobrasate**

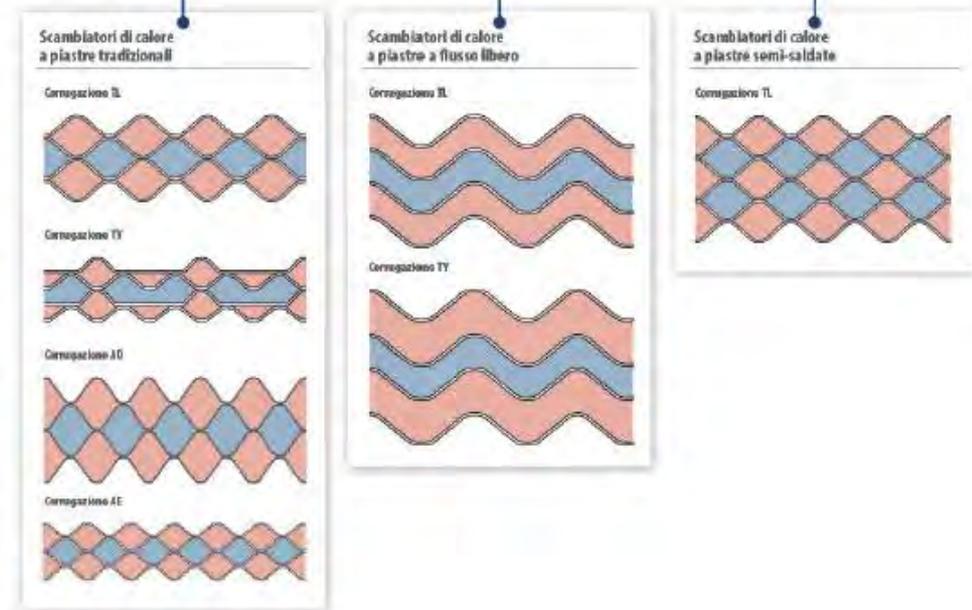
# Caratteristiche costruttive

## TIPOLOGIA CORRUGAZIONE PIASTRE



### Corrugazione piastre

- ✓ In funzione delle perdite di carico
- ✓ In funzione della tipologia di fluido
- ✓ In funzione dell'area di scambia termico



# Caratteristiche costruttive

## MATERIALI

### TELAIO E TIRANTI

- ✓ Acciaio al carbonio
- ✓ Acciaio inox (settore alimentare)

### Compatibilità materiali

| Concentrazione di Cloruri per applicazioni con acqua o glicole |          |          |          |          |
|----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                | 60° C    | 80° C    | 100° C   | 120° C   |
| 10 ppm                                                         | AISI 304 | AISI 304 | AISI 304 | AISI 316 |
| 25 ppm                                                         |          |          |          |          |
| 50 ppm                                                         |          | AISI 316 | AISI 316 |          |
| 80 ppm                                                         | AISI 316 |          |          | Titanio  |
| 150 ppm                                                        |          | Titanio  | Titanio  |          |
| 300 ppm                                                        | Titanio  |          |          |          |

| Materiale Guarnizione | Temperatura Massima      | Compatibilità Acqua | Compatibilità Vapore | Compatibilità Olio |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Nitrile               | 140°C                    | ○                   | ○                    | ○                  |
| EPDM                  | 160°C (180 su richiesta) | ○                   | ○                    | -                  |

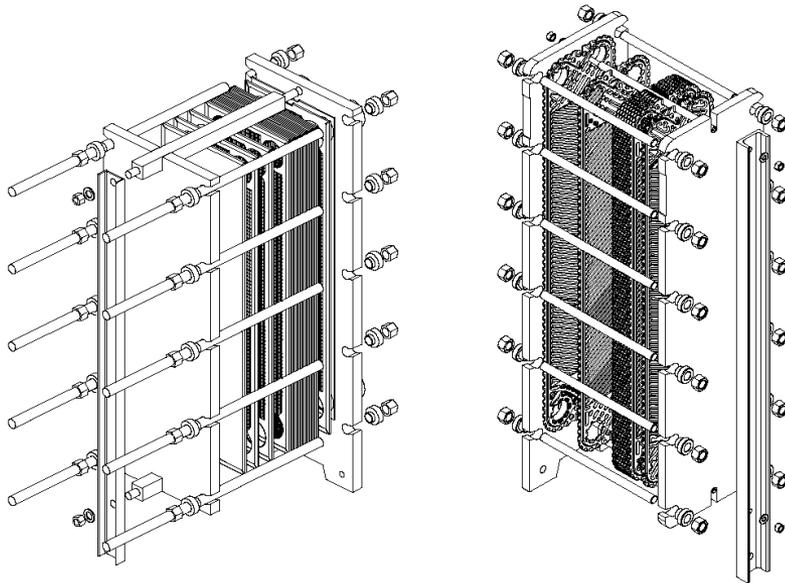
### GUARNIZIONI

- ✓ Nitrile (120 ° C)
- ✓ Butile (110 ° C)
- ✓ EPDM (150 ° C)
- ✓ EPM (165 ° C)
- ✓ Silicone (210 ° C)
- ✓ FMK Viton (210 ° C)

### PIASTRE

- ✓ Acciaio inox austenitici (AISI 304, AISI 316)
- ✓ Titanio
- ✓ Titanio/Palladio
- ✓ Avesta 254 SMO (inox austenitico per fluidi aggressivi)
- ✓ Leghe nickel (Monel, Inconel, Incoloy, Hastelloy)

# Teoria dello scambio termico



In ogni condizione di richiesta calore dal sottosistema di emissione

$$NUT_s \geq NUT_p$$

**La condizione però è verificata solo nelle originarie condizioni di progetto (a portata costante)**

$$NUT_s = \frac{K S}{G c}$$

Numero Unità di Trasferimento o lunghezza termica dello scambiatore (caratteristica di progetto indipendente dal regime termico)

K = Coeff. Globale di scambio termico  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

S = superficie di scambio termico  $m^2$

G = Portata massica Kg/h

c = Calore specifico Wh/Kg  $^\circ C$

$$NUT_p = \frac{T_i - T_u}{\Delta T_{mLog}}$$

Numero Unità di Trasferimento o lunghezza termica di processo (caratteristica termodinamica in funzione delle prestazioni termiche)

$T_i$  = Temperatura di ingresso circuito primario

$T_u$  = Temperatura di uscita circuito primario

$\Delta T_{mLog}$  = salto termico medio logaritmico

$$\Delta T_{mLog} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad (\forall \Delta t_1 \neq \Delta t_2)$$

$\Delta t_1 = T_1 - t_2$  differenza tra fluido caldo e freddo ad una estremità

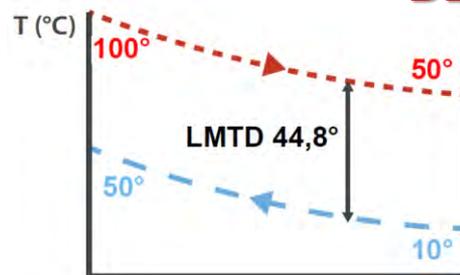
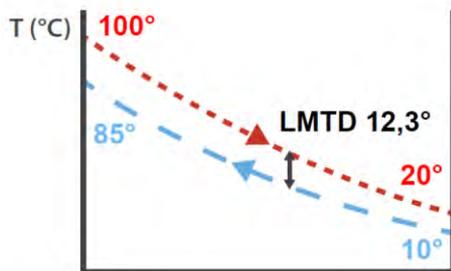
$\Delta t_2 = T_2 - t_1$  differenza tra fluido caldo e freddo all'altra estremità

$$\text{Se } \Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t \quad NUT_p = \frac{T_i - T_u}{\Delta t}$$

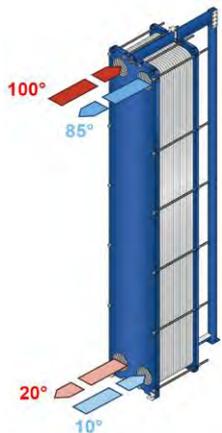
# Teoria dello scambio termico

se  $NUT_s = NUT_p$   $\frac{K S}{G c} = \frac{T_i - T_u}{\Delta T_{mLog}}$   $\longrightarrow$   $KS \Delta T_{mLog} = (T_i - T_u) G c$

## Significato di $NUT_p$



## Funzionamento in controcorrente



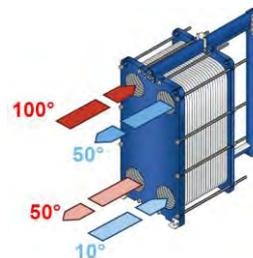
$$\Delta t_1 = 100 - 85 = 15$$

$$\Delta t_2 = 20 - 10 = 10$$

$$\Delta T_{mLog} = \frac{15 - 10}{\ln \frac{15}{10}} = 12,3$$

$$NUT_p = \frac{100 - 20}{12,3} = 6,49$$

**$NUT_p$  = Impegno necessario allo scambiatore per garantire la prestazione termica richiesta**



$$\Delta t_1 = 100 - 50 = 50$$

$$\Delta t_2 = 50 - 10 = 40$$

$$\Delta T_{mLog} = \frac{50 - 40}{\ln \frac{50}{40}} = 44,8$$

$$NUT_p = \frac{100 - 50}{44,8} = 1,12$$

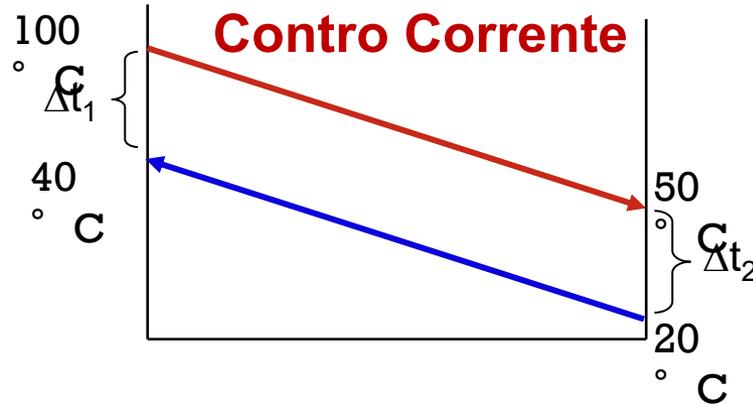
## POTENZA TERMICA DELLO SCAMBIATORE

Più le temperature dei fluidi sono ravvicinate, tanto più efficiente deve risultare lo scambiatore di calore. L'efficienza dello scambiatore è quindi funzione del valore NTU.

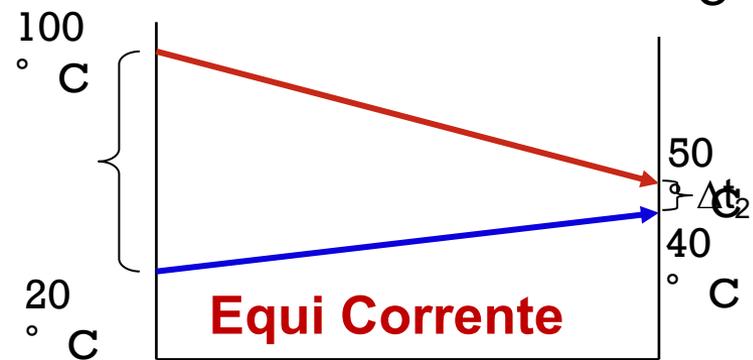
Fabbisogni termici maggiori necessitano di piastre più lunghe, fabbisogni termici minori necessitano di piastre più basse.

# Teoria dello scambio termico

## ATTENZIONE AI COLLEGAMENTI



$$\Delta T_{mLog} = \frac{60 - 30}{\ln \frac{60}{30}} = 43,3$$



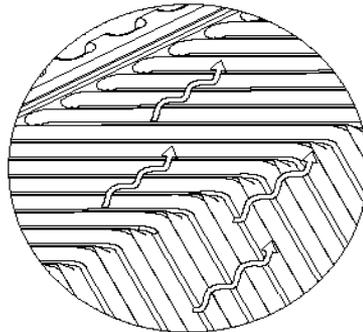
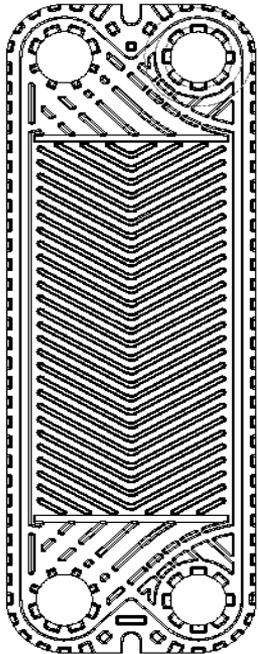
$$\Delta T_{mLog} = \frac{80 - 10}{\ln \frac{80}{10}} = 33,7$$

$$Q_T = KS \Delta T_{mLog}$$

**A parità di coefficiente di scambio termico  $K$  e di superficie di scambio termico  $S$  la potenza termica con flussi in controcorrente sarà maggiore**

# Teoria dello scambio termico

PIASTRA CORRUGATA



(Distribuzione del flusso e turbolenza)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{s}{\lambda} + f}$$

$\alpha_1 \alpha_2$  = coefficiente liminare di parete 1, 2

s = spessore della parete

$\lambda$  = Conducibilità della parete

f = Coefficiente totale di sporcamento

$$\alpha = \frac{N_U \lambda_f}{D_e} \quad D_e = \frac{4S}{P}$$

$N_U$  = Numero di Nusselt

$\lambda_f$  = Conducibilità del fluido

$D_e$  = Diametro equivalente

S = Sezione del canale

P = perimetro bagnato

$$N_U = A Re^a Pr^b Vi^c$$

A, a, b, c = coeff. sperimentali

Re = Numero di Reynold

Pr = Numero di Prandl

Vi = Rapporto viscosità di massa e viscosità del film

P = perimetro bagnato

$\rho$  = Densità

V = Velocità

$\mu$  = Viscosità dinamica

c = Calore specifico

$$Pr = \frac{\mu c}{\lambda_f}$$

**Al diminuire della portata il regime del fluido nei canali può passare da turbolento a laminare**

# Teoria dello scambio termico

$$NUT_s = \frac{K S}{G c}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{s}{\lambda} + f}$$

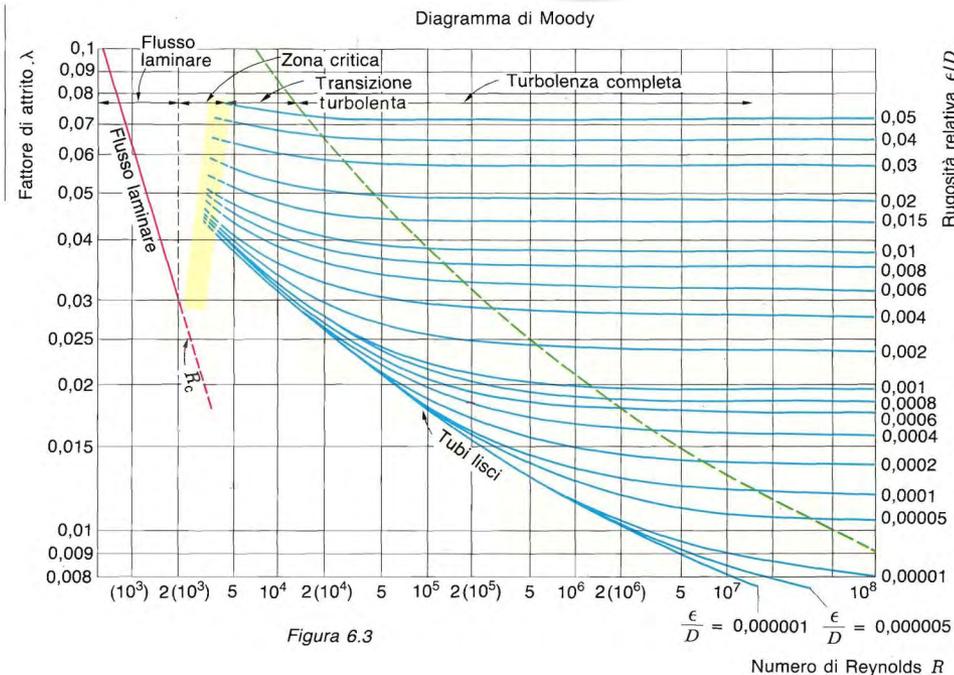
$$\alpha = \frac{N_U \lambda_f}{D_e}$$

$$N_U = A Re^a Pr^b Vi^c$$

$$Pr = \frac{\mu c}{\lambda_f}$$

Dipende solo dalle caratteristiche fisiche del fluido

$$Re = \frac{\rho V D e}{\mu} \quad \Delta P_c = \rho g \left( \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \right)$$



| Temp. (°C) | Massa Vol. (kg/m³) | Viscosità (Pa*s) | $\rho/\mu$        |
|------------|--------------------|------------------|-------------------|
| 0          | 1000               | 0,00179          | $5,6 \cdot 10^5$  |
| 20         | 998                | 0,001            | $9,98 \cdot 10^5$ |
| 100        | 958                | 0,00028          | $3,42 \cdot 10^6$ |

Velocità nei canali 0,15...0,28 m/s al 100% della portata nominale in funzione del sovradimensionamento

# Teoria dello scambio termico

Efficienza di scambio termico

=

**alta turbolenza = alta velocità nei canali = alte perdite di carico**

- ✓ La perdita di carico è il prezzo che si deve pagare per lo scambio termico
- ✓ Se si può accettare una maggior perdita di carico l'efficienza dello scambiatore ne trarrà vantaggio e si otterrà uno scambiatore di dimensioni più ridotte

**Esempio di stima  
variazione prezzo**

| Applicazione          | Potenzialità            |            |                         |            |                         |            |
|-----------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                       | 100 kW                  |            | 500 kW                  |            | 1000 kW                 |            |
|                       | Perdita di Carico       |            |                         |            |                         |            |
|                       | 10 kPa                  | 30 kPa     | 10 kPa                  | 30 kPa     | 30 kPa                  | 50 Kpa     |
| Riscaldamento         | Indice<br>Prezzo<br>100 | Circa -20% | Indice<br>Prezzo<br>100 | Circa -20% | Indice<br>Prezzo<br>100 | Circa -10% |
| Raffrescamento        |                         | Circa -25% |                         | Circa -30% |                         | Circa -15% |
| Acqua Calda Sanitaria |                         | Circa -12% |                         | Circa -12% |                         | Circa -20% |

# Teoria dello scambio termico

## FATTORE DI SPORCAMENTO & MARGINI DI SOVRADIMENSIONAMENTO

Il fattore di sporcammento viene anche espresso in margine di sovradimensionamento %

Peculiarità dello scambiatore a piastre ai fini dell'efficienza è l'elevata turbolenza

E' consigliabile non applicare un extra margine di sovradimensionamento o al massimo un valore pari al 10%

Aumentare di molto il margine di sovradimensionamento comporta :

- ✓ una maggior superficie di scambio
- ✓ diminuzione della velocità di attraversamento nei canali
- ✓ Minor turbolenza
- ✓ Minor effetto autopulente dello scambiatore dovuto all'abbassamento della velocità

| Sovradimensionamento | Coefficiente di Scambio Termico | Velocità nei canali m/s |            |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------|------------|
|                      | W / m <sup>2</sup> °C           | Primario                | Secondario |
| 0%                   | 5500                            | 0,21                    | 0,28       |
| 10%                  | 4400                            | 0,17                    | 0,22       |
| 20%                  | 3500                            | 0,13                    | 0,18       |
| 30%                  | 2800                            | 0,11                    | 0,15       |

# 2010 Teoria dello scambio termico



Scambiatore  
superficie 7,57 m<sup>2</sup>  
 $\Delta p$  Primario 16 kPa  
 $\Delta p$  Secondario 27 kPa

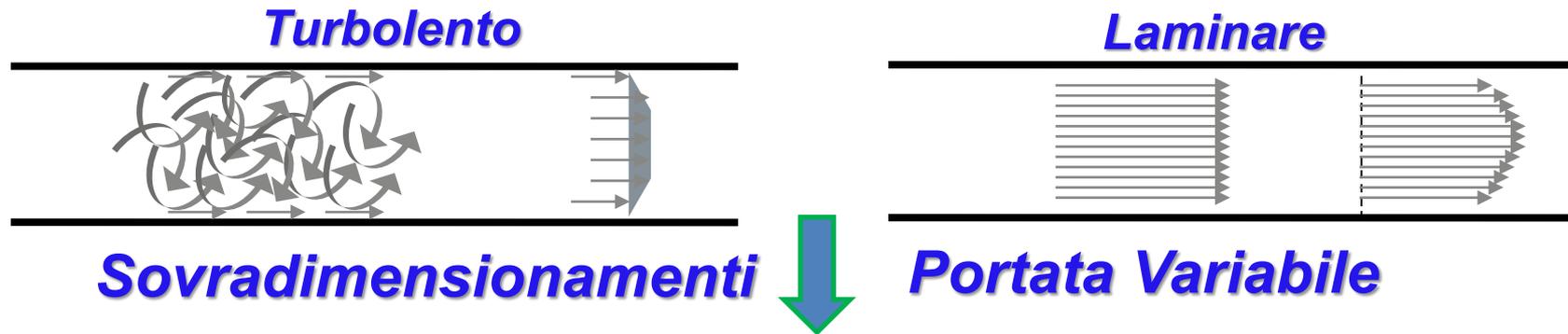


Scambiatore  
superficie 9,9 m<sup>2</sup>  
 $\Delta p$  Primario 6 kPa  
 $\Delta p$  Secondario 10 kPa  
 $\Delta$  superficie +30%

# Teoria dello scambio termico

Al diminuire della portata diminuisce il numero di Nusselt, diminuisce di conseguenza il coefficiente di scambio termico

Al di sotto di un determinato valore di portata c'è un esponenziale decadimento di K che peggiora all'aumentare del fattore di sporco

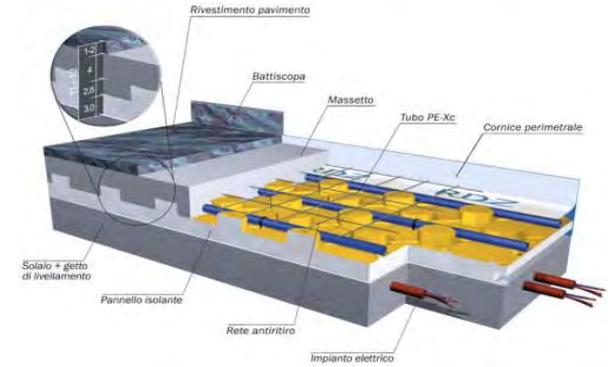
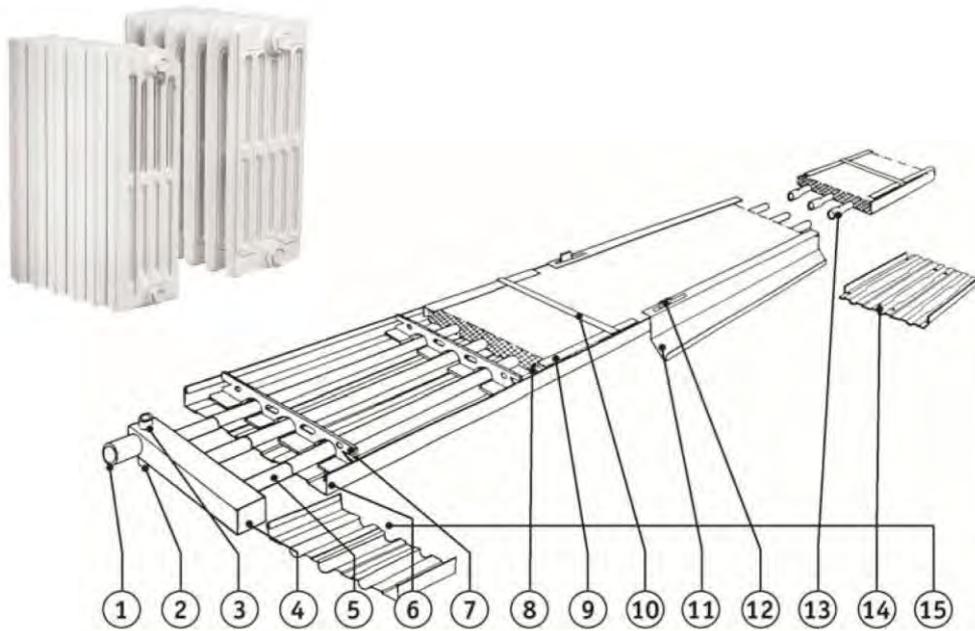


**INSTABILITA' DELLO SCAMBIO TERMICO**  
**ANOMALIE FUNZIONALI – BASSA EFFICIENZA**

**BISOGNA GARANTIRE UNA PORTATA MINIMA E FLUSSO TURBOLENTO**

Considerando velocità di nei canali e numero di Reynolds

Possiamo parzializzare fino al 20% della portata / potenza



## Sistema di emissione

Sistema preposto all'immissione dell'energia termica al fine di contrastare la quantità di energia in uscita dall'involucro edilizio.

# Terminali per emissione del calore



## Radiatori

- Ghisa
- Acciaio
- Alluminio

- I valori di emissione sono normati ai sensi della EN 442 e dipendono dalla differenza tra il valore medio di temperatura dell'acqua nel radiatore e la temperatura ambiente
- La maggior parte dei costruttori fornisce il valore di resa termica al parametro standardizzato della differenza di cui sopra pari a 50 ° C. Nei cataloghi tecnici tale valore di resa è espresso per  $\Delta T = 50 \text{ ° C}$

La legge che regola la potenza termica emessa da un radiatore è la seguente:

$$P = P_{\Delta T 50^{\circ}C} \left( \frac{\Delta T_{acqua-aria}}{50} \right)^n \quad \text{Dove} \quad \Delta T_{acqua-aria} = \left( \frac{T_{in} - T_{out}}{2} \right) - T_{amb}$$

La temperatura ambiente di norma è pari a 20 ° C. Dire per un radiatore  $\Delta T = 50 \text{ ° C}$  significa ad esempio acqua in ingresso al radiatore pari a 80 ° C, acqua in uscita pari a 60 ° C e aria ambiente a 20 ° C. Pertanto la media della temperatura dell'acqua nel radiatore è pari a 70 ° C ed il  $\Delta T = 70 - 20 = 50 \text{ ° C}$ . Nel caso in cui si abbia un salto dell'acqua tra 70 e 50 ° C con aria a 20 ° C il corrispondente  $\Delta T = 60 - 20 = 40 \text{ ° C}$  e la potenza del relativo radiatore andrà calcolata con  $\Delta T = 40 \text{ ° C}$

## Esempio di tabella di resa fornita da un produttore di radiatori

### Dati Tecnici

| Modello     | Codice              | Profondità<br>P mm | Altezza<br>H mm | Interasse<br>L mm | Peso<br>Kg | Capacità<br>Lt | Kcal/h<br>50°C | Watt<br>250°C | Watt<br>240°C | Watt<br>230°C | Watt<br>220°C | Espon.<br>n |
|-------------|---------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| <b>200</b>  | RT40200 yy 01 IR no | 139                | 200             | 133               | 0,70       | 0,55           | 22,3           | 26,0          | 19,3          | 13,2          | 7,7           | 1,326       |
| <b>300</b>  | RT40300 yy 01 IR no | 139                | 302             | 235               | 0,99       | 0,71           | 36,2           | 42,1          | 31,8          | 22,1          | 13,3          | 1,258       |
| <b>400</b>  | RT40400 yy 01 IR no | 139                | 402             | 335               | 1,27       | 0,87           | 47,0           | 54,6          | 41,1          | 28,5          | 17,0          | 1,272       |
| <b>500</b>  | RT40500 yy 01 IR no | 139                | 502             | 435               | 1,55       | 1,03           | 57,5           | 66,9          | 50,2          | 34,7          | 20,6          | 1,286       |
| <b>600</b>  | RT40600 yy 01 IR no | 139                | 602             | 535               | 1,83       | 1,20           | 67,9           | 79,0          | 59,1          | 40,6          | 24,0          | 1,300       |
| <b>750</b>  | RT40750 yy 01 IR no | 139                | 752             | 685               | 2,25       | 1,44           | 83,2           | 96,8          | 72,1          | 49,3          | 28,8          | 1,322       |
| <b>900</b>  | RT40900 yy 01 IR no | 139                | 902             | 835               | 2,68       | 1,68           | 98,3           | 114,3         | 84,7          | 57,6          | 33,4          | 1,343       |
| <b>1000</b> | RT41000 yy 01 IR no | 139                | 1002            | 935               | 2,96       | 1,84           | 108,3          | 125,9         | 93,4          | 63,5          | 36,9          | 1,340       |
| <b>1200</b> | RT41200 yy 01 IR no | 139                | 1202            | 1135              | 3,18       | 2,25           | 128,0          | 148,8         | 110,5         | 75,2          | 43,8          | 1,335       |
| <b>1500</b> | RT41500 yy 01 IR no | 139                | 1502            | 1435              | 4,37       | 2,64           | 157,1          | 182,6         | 135,8         | 92,7          | 54,1          | 1,328       |
| <b>1800</b> | RT41800 yy 01 IR no | 139                | 1802            | 1735              | 5,21       | 3,12           | 185,8          | 216,0         | 160,9         | 110,0         | 64,4          | 1,321       |
| <b>2000</b> | RT42000 yy 01 IR no | 139                | 2002            | 1935              | 5,77       | 3,44           | 204,8          | 238,1         | 177,5         | 121,5         | 71,3          | 1,317       |
| <b>2200</b> | RT42200 yy 01 IR no | 139                | 2202            | 2135              | 6,34       | 3,76           | 223,6          | 260,0         | 194,0         | 133,0         | 78,1          | 1,312       |
| <b>2500</b> | RT42500 yy 01 IR no | 139                | 2502            | 2435              | 7,18       | 4,24           | 251,8          | 292,8         | 218,8         | 150,2         | 88,5          | 1,306       |

Per  $\Delta T$  diversi applicare la relazione con il corrispondente coefficiente "n"

Ad esempio per il modello 900 con  $\Delta T = 35^\circ \text{C}$  la resa sarà:

$$P_{\Delta T 35^\circ \text{C}} = 114,3 \left( \frac{35}{50} \right)^{1,343} = 70,8 \text{W}$$

Noto quindi il fabbisogno di potenza del corpo scaldato il progettista stabilisce la temperatura media di funzionamento alle massime condizioni richieste al radiatore, impone il salto termico tra ingresso ed uscita dal radiatore e sulla base di questi dati dimensiona il radiatore e la relativa portata d'acqua.

Esempio:

Fabbisogno di potenza calcolato 1500 Watt

Temperatura media dell'acqua 60 ° C

Salto termico acqua 25 ° C (pertanto  $T_M=72,5$  ° C  $T_R=47,5$  ° C)

Temperatura ambiente da mantenere 20 ° C

$\Delta T_{\text{acq-aria}}=40$  ° C

Nell'ipotesi di utilizzare i radiatori modello 900 con  $\Delta T=40$  ° C la resa di ogni elemento è pari a 84,7 W e pertanto per ottenere una potenza installata pari a 1500 W saranno necessari 18 elementi i quali renderanno effettivamente  $18 \times 84,7 = 1524$  W.

La portata d'acqua necessaria al radiatore sarà:  $Q = \frac{1524}{1,163 \cdot 25} = 52,4$  litri/ora

Ing. Paolo Tkalez



## Ventilconvettori

Per i ventilconvettori di qualsiasi marca sarà il produttore a fornire al progettista le caratteristiche di resa termica ed i fabbisogni di portata in funzione della temperatura in ingresso alla batteria di scambio termico. Di norma vanno dimensionati alla velocità media del ventilatore.

### Dati tecnici

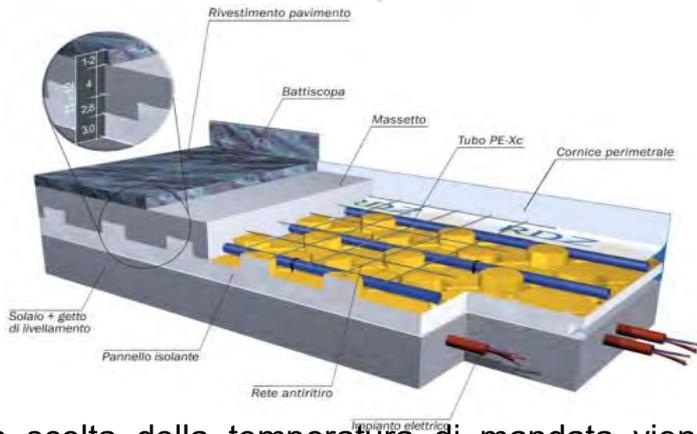
| Mod.                                      |              | 17   | 22   | 24   | 32   | 34   | 42   | 44   | 50   |
|-------------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza termica                           | W (max.)     | 2490 | 3400 | 3950 | 4975 | 5850 | 7400 | 8600 | 8620 |
|                                           | W (med.)     | 2070 | 2700 | 3200 | 4085 | 4850 | 6415 | 6930 | 7530 |
|                                           | W (min.)     | 1610 | 1915 | 2200 | 3380 | 3850 | 5115 | 5200 | 5420 |
| Potenza termica*<br>(acqua ingresso 50°C) | W (E)        | 1360 | 2100 | 2320 | 3160 | 3550 | 4240 | 5250 | 4900 |
| Potenza termica (resistenza elettrica)    | W            | 700  | 950  | -    | 1300 | -    | 1650 | -    | 1950 |
| Portata acqua                             | l/h          | 214  | 292  | 340  | 427  | 503  | 636  | 740  | 741  |
| Perdite di carico acqua                   | kPa          | 2,8  | 6,3  | 4,0  | 14,2 | 8,0  | 14,1 | 21,0 | 14,2 |
| Potenza frigorifera totale                | W (max.) (E) | 1000 | 1500 | 1730 | 2210 | 2800 | 3400 | 4450 | 4190 |
|                                           | W (med.)     | 890  | 1330 | 1500 | 2055 | 2450 | 2800 | 3780 | 3640 |
|                                           | W (min.)     | 720  | 1055 | 1150 | 1570 | 2050 | 2310 | 2970 | 2840 |
| Potenza frigorifera sensibile             | W (max.) (E) | 830  | 1240 | 1380 | 1750 | 2130 | 2760 | 3300 | 3000 |
|                                           | W (med.)     | 710  | 1055 | 1140 | 1540 | 1789 | 2115 | 2722 | 2750 |
|                                           | W (min.)     | 540  | 755  | 828  | 1100 | 1441 | 1635 | 2079 | 2040 |
| Portata acqua                             | l/h          | 172  | 258  | 297  | 380  | 482  | 585  | 765  | 721  |
| Perdite di carico acqua                   | kPa (E)      | 2,6  | 5,8  | 3,0  | 16,6 | 9,0  | 14,3 | 19,2 | 19,3 |

- Riscaldamento:
  - temperatura aria ambiente 20°C B.S.
  - velocità massima
  - temperatura acqua in ingresso 70°C ;  $\Delta t$  acqua 10°C
  - media e minima velocità
  - temperatura acqua in ingresso 70°C
  - portata acqua come alla massima velocità
- Riscaldamento\*:
  - temperatura aria ambiente 20°C B.S.
  - velocità massima
  - temperatura acqua in ingresso 50°C
  - portata acqua come nel funzionamento a freddo



**MAL SI PRESTANO PER  
APPLICAZIONI  
CON POMPE DI CALORE**

## Riscaldamento a pavimento



- Il riscaldamento a pavimento segue i criteri di dimensionamento ai sensi della norma UNI EN 1264
- Essendo una norma di carattere volontario non è cogente ed è compito del progettista stabilire se seguirla o meno ricordando che ai sensi del DM 22 gennaio 2008 n. 37 si intendono progettati a regola d'arte gli impianti che rispettano le norme UNI in vigore.

La scelta della temperatura di mandata viene effettuata in funzione del locale sfavorito per il quale le norme forniscono la seguente definizione:

Il locale sfavorito è l'ambiente in cui il rapporto tra la potenza richiesta e la superficie riscaldante è massimo [W/mq]; questo rapporto è detto densità di flusso.

L'ambiente sfavorito deve soddisfare due condizioni:

1. **La differenza tra le temperature di andata e di ritorno non può superare i 5 ° C.**
2. Non può essere un locale adibito a bagno o servizio. Per tali locali si assume una resistenza termica del materiale di rivestimento pari a 0 mq° C/W. Per tutti gli altri va considerato un valore pari a 0.1 mq° C/W (o superiore se un ambiente ha un valore superiore).

In tutti gli ambienti la temperatura superficiale del pavimento non può superare la temperatura di 29 ° C. Ciò naturalmente pone un vincolo alla densità di flusso prodotta dal pannello radiante che non può superare una certa soglia. Per ovviare a questo vincolo è stato introdotto il concetto di superficie marginale definita come porzione di superficie ambiente compresa fino ad un metro dalle pareti esterne. All'interno di tale superficie la temperatura del pavimento non deve superare i 35 ° C: ne consegue che, se necessario, in questa area i tubi possono infittirsi.

**ATTENZIONE :** Per il riscaldamento a pavimento i fabbisogni di potenza devono essere valutati solo per la componente verso l'alto. Nel caso di solai attestati verso piani interrati o verso l'esterno (piloties) al calcolo del fabbisogno di potenza dovrà essere detratta la quota parte verso il basso al fine di evitare sovradimensionamenti.

IL PROGETTISTA, scelta la casa produttrice del riscaldamento a pavimento, invia i disegni di progetto con i valori di fabbisogno di potenza all'ufficio tecnico preposto al dimensionamento unitamente alla definizione dell'area utile per il passaggio delle serpentine.

L'UFFICIO TECNICO della casa produttrice restituisce al progettista il disegno esecutivo per la posa dei serpentini con adeguata relazione tecnica in cui vengono definite le emissioni termiche, i fabbisogni di portata d'acqua e le perdite di carico dei circuiti.

VARIANDO il numero di circuiti ed i passi di posa è possibile utilizzare temperature di mandate estremamente basse, unitamente a salti termici dell'acqua minori o uguali a  $5^{\circ}\text{C}$ , che fanno del riscaldamento a pavimento un ottimo sistema emissivo per operare con le pompe di calore ma ideale anche per utilizzo con caldaie a condensazione a causa delle basse temperature di ritorno.

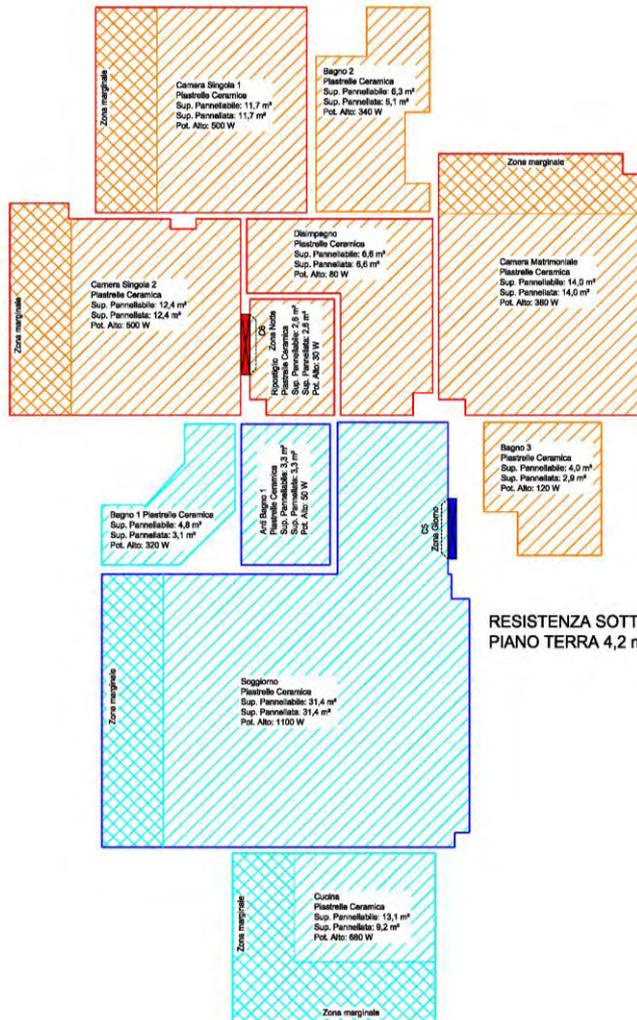


**Per ogni locale devono essere definite le aree pannellate, le aree pannellabili, il tipo di pavimento e il fabbisogno di potenza di progetto.**

**Area pannellata=area su cui vengono posati i supporti del serpentino**

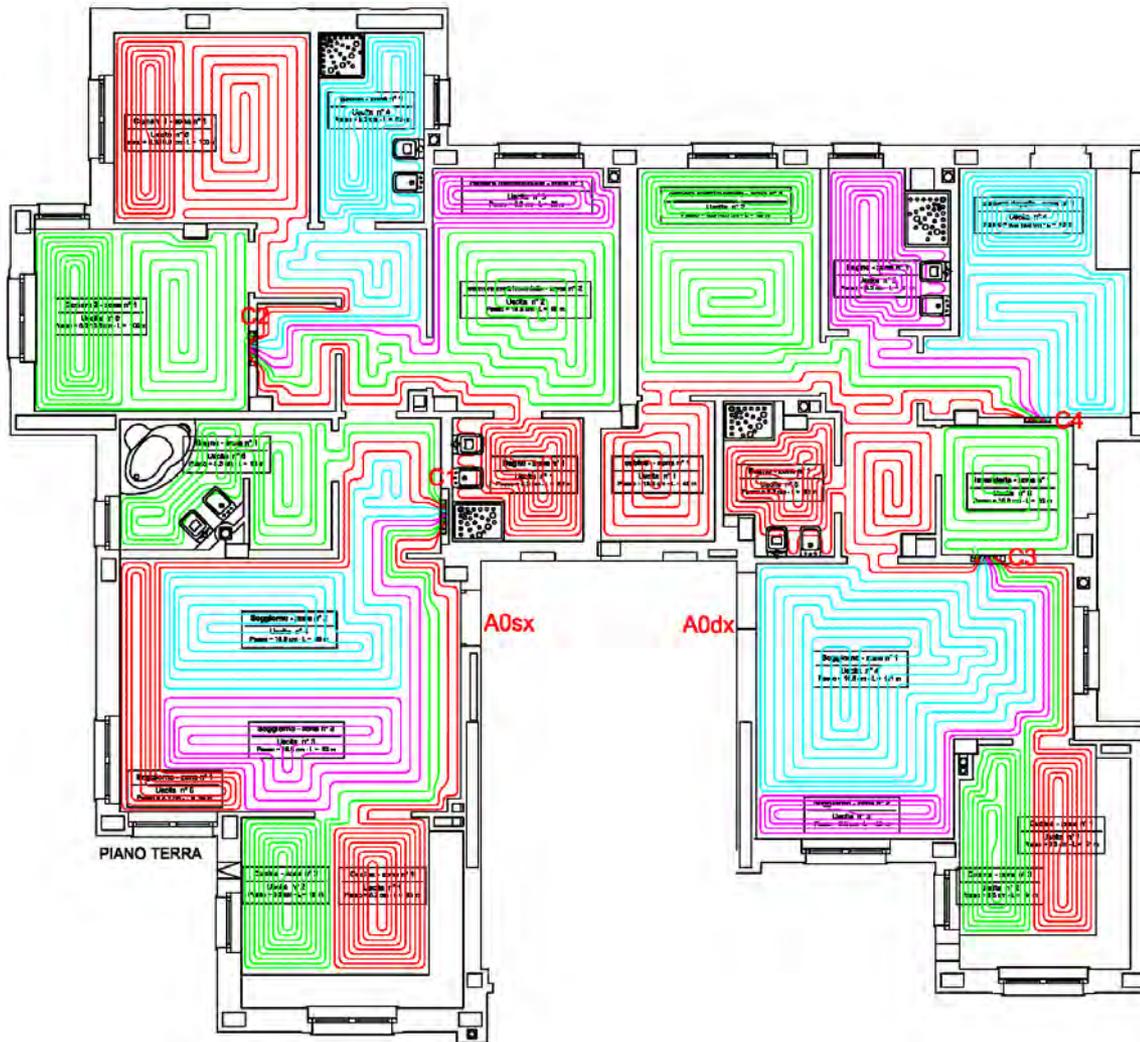
**Area pannellabile=area su cui insiste il serpentino**

**Il riscaldamento a pavimento è molto sensibile all'architettura e all'arredamento**



**Visualizzazione grafica**  
**Delle zone oggetto di**  
**installazione di**  
**serpentine e dei**  
**fabbisogni di potenza**  
**verso l'alto richiesti**





**Restituzione del disegno dei circuiti per ogni singolo locale con esatta posizione dei collettori di distribuzione. N.B. Il riscaldamento a pavimento vincola molto l'architettura dell'unità immobiliare.**

| N° circuito | Nome locale         | Superficie (m²) Posata | Passo Int. | posa Ext. | Lunghezza (m) | Posizione valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|---------------------|------------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|---------------|-----------------|
| 1           | Bagno               | 5.1                    | 8.3        |           | 62            | 2                 | 40            | A0dx-notte      |
| 2           | camera matrimoniale | 14.0                   | 16.8       |           | 68            | 2                 | 40            | A0dx-notte      |
| 3           | camera matrimoniale |                        | 8.3        |           | 52            | 2                 | 40            | A0dx-notte      |
| 4           | Bagno               | 6.3                    | 8.3        |           | 83            | 10                | 132           | A0dx-notte      |
| 5           | Camera 1            | 11.6                   | 16.6       | 8.3       | 100           | 3                 | 59            | A0dx-notte      |
| 6           | Camera 2            | 12.1                   | 16.6       | 8.3       | 100           | 2                 | 47            | A0dx-notte      |
|             | rip                 | 2.6                    |            |           |               |                   |               |                 |
|             | dis.                | 6.6                    |            |           |               |                   |               |                 |
| Totali      |                     | 58.1                   |            |           | 465           |                   | 358           |                 |

C2

|                        |               |             |                     |
|------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore N. attacchi | A0dx-notte    | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| 6                      |               |             |                     |
| Temperatura (°C)       | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 34                     | 358           | 1084        | 2694                |

T<sub>max</sub> di progetto

| N° circuito | Nome locale         | Superficie (m²) Posata | Passo Int. | posa Ext. | Lunghezza (m) | Posizione valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|---------------------|------------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|---------------|-----------------|
| 1           | cabina              | 4.7                    | 16.6       |           | 48            | 4                 | 40            | A0dx-notte      |
| 2           | camera matrimoniale | 12.9                   | 16.6       | 8.3       | 99            | 5                 | 40            | A0dx-notte      |
| 3           | Bagno               | 5.8                    | 8.3        |           | 61            | 10                | 70            | A0dx-notte      |
| 4           | camera doppia dia.  | 14.3                   | 16.6       | 8.3       | 88            | 5                 | 40            | A0dx-notte      |
| Totali      |                     | 37.8                   |            |           | 296           |                   | 190           |                 |

C4

|                        |               |             |                     |
|------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore N. attacchi | A0dx-notte    | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| 4                      |               |             |                     |
| Temperatura (°C)       | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 36                     | 190           | 311         | 1895                |

T<sub>max</sub> di progetto

| N° circuito | Nome locale | Superficie (m²) Posata | Passo Int. | posa Ext. | Lunghezza (m) | Posizione valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|-------------|------------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|---------------|-----------------|
| 1           | Cucina      | 13.1                   | 8.3        |           | 88            | 10                | 133           | A0dx-giorno     |
| 2           | Cucina      |                        | 8.3        |           | 88            | 10                | 133           | A0dx-giorno     |
| 3           | Soggiorno   | 31.4                   | 16.6       |           | 83            | 2                 | 40            | A0dx-giorno     |
| 4           | Soggiorno   | 16.6                   | 8.3        |           | 89            | 2                 | 40            | A0dx-giorno     |
| 5           | Soggiorno   |                        | 8.3        |           | 64            | 2                 | 40            | A0dx-giorno     |
| 6           | Bagno       | 4.7                    | 8.3        |           | 55            | 8                 | 119           | A0dx-giorno     |
|             | anti        | 3.4                    |            |           |               |                   |               |                 |
| Totali      |             | 52.6                   |            |           | 386           |                   | 506           |                 |

C1

|                        |               |             |                     |
|------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore N. attacchi | A0dx-giorno   | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| 6                      |               |             |                     |
| Temperatura (°C)       | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 34                     | 504           | 988         | 2576                |

T<sub>max</sub> di progetto

Totale portata Alloggio 862 litri/h a 34 ° C

| N° circuito | Nome locale | Superficie (m²) Posata | Passo Int. | posa Ext. | Lunghezza (m) | Posizione valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|-------------|------------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|---------------|-----------------|
| 1           | Cucina      | 11.7                   | 8.3        |           | 51            | 10                | 130           | A0dx-giorno     |
| 2           | Cucina      |                        | 8.3        |           | 54            | 10                | 130           | A0dx-giorno     |
| 3           | Soggiorno   | 23.7                   | 8.3        |           | 42            | 2                 | 40            | A0dx-giorno     |
| 4           | Soggiorno   | 16.6                   | 8.3        |           | 111           | 3                 | 52            | A0dx-giorno     |
| 5           | Bagno       | 4.6                    | 8.3        |           | 65            | 2                 | 40            | A0dx-giorno     |
| 6           | lavanderie  | 5.4                    | 16.6       |           | 33            | 2                 | 40            | A0dx-giorno     |
|             | dis.        | 6.1                    |            |           |               |                   |               |                 |
| Totali      |             | 61.5                   |            |           | 356           |                   | 432           |                 |

C3

|                        |               |             |                     |
|------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore N. attacchi | A0dx-giorno   | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| 6                      |               |             |                     |
| Temperatura (°C)       | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 36                     | 431           | 829         | 2506                |

T<sub>max</sub> di progetto

Totale portata Alloggio 621 litri/h a 36 ° C

Utilizzo dei dati di portata alla temperatura di progetto per il calcolo delle portate in partenza dalla centrale di produzione calore

| N° circuito | Nome locale         | Superficie (m²)<br>Posata | Passo<br>Int. | posa<br>Ext. | Lunghezza (m) | Posizione<br>valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|---------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1           | Bagno               | 4.0                       | 8.3           |              | 49            | 2                    | 40            | A1ax-notte      |
| 2           | cabina              | 6.4                       | 16.6          |              | 67            | 2                    | 40            | A1ax-notte      |
| 3           | camera matrimoniale | 14.1                      | 16.6          |              | 58            | 2                    | 40            | A1ax-notte      |
| 4           | camera matrimoniale |                           | 8.3           |              | 49            | 2                    | 40            | A1ax-notte      |
| 5           | Bagno               | 6.3                       | 8.3           |              | 82            | 10                   | 170           | A1ax-notte      |
| 6           | Camera 1            | 11.7                      | 16.6          | 8.3          | 99            | 2                    | 55            | A1ax-notte      |
| 7           | Camera 2            | 12.1                      | 16.6          | 8.3          | 99            | 3                    | 89            | A1ax-notte      |
|             | dis.                | 5.6                       |               |              |               |                      |               |                 |
|             | rip.                | 2.6                       |               |              |               |                      |               |                 |
| Totali      |                     | 63.6                      |               |              | 493           |                      | 454           |                 |

|                           |               |             |                     |
|---------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore<br>N. attacchi | A1ax-notte    | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| Temperatura (°C)          | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 36                        | 455           | 1675        | 3783                |

**T<sub>max</sub> di progetto**

| N° circuito | Nome locale   | Superficie (m²)<br>Posata | Passo<br>Int. | posa<br>Ext. | Lunghezza (m) | Posizione<br>valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|---------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1           | Cucina        | 13.1                      | 8.3           |              | 88            | 10                   | 185           | A1ax-giorno     |
| 2           | Cucina        |                           | 8.3           |              | 68            | 10                   | 165           | A1ax-giorno     |
| 3           | Soggiorno     | 31.2                      | 16.6          |              | 63            | 2                    | 40            | A1ax-giorno     |
| 4           | Soggiorno     |                           | 16.6          |              | 89            | 2                    | 40            | A1ax-giorno     |
| 5           | Soggiorno     |                           | 8.3           |              | 54            | 2                    | 40            | A1ax-giorno     |
| 6           | Bagno<br>anti | 4.6                       | 8.3           |              | 58            | 8                    | 151           | A1ax-giorno     |
|             |               | 3.4                       |               |              |               |                      |               |                 |
| Totali      |               | 52.3                      |               |              | 390           |                      | 601           |                 |

|                           |               |             |                     |
|---------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore<br>N. attacchi | A1ax-giorno   | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| Temperatura (°C)          | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 36                        | 602           | 1442        | 3174                |

**T<sub>max</sub> di progetto**

| N° circuito | Nome locale         | Superficie (m²)<br>Posata | Passo<br>Int. | posa<br>Ext. | Lunghezza (m) | Posizione<br>valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|---------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1           | camera matrimoniale | 14.4                      | 16.6          |              | 80            | 6                    | 75            | A1dx-notte      |
| 2           | camera matrimoniale |                           | 8.3           |              | 42            | 2                    | 42            | A1dx-notte      |
| 3           | Bagno               | 5.3                       | 8.3           |              | 58            | 10                   | 122           | A1dx-notte      |
| 4           | camera              | 13.8                      | 8.3           |              | 47            | 2                    | 40            | A1dx-notte      |
| 5           | camera              |                           | 16.6          |              | 71            | 2                    | 40            | A1dx-notte      |
|             | rip.                | 2.5                       |               |              |               |                      |               |                 |
|             | dis.                | 5.8                       |               |              |               |                      |               |                 |
| Totali      |                     | 41.8                      |               |              | 308           |                      | 319           |                 |

|                           |               |             |                     |
|---------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore<br>N. attacchi | A1dx-notte    | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| Temperatura (°C)          | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 35                        | 318           | 756         | 2356                |

**T<sub>max</sub> di progetto**

| N° circuito | Nome locale       | Superficie (m²)<br>Posata | Passo<br>Int. | posa<br>Ext. | Lunghezza (m) | Posizione<br>valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|-------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1           | Bagno             | 6.3                       | 8.3           |              | 58            | 8                    | 124           | A1dx-giorno     |
| 2           | Soggiorno         | 24.4                      | 16.6          | 8.3          | 79            | 2                    | 44            | A1dx-giorno     |
| 3           | Cucina            | 11.7                      | 8.3           |              | 57            | 10                   | 155           | A1dx-giorno     |
| 4           | Cucina            |                           | 8.3           |              | 59            | 10                   | 155           | A1dx-giorno     |
| 5           | Soggiorno<br>dis. |                           | 16.6          | 8.3          | 79            | 2                    | 44            | A1dx-giorno     |
| Totali      |                   | 42.5                      |               |              | 331           |                      | 522           |                 |

|                           |               |             |                     |
|---------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore<br>N. attacchi | A1dx-giorno   | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| Temperatura (°C)          | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 35                        | 521           | 1231        | 2551                |

**T<sub>max</sub> di progetto**

| N° circuito | Nome locale | Superficie (m²)<br>Posata | Passo<br>Int. | posa<br>Ext. | Lunghezza (m) | Posizione<br>valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|-------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1           | Ingresso    | 7.1                       | 16.6          |              | 87            | 6                    | 40            | A2-giorno       |
| 2           | Soggiorno   | 25.1                      | 16.6          |              | 101           | 10                   | 56            | A2-giorno       |
| 3           | Soggiorno   |                           | 8.3           |              | 87            | 5                    | 40            | A2-giorno       |
| 4           | Cucina      | 14.6                      | 16.6          | 8.3          | 58            | 8                    | 80            | A2-giorno       |
| 5           | sott'adi    | 8.2                       | 8.3           |              | 87            | 5                    | 40            | A2-giorno       |
| 6           | esterno     | 5.4                       | 8.3           |              | 89            | 5                    | 40            | A2-giorno       |
| Totali      |             | 80.4                      |               |              | 471           |                      | 276           |                 |

|                           |               |             |                     |
|---------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore<br>N. attacchi | A2-giorno     | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| Temperatura (°C)          | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 39                        | 278           | 302         | 3220                |

**T<sub>max</sub> di progetto**

| N° circuito | Nome locale           | Superficie (m²)<br>Posata | Passo<br>Int. | posa<br>Ext. | Lunghezza (m) | Posizione<br>valvola | Portata (l/h) | Nome collettore |
|-------------|-----------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1           | camera                | 11.9                      | 8.3           |              | 61            | 8                    | 111           | A2-notte        |
| 2           | camera                |                           | 8.3           |              | 59            | 8                    | 111           | A2-notte        |
| 3           | Bagno                 | 7.6                       | 8.3           |              | 89            | 2                    | 56            | A2-notte        |
| 4           | camera matrimoniale   | 14.1                      | 16.6          | 8.3          | 104           | 2                    | 54            | A2-notte        |
| 5           | sott'adi              | 5.2                       | 8.3           |              | 69            | 10                   | 185           | A2-notte        |
| 6           | Bagno                 | 5.5                       | 8.3           |              | 58            | 2                    | 40            | A2-notte        |
| 7           | sott'adi              | 2.5                       | 8.3           |              | 46            | 2                    | 40            | A2-notte        |
| 8           | camera doppia<br>dis. | 12.6                      | 16.6          |              | 63            | 2                    | 40            | A2-notte        |
|             | Ingresso              | 7.6                       |               |              |               |                      |               |                 |
| Totali      |                       | 87.2                      |               |              | 529           |                      | 617           |                 |

|                           |               |             |                     |
|---------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Collettore<br>N. attacchi | A2-notte      | Tipo        | "KIT VJ CONTROL 17" |
| Temperatura (°C)          | Portata (l/h) | PDC (mmH2O) | Potenza erogata (w) |
| 39                        | 617           | 1553        | 3921                |

**T<sub>max</sub> di progetto**



Aerotermini

Per gli aerotermini di qualsiasi marca sarà il produttore a fornire al progettista le caratteristiche di resa termica ed i fabbisogni di portata in funzione del salto di temperatura in ingresso e uscita alla batteria di scambio termico. Sono dotati di ventilatori elicoidali. Non hanno la possibilità di modificare la portata d'aria



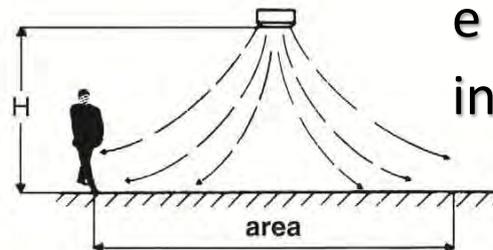
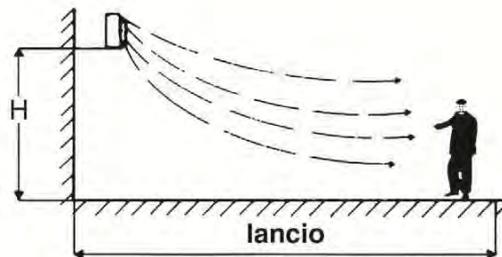
Acqua calda  
Acqua Surriscaldata  
Vapore

ALIMENTAZIONE ACQUA 85-70 °C

Caduta di temperatura 15°C -  $\Delta t_m$  62.5°C - Temperatura entrata aria 15°C

| GRANDEZZA | VELOCITÀ<br>DI<br>ROTAZIONE<br>giri/minuto | MODELLO | PORTATA<br>ARIA<br>m³/h | LIVELLO<br>SONORO<br>A 5 mt.<br>dB(A) | EMISSIONI<br>TERMICHE |       | TEMP.<br>USCITA<br>ARIA<br>°C | ZONA INFLUENZA PER INSTALLAZIONE A |             |                  |            |
|-----------|--------------------------------------------|---------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|------------------------------------|-------------|------------------|------------|
|           |                                            |         |                         |                                       | KCal/h                | W     |                               | PARETE                             |             | SOFFITTO         |            |
|           |                                            |         |                         |                                       |                       |       |                               | ALTEZZA<br>m                       | LANCIO<br>m | ALTEZZA<br>max m | AREA<br>m² |
| 1         | 900                                        | 6 A11   | 1140                    | 48                                    | -                     | -     | -                             |                                    |             |                  |            |
|           |                                            | 6 A12   | 1040                    | 48                                    | 6670                  | 7760  | 39                            | 2,5+3                              | 5,5         | 3                | 36         |
|           |                                            | 6 A13   | 960                     | 48                                    | 7690                  | 8940  | 45                            |                                    |             |                  |            |
| 2         | 900                                        | 6 A21   | 1560                    | 51                                    | -                     | -     | -                             |                                    |             |                  |            |
|           |                                            | 6 A22   | 1440                    | 51                                    | 9330                  | 10850 | 39                            | 2,5+3,5                            | 7,5         | 3,5              | 45         |
|           |                                            | 6 A23   | 1380                    | 51                                    | 10510                 | 12230 | 44                            |                                    |             |                  |            |

## ZONA D'INFLUENZA

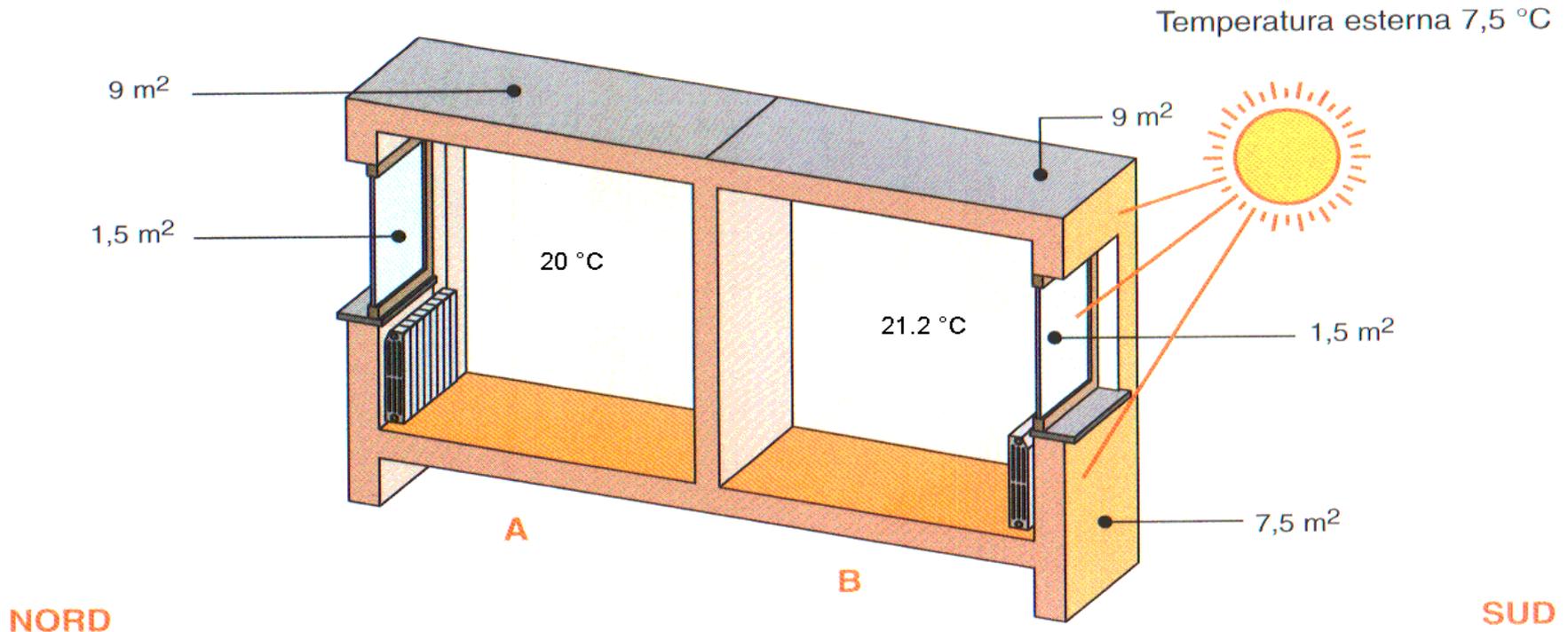


Rese termiche  
e modalità di  
installazione

## Fattori correttivi in funzione delle condizioni ambiente e delle temperature di alimetazione

| Temp.<br>aria | 50/35 | 55/40 | 60/45 | 65/50 | 70/55 | 75/60 | 80/65 | 85/70 | 90/75 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -10           | 0,84  | 0,92  | 1,00  | 1,08  | 1,16  | 1,24  | 1,32  | 1,40  | 1,48  |
| -5            | 0,76  | 0,84  | 0,92  | 1,00  | 1,08  | 1,16  | 1,24  | 1,32  | 1,40  |
| 0             | 0,67  | 0,76  | 0,84  | 0,92  | 1,00  | 1,08  | 1,16  | 1,24  | 1,32  |
| +5            | 0,60  | 0,68  | 0,76  | 0,84  | 0,92  | 1,00  | 1,08  | 1,16  | 1,24  |
| +10           | 0,52  | 0,60  | 0,68  | 0,76  | 0,84  | 0,92  | 1,00  | 1,08  | 1,16  |
| +15           | 0,44  | 0,52  | 0,60  | 0,68  | 0,76  | 0,84  | 0,92  | 1,00  | 1,08  |
| +20           | 0,36  | 0,44  | 0,52  | 0,60  | 0,68  | 0,76  | 0,84  | 0,92  | 1,00  |
| +25           | 0,28  | 0,36  | 0,44  | 0,52  | 0,60  | 0,68  | 0,76  | 0,84  | 0,92  |

## ■ Perdite di regolazione



In assenza di una regolazione locale per locale, nel locale B la temperatura supera i 20 ° C e le perdite attraverso le pareti aumentano in proporzione al  $\Delta T$  rispetto all'esterno.

Ogni grado in più causa  $\cong 7\%$  più di consumo di combustibile.

Il bilanciamento richiesto all'impianto cambia in funzione delle condizioni meteo e di utilizzo dei locali

## ■ Perdite di regolazione

### ■ Ipotesi di partenza:

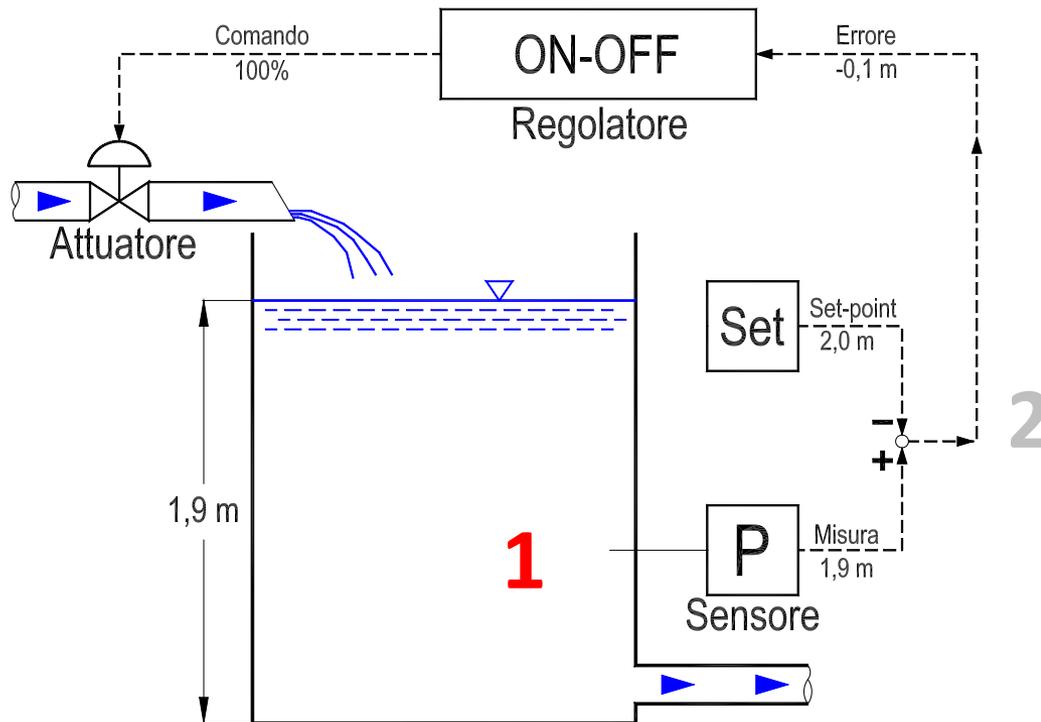
in tutti i locali deve essere garantito il servizio (20 ° C)

- Cause di maggior perdita: il calore non viene immesso **SOLO dove serve e quando serve** ma **ANCHE anche dove e quando non serve.**

### ■ Esempi:

- Se non viene fatto il bilanciamento dell'impianto vengono surriscaldati i locali favoriti
- Anche se viene eseguito il bilanciamento ma questo è fisso, il bilanciamento ottimale dipende dall'andamento climatico e dagli apporti gratuiti.

# Che cos'è un regolatore?



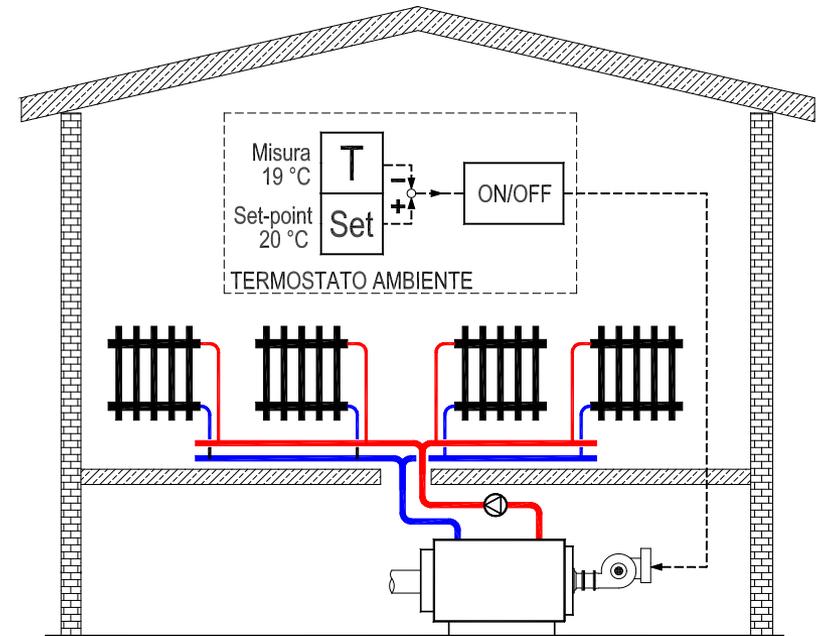
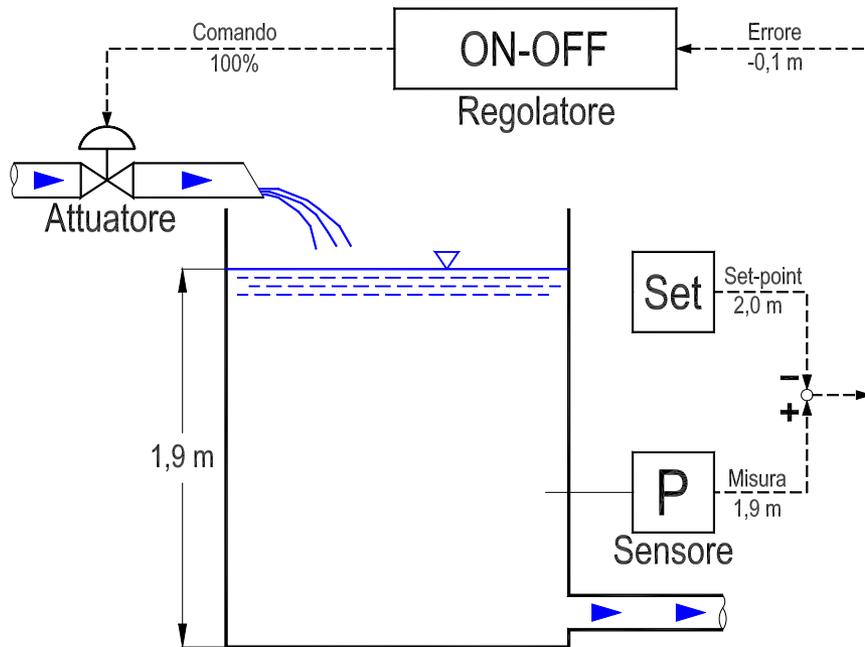
## Regolare...

1. **Misurare** la grandezza regolata
2. **Confrontare** la misura con un set-point e determinare l'errore
3. Sulla base dell'errore, determinare il **comando** dell'attuatore

I regolatori sono classificati in base alla logica con la quale viene determinata l'azione in funzione dell'errore.

ON/OFF → P → PI → PID

## Regolazione del riscaldamento ...

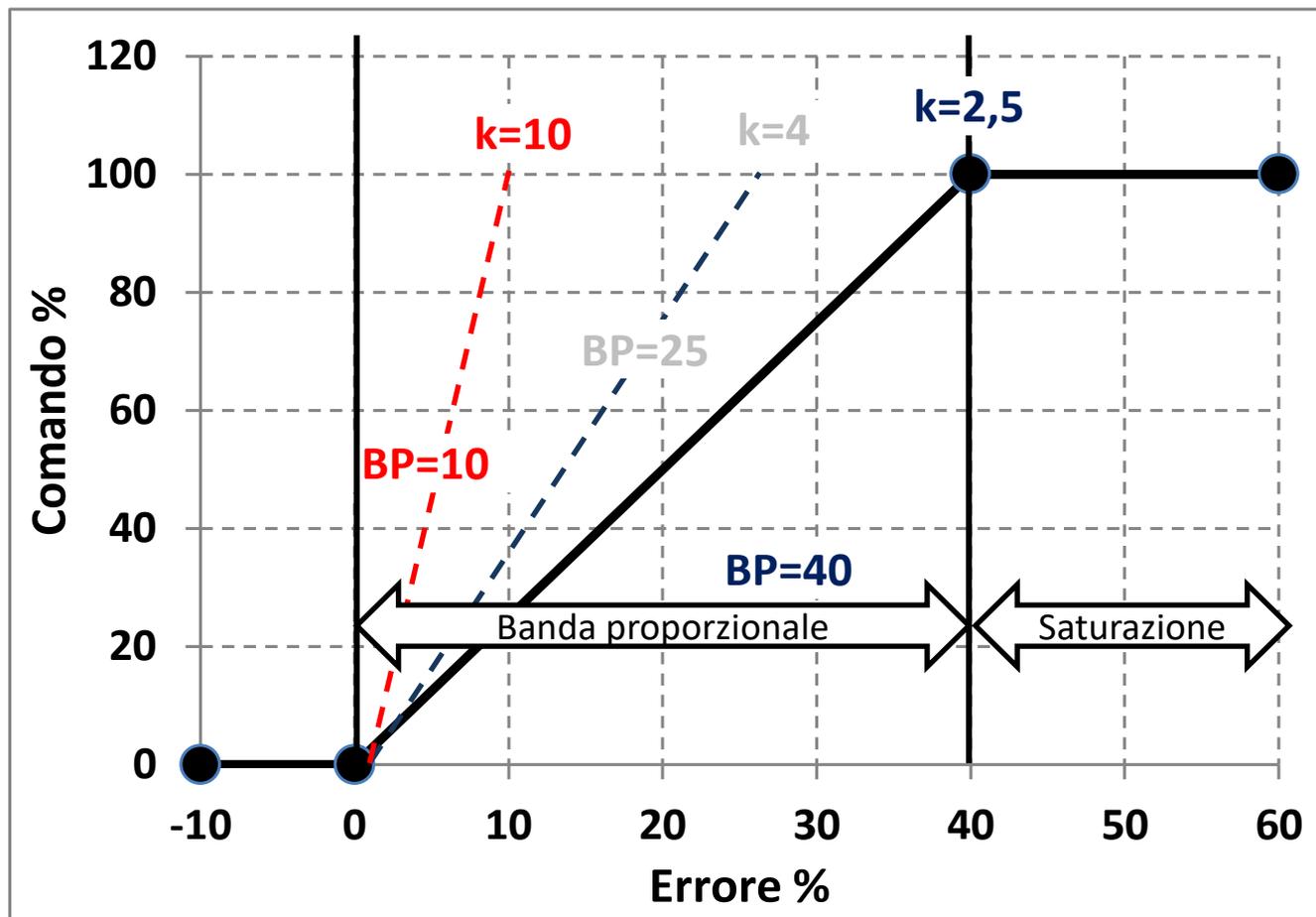


**APPORTI GRATUITI = PIOVE NEL SECCHIO  
= SOLE E PERSONE  
= ALMENO 30% DELLE DISPERSIONI**

# L'azione Proporzionale

- Perché dare sempre e solo tutta la potenza o niente?  
Si può aumentare (o diminuire) la potenza in proporzione allo scostamento (errore) rispetto alla pressione voluta (set-point).
- Per definire questo comportamento si indica l'ampiezza dell'errore per il quale viene comandata la massima potenza di uscita:  
si chiama banda proporzionale  $P_b$  e viene espressa in percentuale rispetto al fondo scala del segnale di misura.  
**Diminuendo la banda proporzionale  $P_b$  aumenta l'intensità dell'azione proporzionale**
- L'azione P è istantanea e non ha "memoria": dipende esclusivamente dall'errore in quel preciso istante.
- L'azione P si basa sullo stato attuale del sistema, sul presente

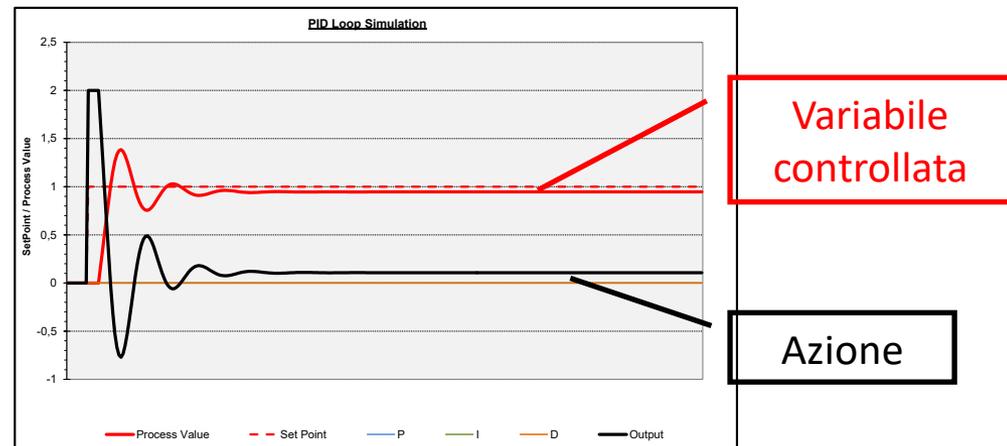
# Grafico regolatore proporzionale



Come indicare  
la caratteristica  
di un  
regolatore  
proporzionale

## Alcune proprietà di un regolatore P

- **Il regolatore P non arriva mai «a segno»:**  
→ a regime rimane sempre un errore...
- Riducendo la banda proporzionale si riduce l'errore
- Se si riduce troppo la banda proporzionale il regolatore comincia ad oscillare
- I ritardi e le inerzie della catena di misura ed attuazione aumentano i rischi di oscillazione



- **Regolatore PI: si elimina l'errore a regime**
- **Regolatore PID: si smorzano le oscillazioni**

# L'azione Integrale

In un sistema di regolazione, la **funzione integrale** nel regolatore ha lo scopo di eliminare l'errore stazionario, ovvero la differenza persistente tra il valore desiderato (setpoint) e il valore effettivo dell'uscita del sistema.

## Come agisce l'azione integrale

### • Accumulo dell'errore nel tempo

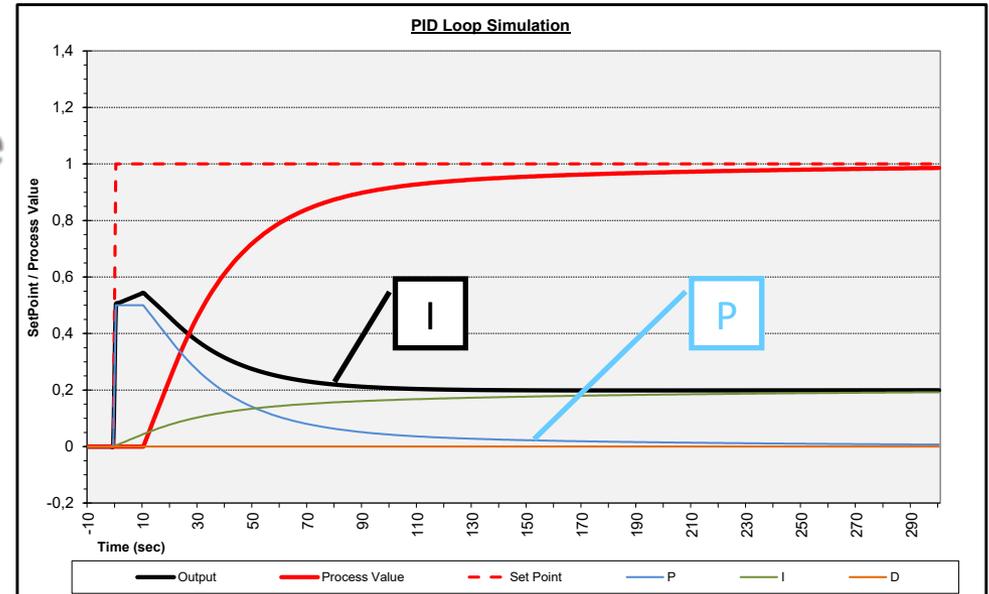
L'azione integrale somma continuamente l'errore nel tempo. Se l'errore è positivo, l'integrale cresce; se è negativo, l'integrale decresce.

### • Correzione dell'uscita

L'accumulo dell'errore fa sì che il regolatore continui ad aumentare o diminuire l'uscita fino a quando l'errore non diventa nullo.

### • Eliminazione dell'errore stazionario

Nei sistemi con solo azione proporzionale (P), può restare un errore permanente a regime. L'azione integrale compensa questo errore nel tempo, portandolo idealmente a zero.



# L'azione Integrale

L'azione integrale è definita come:

$$u(t) = K_I \int e(t) dt$$

dove:

- $u(t)$  è l'uscita del regolatore dovuta all'azione integrale,
- $K_I$  è il guadagno integrale,  $K_I = \frac{\text{unità di } u(t)}{\text{unità di } e(t) \times \text{tempo}}$
- $e(t)$  è l'errore tra il setpoint e l'uscita del sistema.

Se il regolatore controlla una temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) con un'uscita in percentuale di apertura di una valvola (%):

$$K_I \quad [\% / (^{\circ}\text{C} \cdot \text{s})]$$

## ✓ Vantaggi:

- Elimina l'errore a regime.
- Migliora la precisione del controllo.

## ✗ Svantaggi:

- Può causare **sovraelongazioni** o oscillazioni se il guadagno integrale è troppo alto.
- Può portare al fenomeno del **wind-up**, in cui l'integrale accumula troppa azione e causa un ritardo nella risposta del sistema.

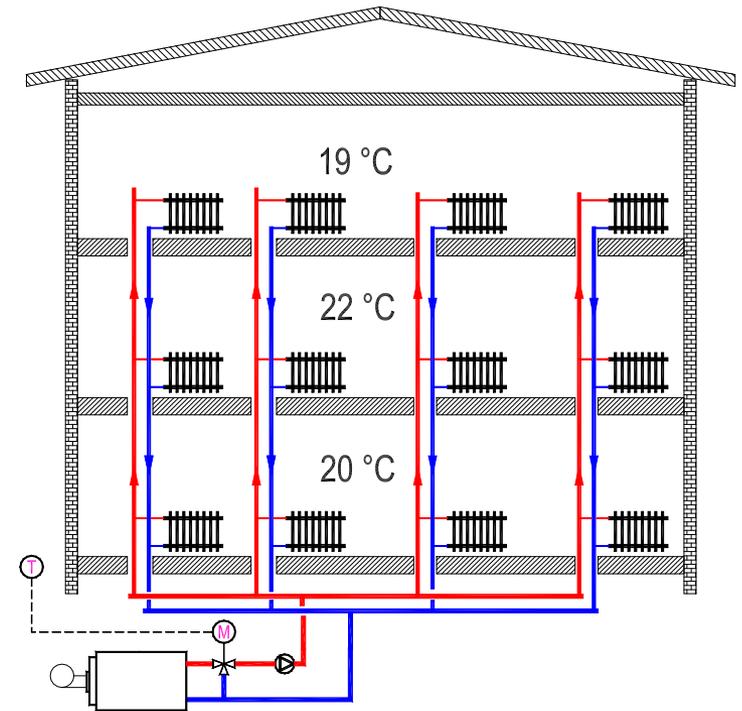
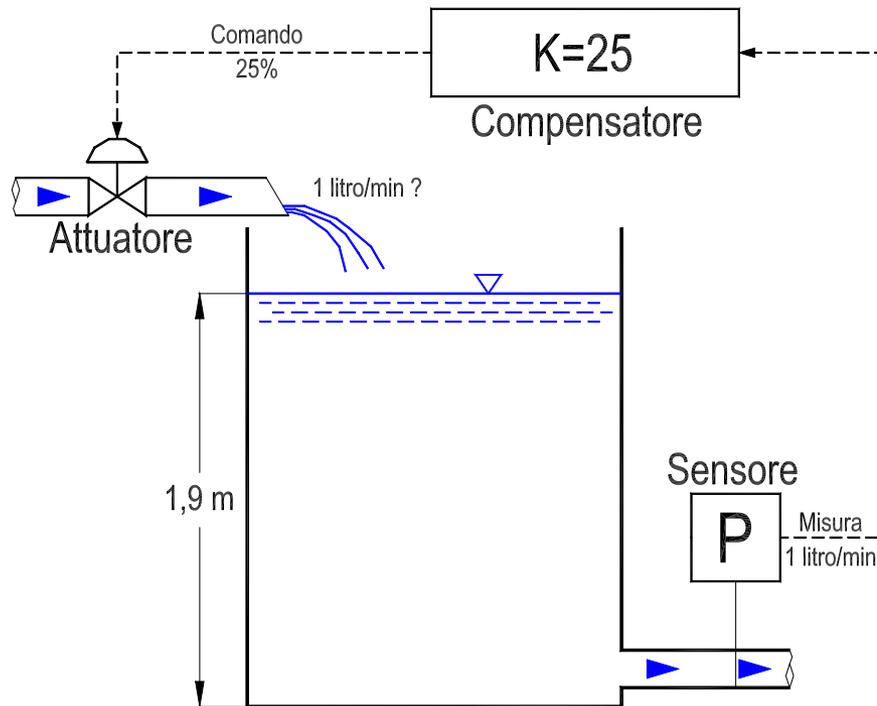
- **Aumentando  $K_I$  si riduce l'intensità dell'azione integrale**
- **Riducendo eccessivamente l'azione integrale ( $K_I$  troppo piccolo) si provoca instabilità come per l'azione proporzionale.**
- L'azione I ha memoria: dipende dalla storia dell'errore.
- L'azione I tiene conto solo della storia passata del sistema

# L'azione Derivativa

- Lo scopo dell'azione derivativa è quello di smorzare le oscillazioni
- L'azione derivativa è proporzionale alla velocità dell'aumento dell'errore.
- Se l'errore sta diminuendo, si produce un aumento del comando.
- Inversamente, se l'errore sta aumentando, si produce subito una riduzione del comando.
- Il comando D è tanto più energico quanto più veloce è l'avvicinamento o l'allontanamento dal set-point.
- L'azione derivativa è espressa come tempo derivativo  $T_v$ :  
Se la velocità di variazione è tale che dopo  $T_v$  l'errore si annullerebbe (o si raddoppierebbe), allora l'azione D è pari all'azione P.  
**Aumentando il tempo  $T_v$  aumenta l'intensità dell'azione derivativa**
- **L'azione derivativa non ha memoria.**
- **L'azione derivativa è basata sul futuro, sulla previsione di comportamento del sistema regolato**

# E la Compensazione cos'è ?

67



La «compensazione» tenta di eliminare l'effetto del (compensare il) disturbo

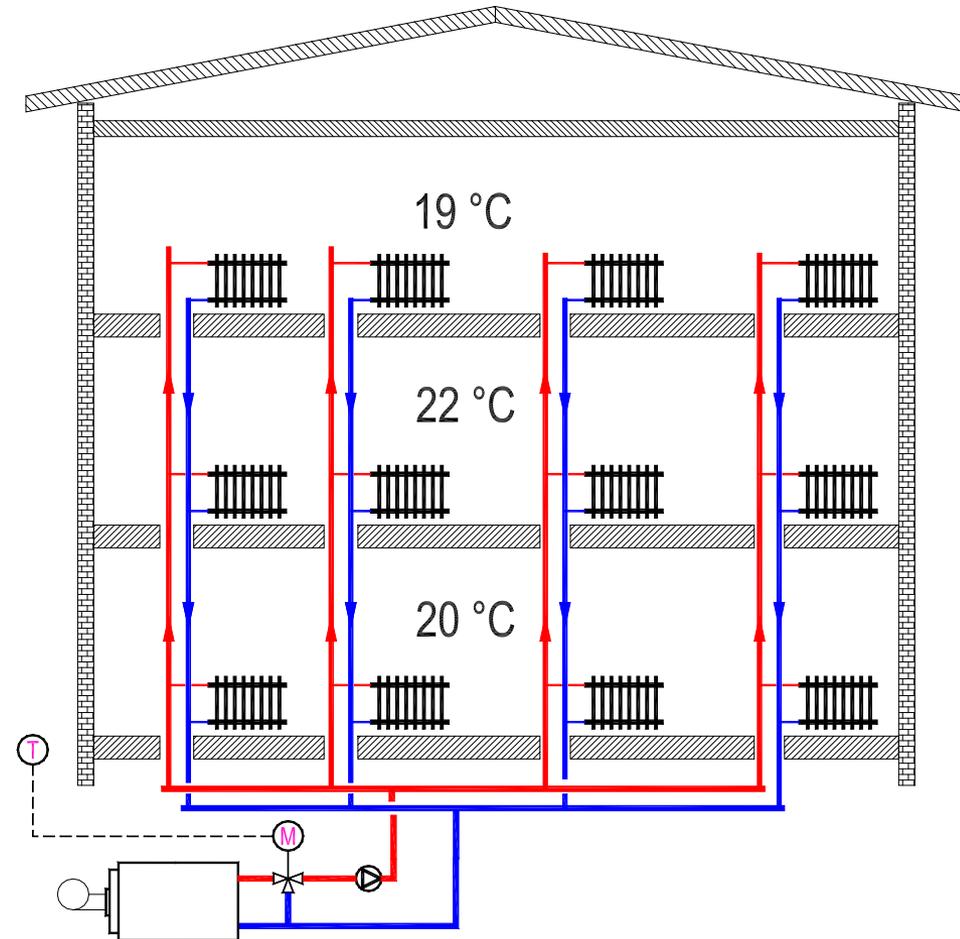
# Centralina climatica con sonda esterna

Le dispersioni aumentano quando la temperatura esterna si abbassa

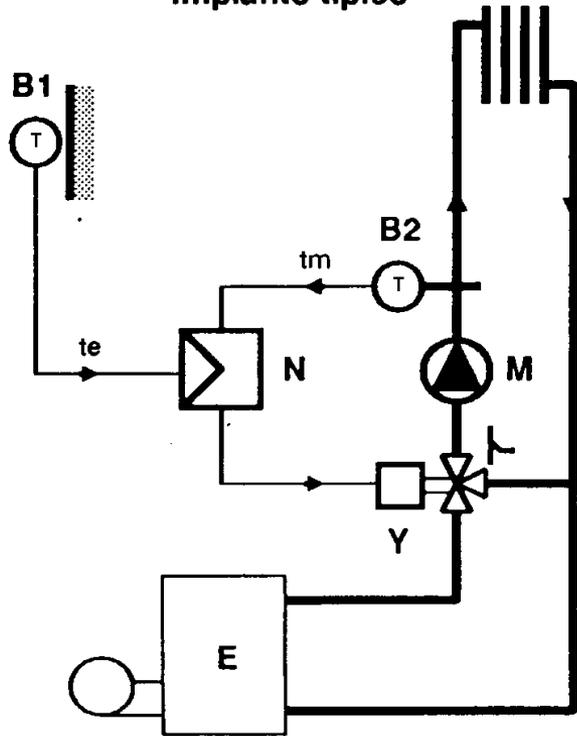
Misuro la temperatura esterna (sonda esterna)

Decido la temperatura di mandata («curva climatica»)

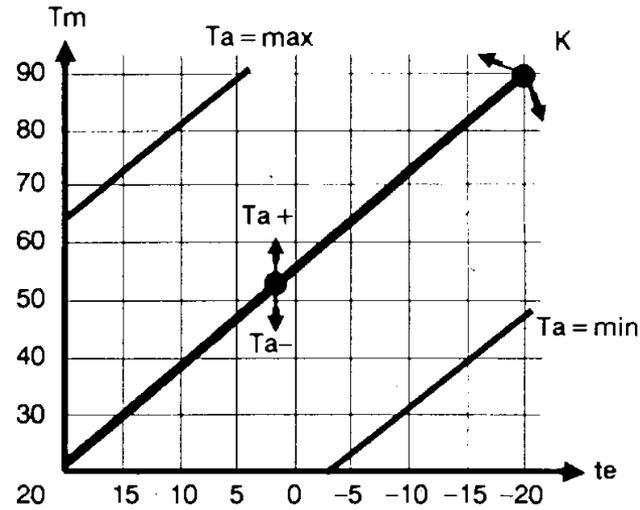
Regolo la temperatura di mandata (valvola miscelatrice)



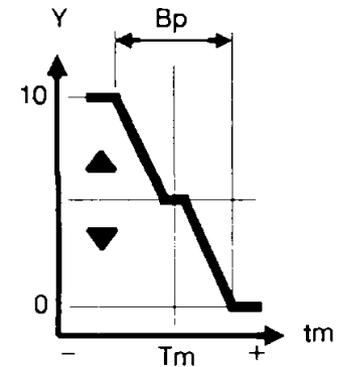
Impianto tipico



Curva di riscaldamento



Comando valvola



- |                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| B1 - Sonda esterna        | Y - Valvola                           |
| B2 - Sonda di mandata     | Ta - Temperatura ambiente richiesta   |
| Bp - Banda proporzionale  | tm - Temperatura di mandata reale     |
| E - Caldaia               | Tm - Temperatura di mandata richiesta |
| M - Pompa di circolazione | te - Temperatura esterna              |
| N - Regolatore RTE 93     |                                       |

# La «centralina climatica»

## • **NON È UN SISTEMA DI REGOLAZIONE ...**

1. *Prima regolazione «a sentimento»*
2. *Ogni utente che ha freddo chiama...*
3. *Si alza la curva climatica = si aumentano i consumi*
4. *Finchè l'utente più freddoloso è soddisfatto*
5. *... e gli altri aprono le finestre*

## • **... MA UN PERFETTO OTTIMIZZATORE DI SPRECHI...**

## • **... QUANDO È USATA DA SOLA ...**

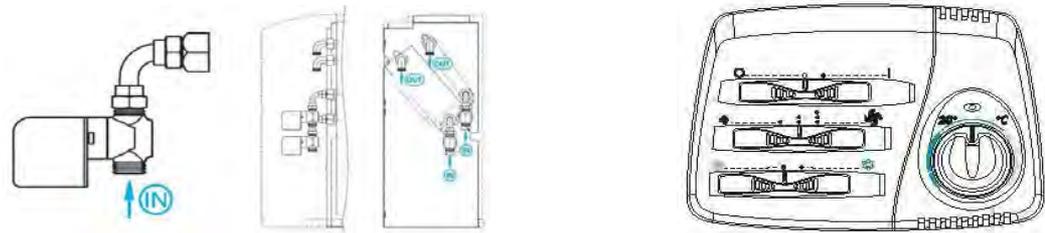
# Rendimento di regolazione : cosa fare

- Il sistema di regolazione deve essere progettato in funzione del tipo di emettitore:



**VENTILCONVETTORI**

## REGOLAZIONE ON-OFF

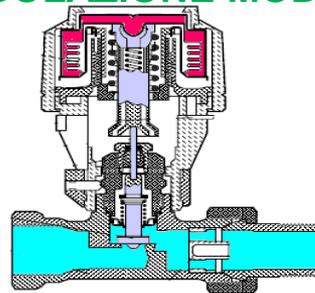


**VALVOLA A DUE VIE + TERMOREGOLATORE**



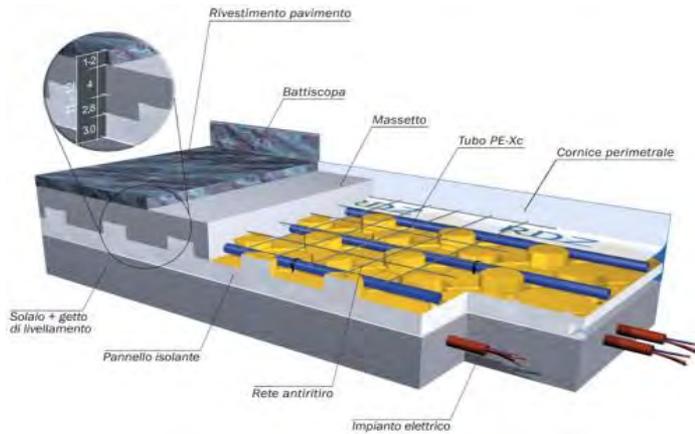
**RADIATORI**

## REGOLAZIONE MODULANTE



**VALVOLA TERMOSTATICA A GAS**

In alternativa termostato ambiente e testina elettrotermica su collettore di distribuzione (meno efficace della valvola elettrotermica per regolazione on-off)

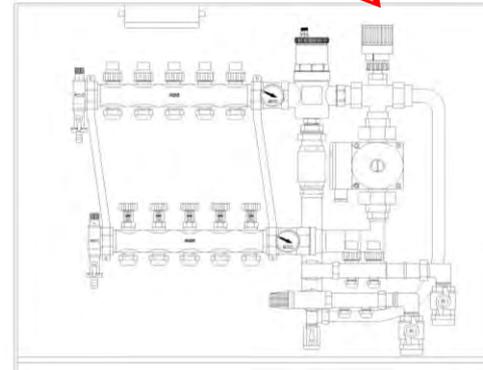


## RISCALDAMENTO A PAVIMENTO

## REGOLAZIONE A PUNTO FISSO E TERMOSTATI AMBIENTE ON-OFF

Sconsigliato a causa della elevata inerzia di risposta del massetto galleggiante decine di minuti. Problemi di comfort ed elevate bande proporzionali di temperatura, meglio impianto a radiatori. Può essere considerato accettabile in applicazioni industriale e terziario

Valvola mix termostatica autoazionata



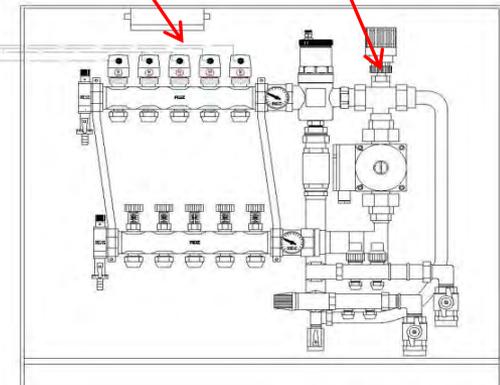
## REGOLAZIONE A PUNTO FISSO

Fortemente sconsigliata, problemi nel mantenimento della temperatura ambiente nei singoli locali, nessun vantaggio su apporti gratuiti, meglio un impianto a radiatori. Potrebbe andare bene in mansarde open space con pochi serramenti e controllo termostatico sulla pompa di circolazione

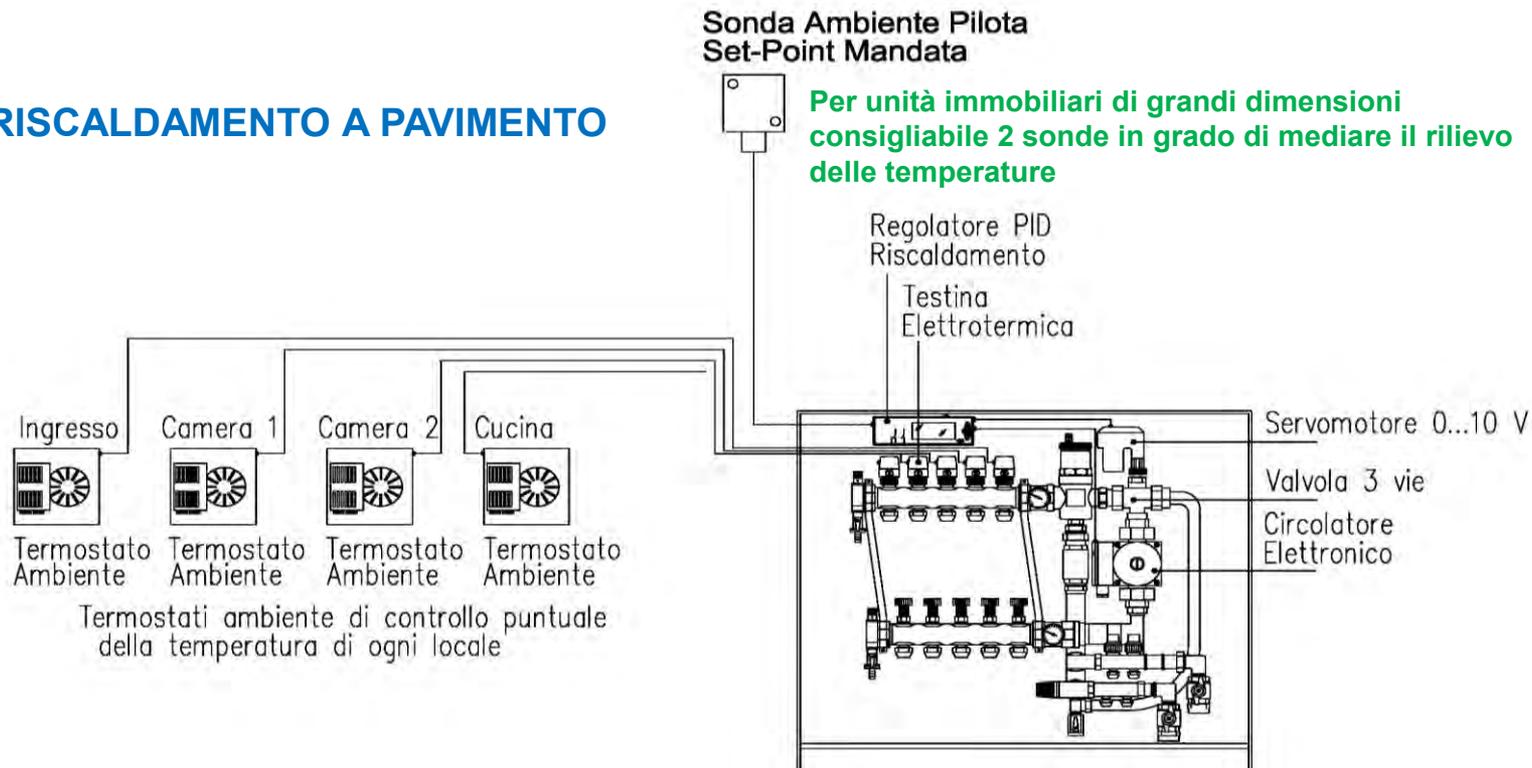
Valvola mix termostatica autoazionata



Testa elettrotermica



## RISCALDAMENTO A PAVIMENTO

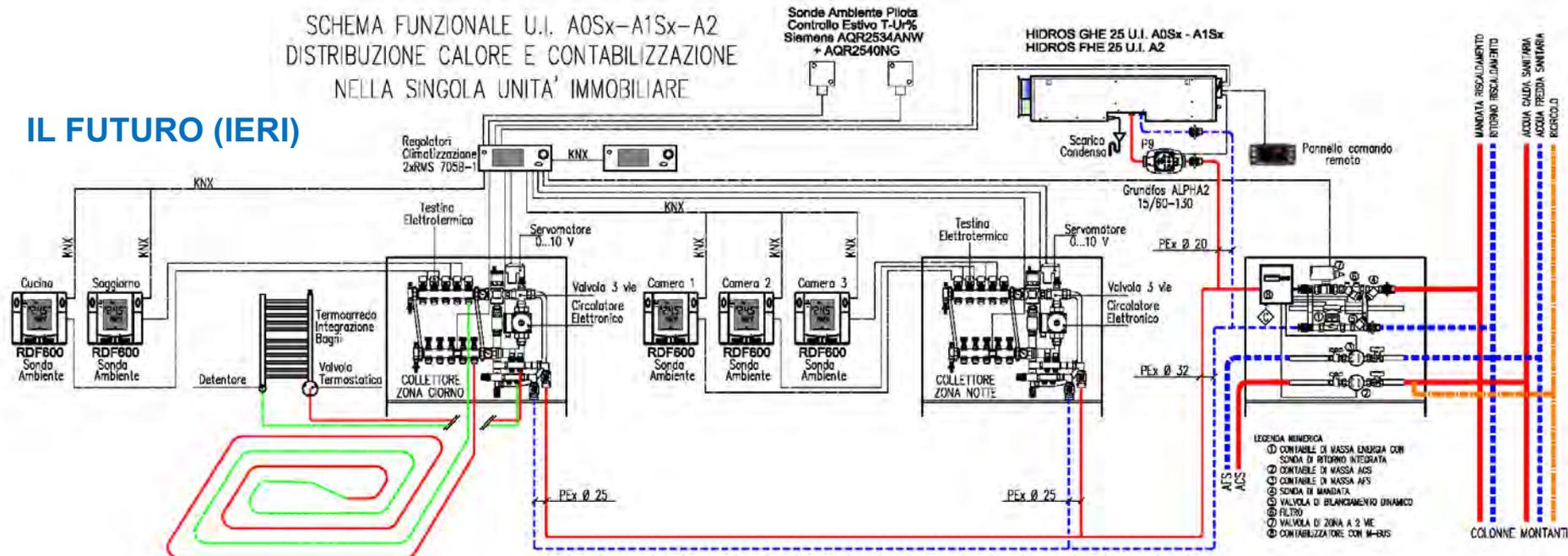


## REGOLAZIONE CON Sonda AMBIENTE, REGOLATORE PID E TERMOSTATI AMBIENTE ON-OFF

Attualmente il miglior compromesso nel rapporto qualità/prezzo della regolazione e tempi di risposta. La sonda pilota e il regolatore PID anticipano le variazioni della temperatura ambiente modificando il SET-POINT della temperatura di mandata al pavimento, le testine elettrotermiche intervengono unicamente in caso di apporti gratuiti da sfruttare

SCHEMA FUNZIONALE U.I. A0Sx-A1Sx-A2  
DISTRIBUZIONE CALORE E CONTABILIZZAZIONE  
NELLA SINGOLA UNITA' IMMOBILIARE

IL FUTURO (IERI)



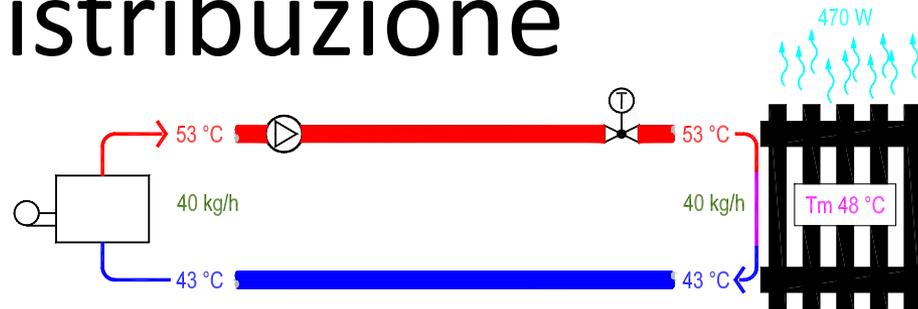
**REGOLAZIONE CON SONDE AMBIENTE CON PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE  
, REGOLATORE PID CON PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE**

Il miglior sistema ai fini dell'ottimizzazione dell'impianto e la qualità della regolazione e dei tempi di risposta. Ogni sonda comunica i propri dati al regolatore PID il quale stabilisce le priorità anticipando le variazioni della temperatura ambiente modificando il SET-POIN della temperatura di mandata al pavimento, le testine elettrotermiche intervengono unicamente in caso di apporti gratuiti da sfruttare o quale limite di massima temperatura

# Circuiti di distribuzione

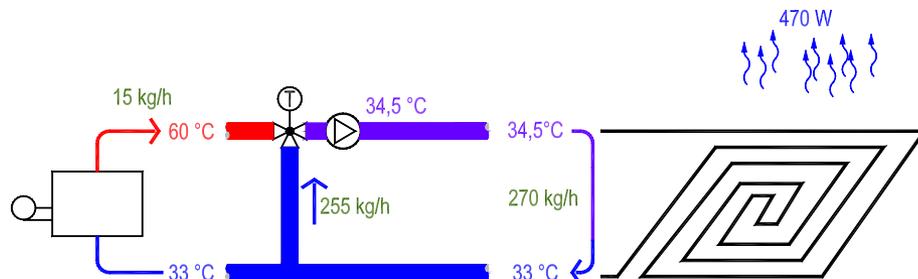
- **Circuito diretto**

*Utilizzato per l'utenza a temperatura più alta*



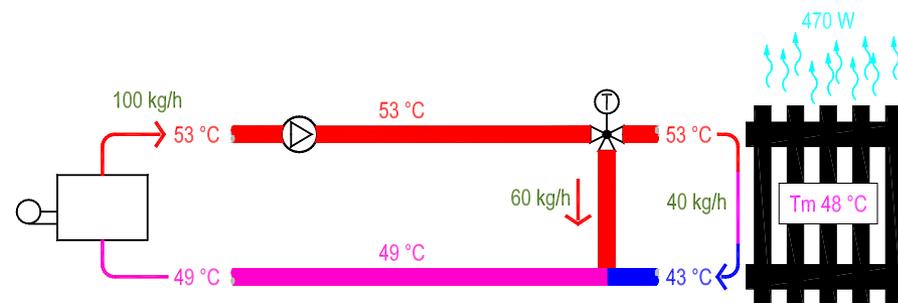
- **Circuito miscelato**

*Utilizzato per le utenze a temperatura inferiore a quella di mandata*



- **Circuito a by-pass**

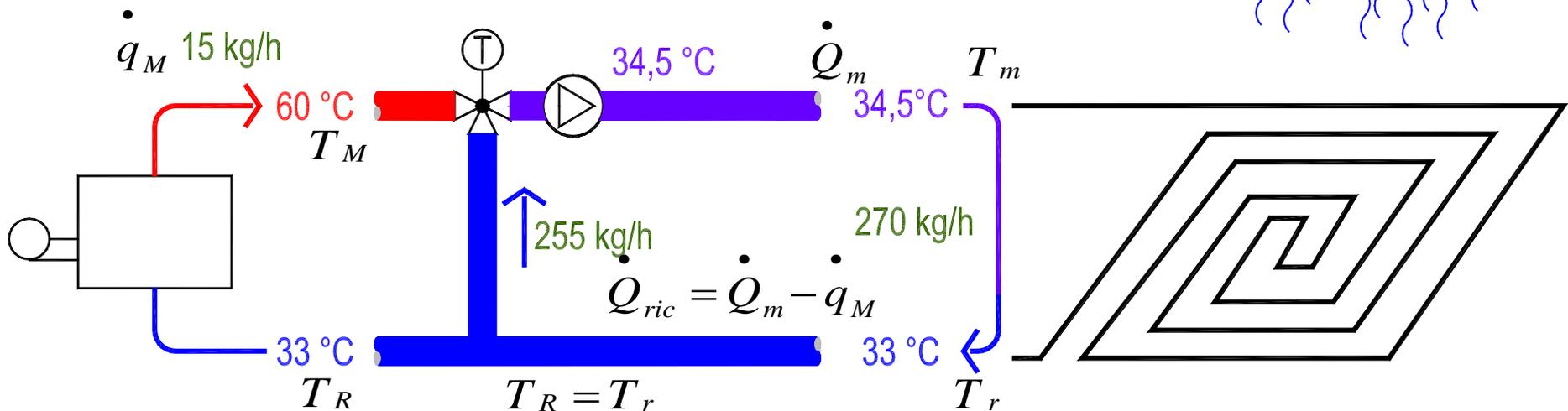
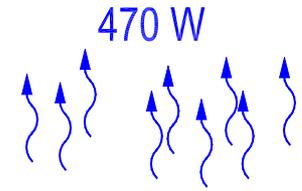
*L'utenza lavora a temperatura di mandata uguale al generatore ed a portata variabile. Utilizzato per garantire la portata (Di rara applicazione).*



## RISCALDAMENTO A PAVIMENTO – CIRCUITO A DISTRIBUZIONE MISCELATO

Quando si interpone una valvola miscelatrice sull'alimentazione di un pannello, come carico per il generatore non c'è più alcuna differenza rispetto ad un radiatore. Anzi il  $\Delta T$  è sicuramente elevato.

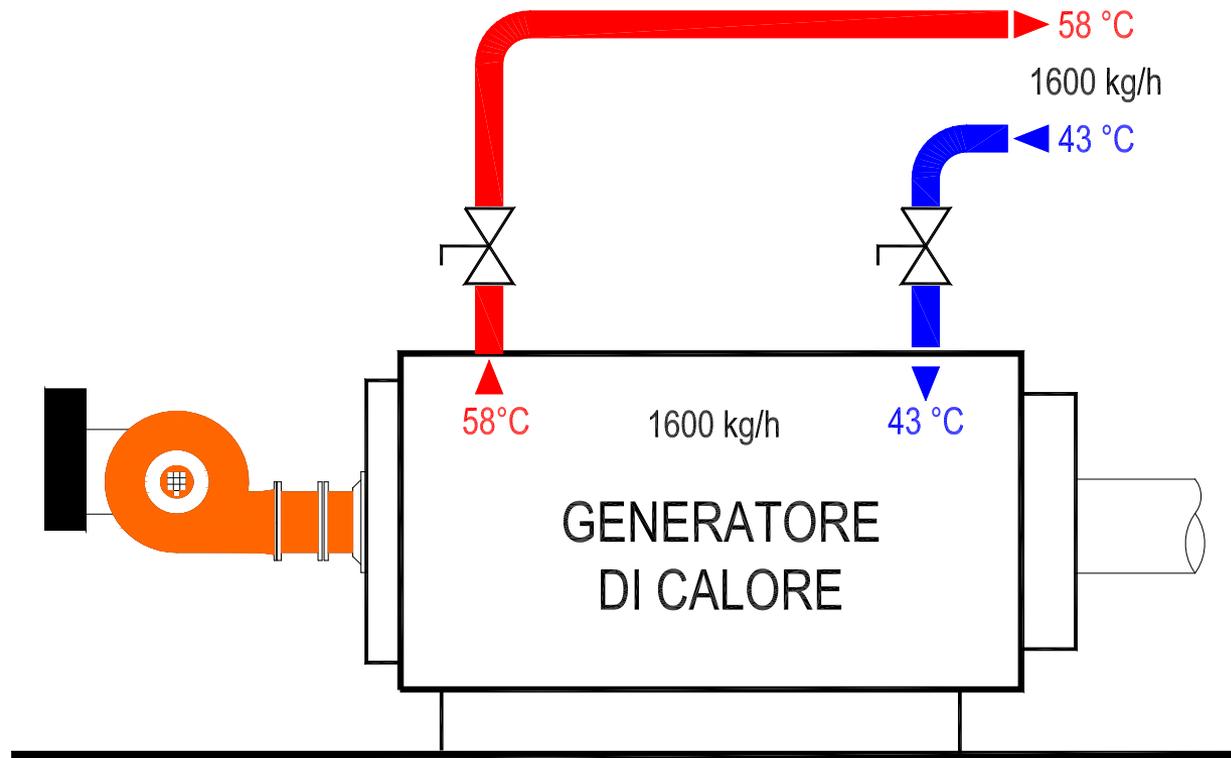
Caso tipico: utenze miste a bassa ed alta temperatura  
(pannelli + scaldasalviette in bagno o acqua calda sanitaria)



$$\dot{q}_M = \frac{\dot{Q}_m (T_m - T_r)}{T_M - T_r}$$

# Circuito di generazione diretto

- CONDENSAZIONE OK: Temperatura e portata sono le stesse di quelle prelevate al collettore dai circuiti di distribuzione collegati

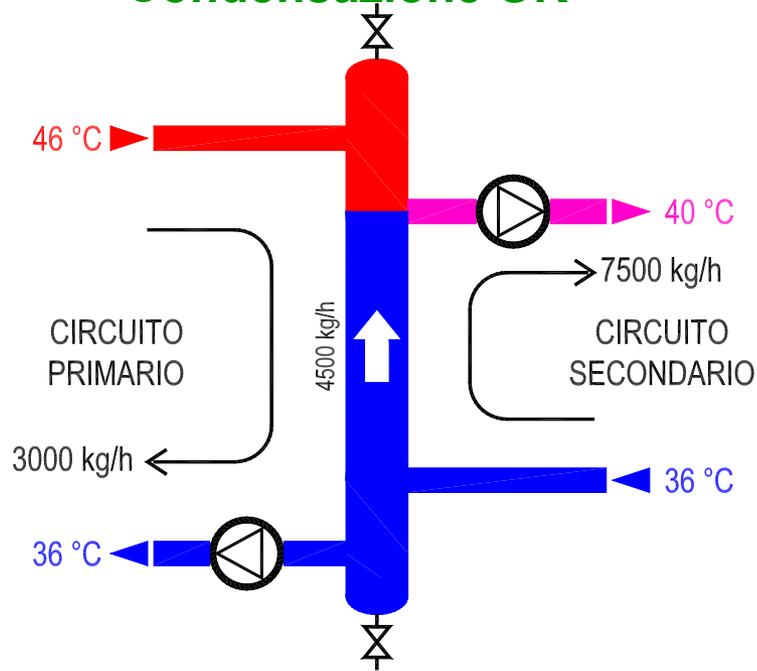


## Effetto del compensatore idraulico sulle temperature

### Circuito secondario a portata elevata

Tipico nel caso di pannelli con connessione diretta

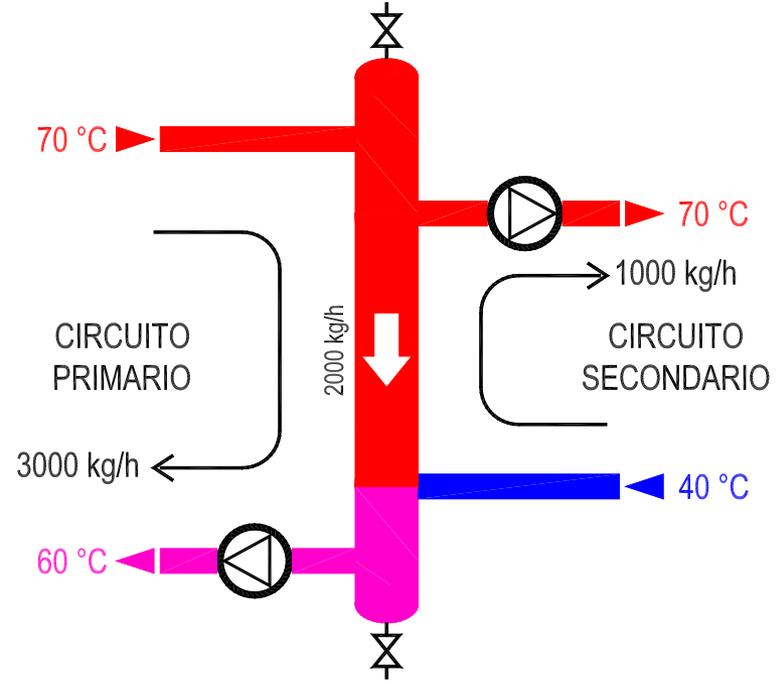
Condensazione OK

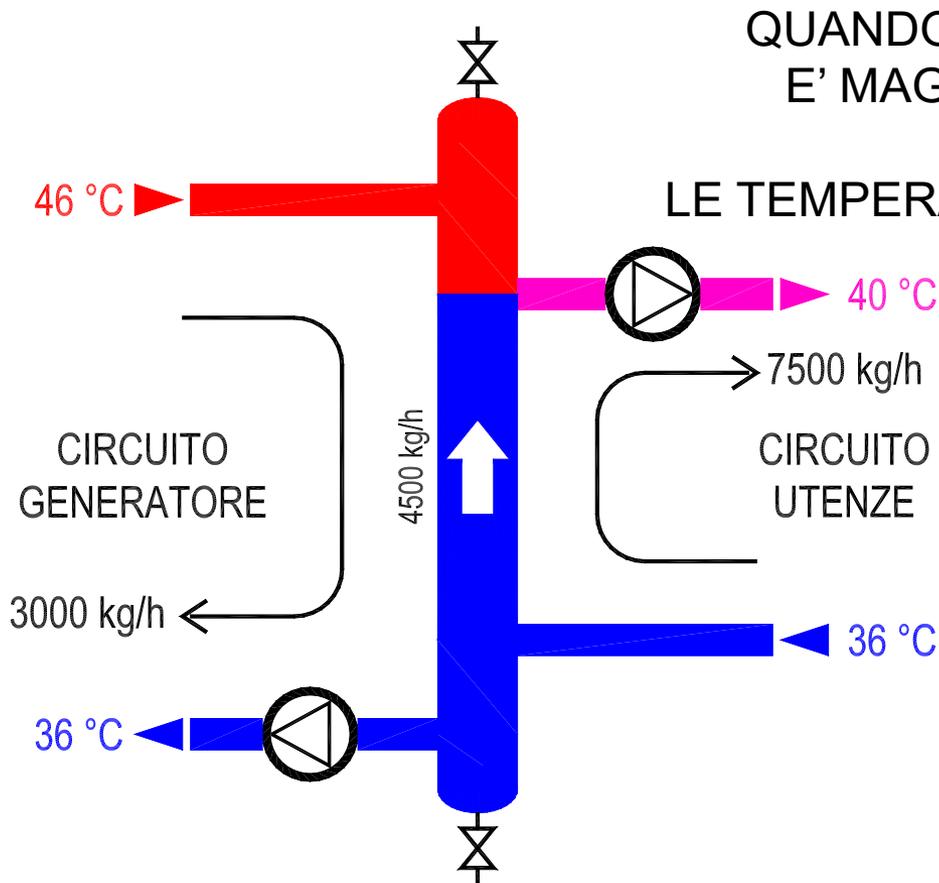


### Circuito secondario a bassa portata

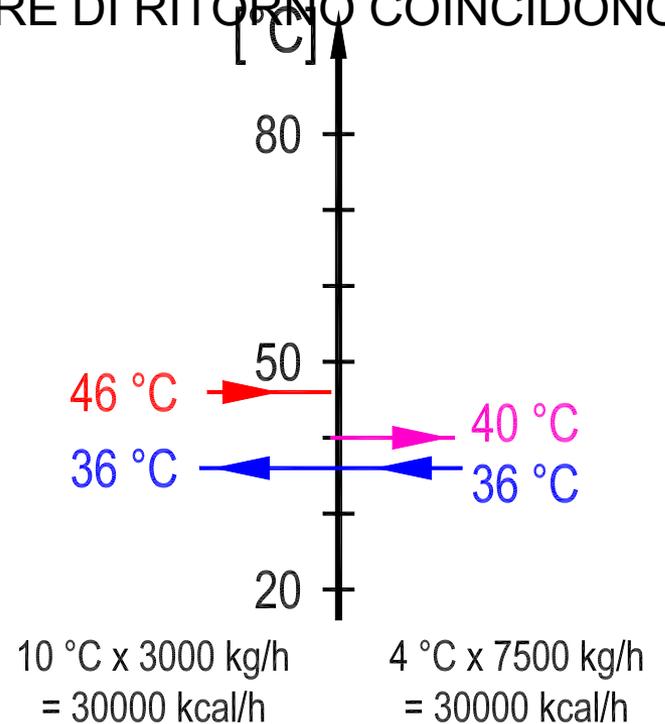
Tipico nel caso di radiatori o pannelli con schema a tre vie

Condensazione KO





QUANDO LA PORTATA NELLE UTENZE  
E' MAGGIORE DELLA PORTATA NEL  
GENERATORE  
LE TEMPERATURE DI RITORNO COINCIDONO

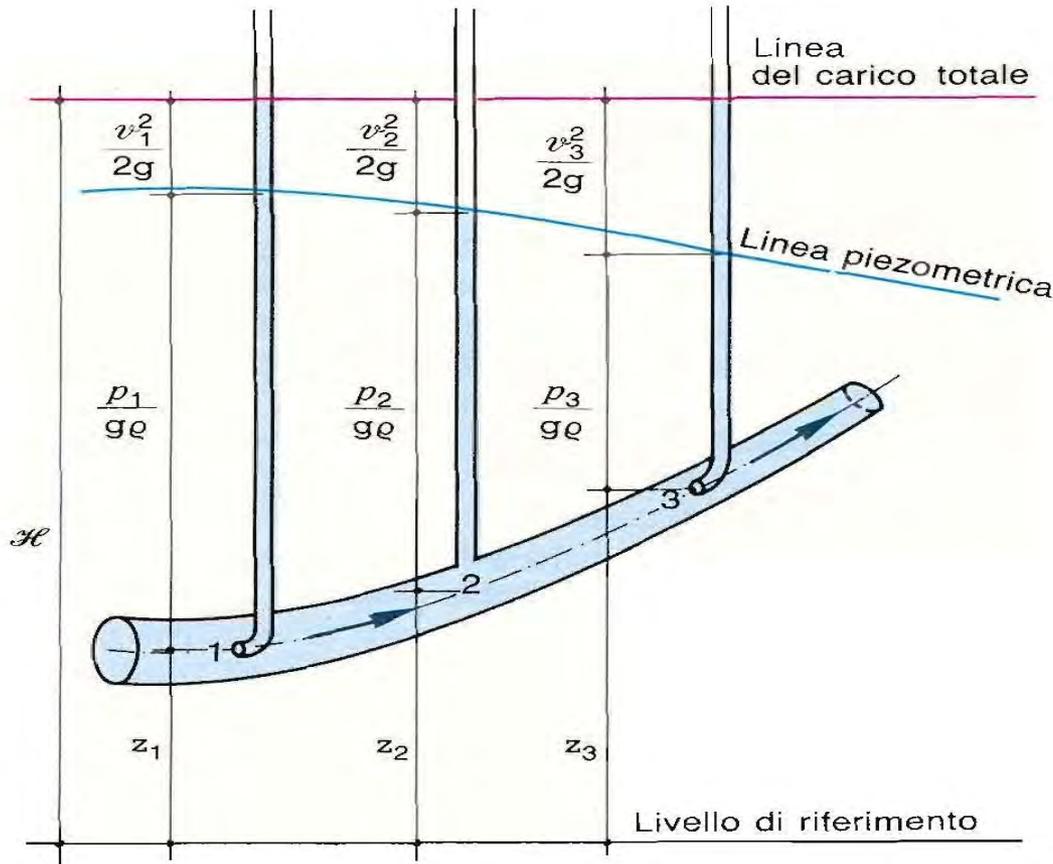


# Calcolo delle perdite di carico

- Scelta del gruppo di pompaggio  
→ per la determinazione della  $\Phi_e$  degli ausiliari
- Verifica del bilanciamento della rete di distribuzione  
→ per il calcolo delle tarature dei sistemi di prerregolazione dove previsti

**NOTA BENE → La determinazione delle perdite di carico si basa sulla conoscenza della portata della rete di distribuzione calcolata a partire dai valori di potenza termica e di salto termico nel circuito**

# Richiami di idraulica



$$\left( Z + \frac{p}{\rho g} \right) + \frac{v^2}{2g} = H$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{Carico cinetico}$$

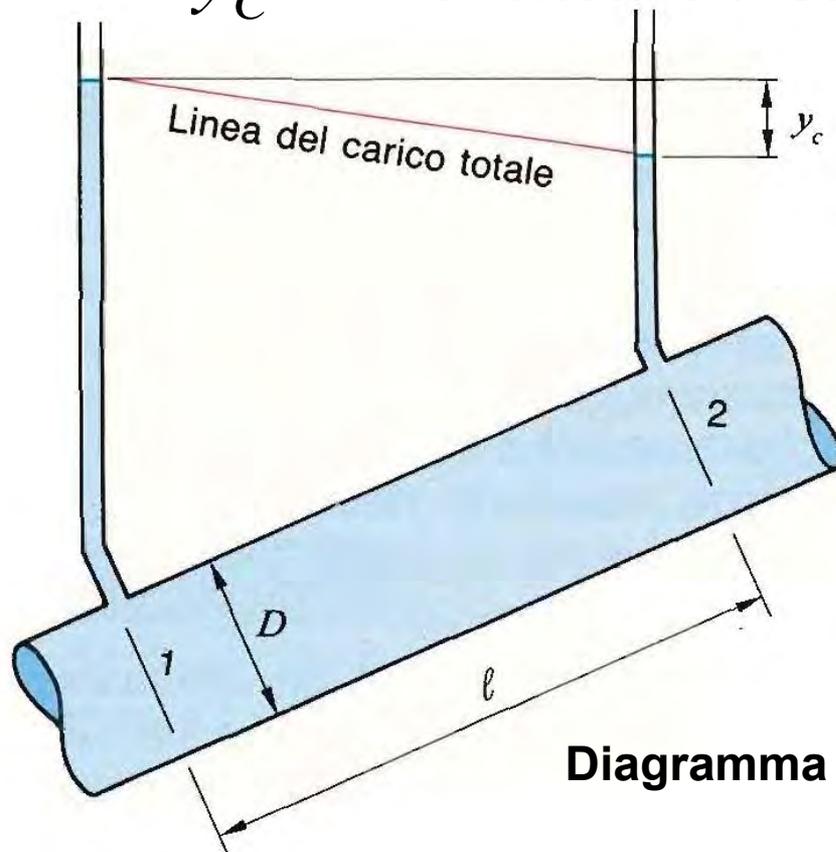
$$\frac{p}{\rho g} = \text{Carico di pressione}$$

$$Z = \text{Carico Geodetico}$$

$$\left( Z + \frac{p}{\rho g} \right) = \text{Carico Piezometrico}$$

**Diagramma del carico totale per il moto di un fluido ideale**

$y_c = \textit{Perdita di carico continua}$



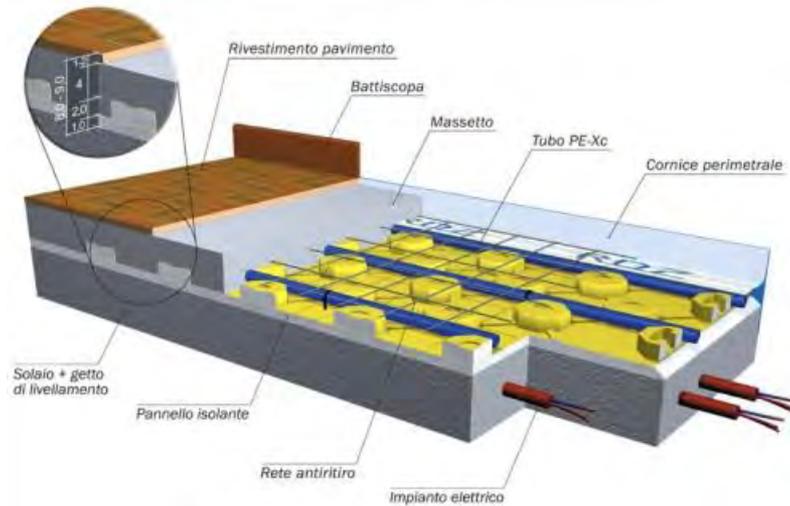
**Fluido reale = Fluido viscoso**

**FORZE DI ATTRITO**

**RICHIESTA CONTINUA DI ENERGIA  
PER IL MANTENIMENTO DEL  
MOTO**

**Diagramma del carico totale per  
il moto di un fluido reale**

## Oltre alle perdite di carico continue abbiamo le perdite di carico concentrate o localizzate $Y_1$

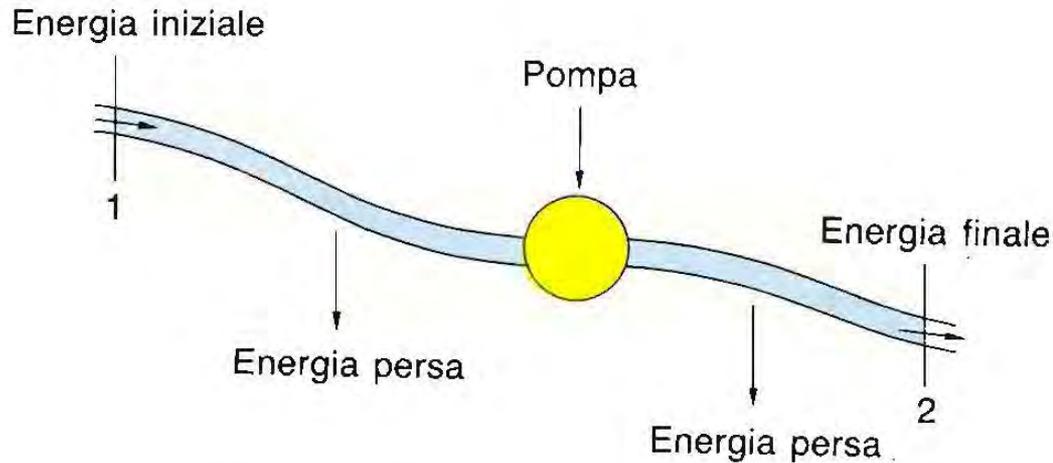


**Y=Carico perso complessivamente a causa della dissipazione di energia per unità di peso operata dal liquido reale nel suo moto lungo il condotto**

$$Y = Y_c + Y_l$$

**Alla perdita di carico totale è associata una caduta di pressione pari a:**

$$\Delta p = \rho g Y$$



$$Y = \left( \frac{p_1}{g\varrho} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right) - \left( \frac{p_2}{g\varrho} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right) + h_p$$

|                                                                                               |   |                                                                                        |   |                                                                               |   |                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------|
| Y                                                                                             | = | $\left( \frac{p_1}{g\varrho} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right)$                         | - | $\left( \frac{p_2}{g\varrho} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right)$                | + | $h_p$                                                                  |
| Perdita di energia per unità di peso dovuta all'attrito e alla separazione della corrente [m] |   | Energia totale per unità di peso che entra attraverso la sezione 1 $\mathcal{H}_1$ [m] |   | Energia totale per unità di peso che esce dalla sezione 2 $\mathcal{H}_2$ [m] |   | Energia per unità di peso fornita dalla pompa tra le sezioni 1 e 2 [m] |

# Esempio di gruppi di pompaggio



**Elettropompe in linea a giri fissi  
(di norma a 1400 rpm)**



**Elettropompa a giri variabili  
(inverter)**



**Elettropompa plurivelocità  
(di norma a 3 velocità  
hanno le ore contate)**

$$y_c = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g}$$

**Equazione di Darcy & Weisbach**

$\lambda$ =Fattore di attrito

$$\zeta_a = \lambda \frac{l}{D}$$

$\zeta_a$ = **Coefficiente di resistenza di attrito**

$$y_c = \zeta_a \frac{v^2}{2g}$$

- Il fattore di attrito  $\lambda$  dipende dal tipo di regime del fluido all'interno di un condotto (laminare o turbolento)
- Il parametro che discrimina un moto laminare da un moto turbolento è definito dal numero di Reynolds

$$R = \frac{\rho D v}{\mu} = \frac{D v}{\nu}$$

Per numeri di Reynold  $< 2000$  ci si trova nel campo di moto laminare (acqua)

$$\lambda = \frac{64}{R}$$

Per numeri di Reynolds  $> 2000$  per la determinazione del fattore di attrito si utilizza la relazione di Colebroock attraverso calcolo interattivo

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \text{Log} \left( \frac{\varepsilon / D}{3,7} + \frac{2,51}{R\sqrt{\lambda}} \right)$$

Le due relazioni per la determinazione del fattore di attrito vengono riassunte nel diagramma di Moody

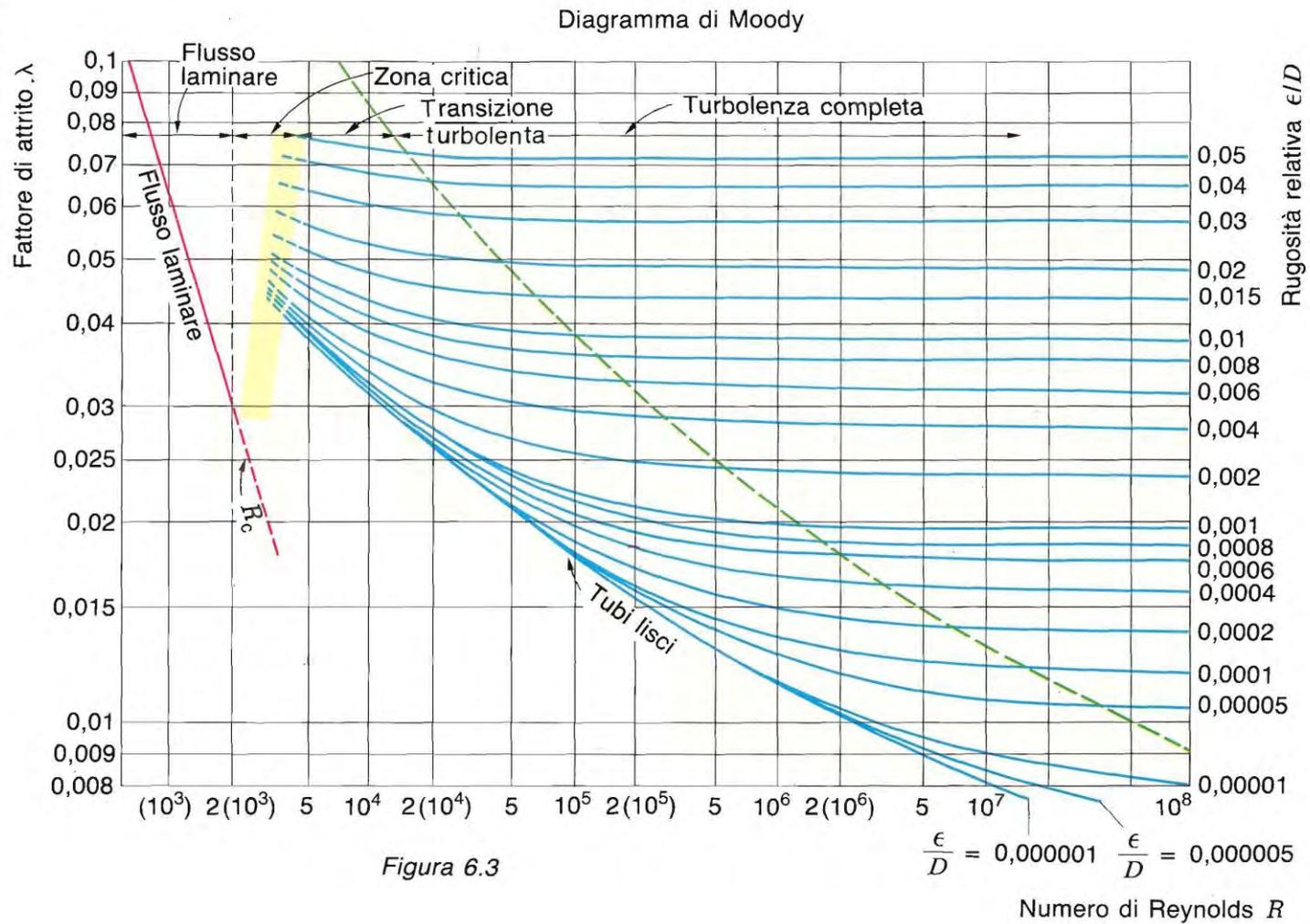


Figura 6.3

• **ATTENZIONE** ALLA SCELTA DEL DIAMETRO DI UNA TUBAZIONE

$$\Delta P_c = \rho g y_c = \rho g \left( \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \right)$$

$$\frac{\Delta P_c}{l} = \lambda \frac{\rho}{D} \frac{v^2}{2} \quad \text{poichè } v = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{4\dot{Q}}{\pi D^2}$$

$$\frac{\Delta P_c}{l} = \lambda \frac{\rho}{D} \frac{1}{2} \left( \frac{4\dot{Q}}{\pi D^2} \right)^2 = \lambda \frac{8\rho}{\pi^2} \frac{\dot{Q}^2}{D^5}$$

**ATTENZIONE**

# POTENZA NETTA NECESSARIA AL FLUIDO PER IL MANTENIMENTO DELLA PORTATA NOMINALE A CAUSA DELLE PERDITE DI CARICO

$$W_{H_2O} = \dot{Q} \times \Delta p$$

$\dot{Q}$  Portata in m<sup>3</sup>/s  
 $\Delta p$  Perdita di carico in Pa  
 $W_{H_2O}$  Potenza in Watt

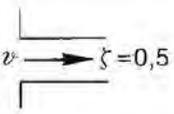
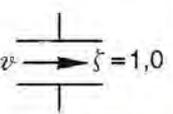
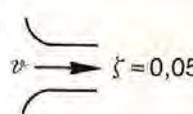
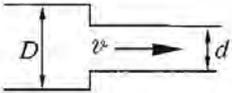
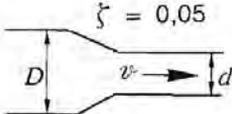
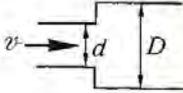
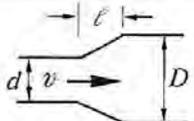
## POTENZA DEL GRUPPO DI POMPAGGIO

$$W_p = \frac{W_{H_2O}}{\eta_p}$$

# Perdite di carico localizzate

$$y_l = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

Dove  $\zeta$  si definisce coefficiente di resistenza localizzata ed assume valori che dipendono dalla tipologia dell'ostruzione

| Ingresso a spigolo vivo<br>                                     | Tubo che si prolunga all'interno<br>                                                                                                                                                                                                                 | Ingresso arrotondato<br> |          |      |      |      |      |      |      |         |          |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|---------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Restringimento brusco<br>                                       | <table border="1"> <thead> <tr> <th>D/d</th> <th>1,5</th> <th>2,0</th> <th>2,5</th> <th>3,0</th> <th>3,5</th> <th>4,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th><math>\zeta</math></th> <td>0,28</td> <td>0,36</td> <td>0,40</td> <td>0,42</td> <td>0,44</td> <td>0,45</td> </tr> </tbody> </table>                                         |                                                                                                             | D/d      | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  | $\zeta$ | 0,28     | 0,36 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,45 |      |      |
| D/d                                                                                                                                              | 1,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2,0                                                                                                         | 2,5      | 3,0  | 3,5  | 4,0  |      |      |      |         |          |      |      |      |      |      |      |      |
| $\zeta$                                                                                                                                          | 0,28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,36                                                                                                        | 0,40     | 0,42 | 0,44 | 0,45 |      |      |      |         |          |      |      |      |      |      |      |      |
| Riduzione graduale<br>                                         | Allargamento brusco<br>$\zeta = [(1 - (d/D))^2]^2$<br>                                                                                                                                                                                             |                                                                                                             |          |      |      |      |      |      |      |         |          |      |      |      |      |      |      |      |
| Allargamento graduale<br>$\zeta = \zeta' [1 - (d/D)^2]^2$<br> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>(D-d)/2l</th> <th>0,05</th> <th>0,10</th> <th>0,20</th> <th>0,30</th> <th>0,40</th> <th>0,50</th> <th>0,80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th><math>\zeta'</math></th> <td>0,14</td> <td>0,20</td> <td>0,47</td> <td>0,76</td> <td>0,95</td> <td>1,05</td> <td>1,10</td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                                             | (D-d)/2l | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,80    | $\zeta'$ | 0,14 | 0,20 | 0,47 | 0,76 | 0,95 | 1,05 | 1,10 |
| (D-d)/2l                                                                                                                                         | 0,05                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,10                                                                                                        | 0,20     | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,80 |      |      |         |          |      |      |      |      |      |      |      |
| $\zeta'$                                                                                                                                         | 0,14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,20                                                                                                        | 0,47     | 0,76 | 0,95 | 1,05 | 1,10 |      |      |         |          |      |      |      |      |      |      |      |
| Perdita di uscita (a spigoli vivi, prolungato, arrotondato), $\zeta = 1,0$                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                             |          |      |      |      |      |      |      |         |          |      |      |      |      |      |      |      |

IL COEFFICIENTE TOTALE DI ATTRITO SI  
PUO' QUINDI DEFINIRE COME

$$Z = \zeta_a + \sum \zeta$$

La perdita totale di carico diventa pertanto

$$Y = Z \frac{v^2}{2g}$$

Conoscendo la somma di  $\Sigma l_e$  di tutte le lunghezze equivalenti è associate alle diverse ostruzioni è possibile calcolare la perdita di carico totale attraverso un tubo di diametro  $D$  e di lunghezza  $l$  con la seguente relazione.

$$Y = \lambda \frac{\left( l + \sum l_e \right) v^2}{D \quad 2g}$$

**Chi ci fornisce l'informazione relativa alla perdita di carico di un dispositivo ?**

**(per i tubi siamo capaci di risolvere il problema da soli)**

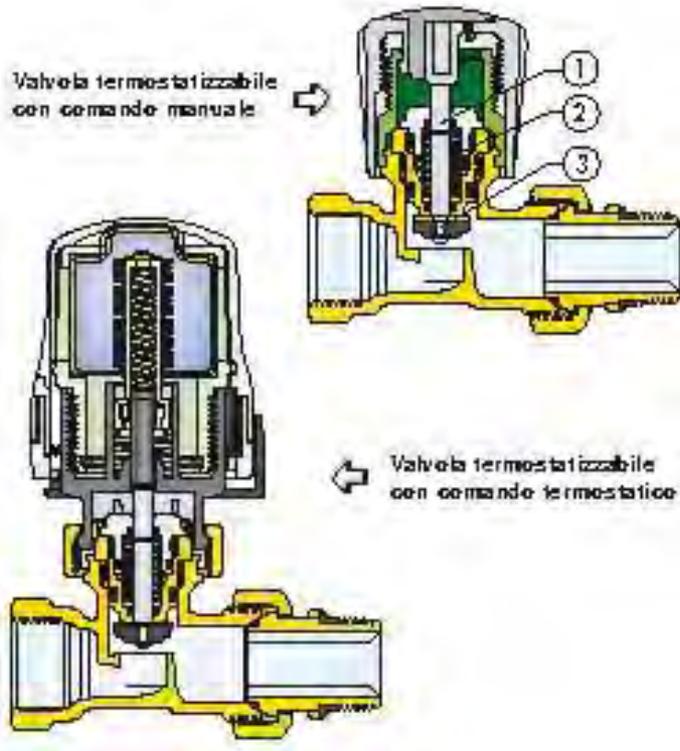


**PERDITA DI CARICO ???**

I produttori di componenti hanno uniformato l'informazione delle perdite di carico fornendo il valore della portata caratteristica di un dispositivo  $K_{vs}$  in posizione di completa apertura espressa in  $m^3/h$  che genera una perdita di carico pari a 100 kPa (1 bar – 10 m<sub>c.a.</sub>)

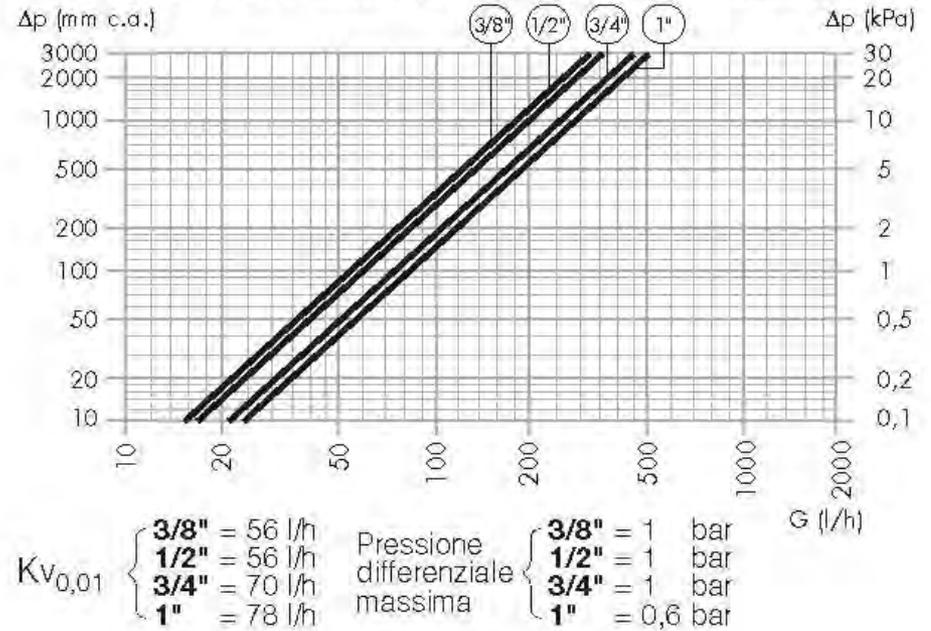
$$\Delta p = \frac{\dot{Q}^2}{K_{vs}^2} \times 10$$

Dove  $Q=m^3/h$      $\Delta p=m.C.a.$



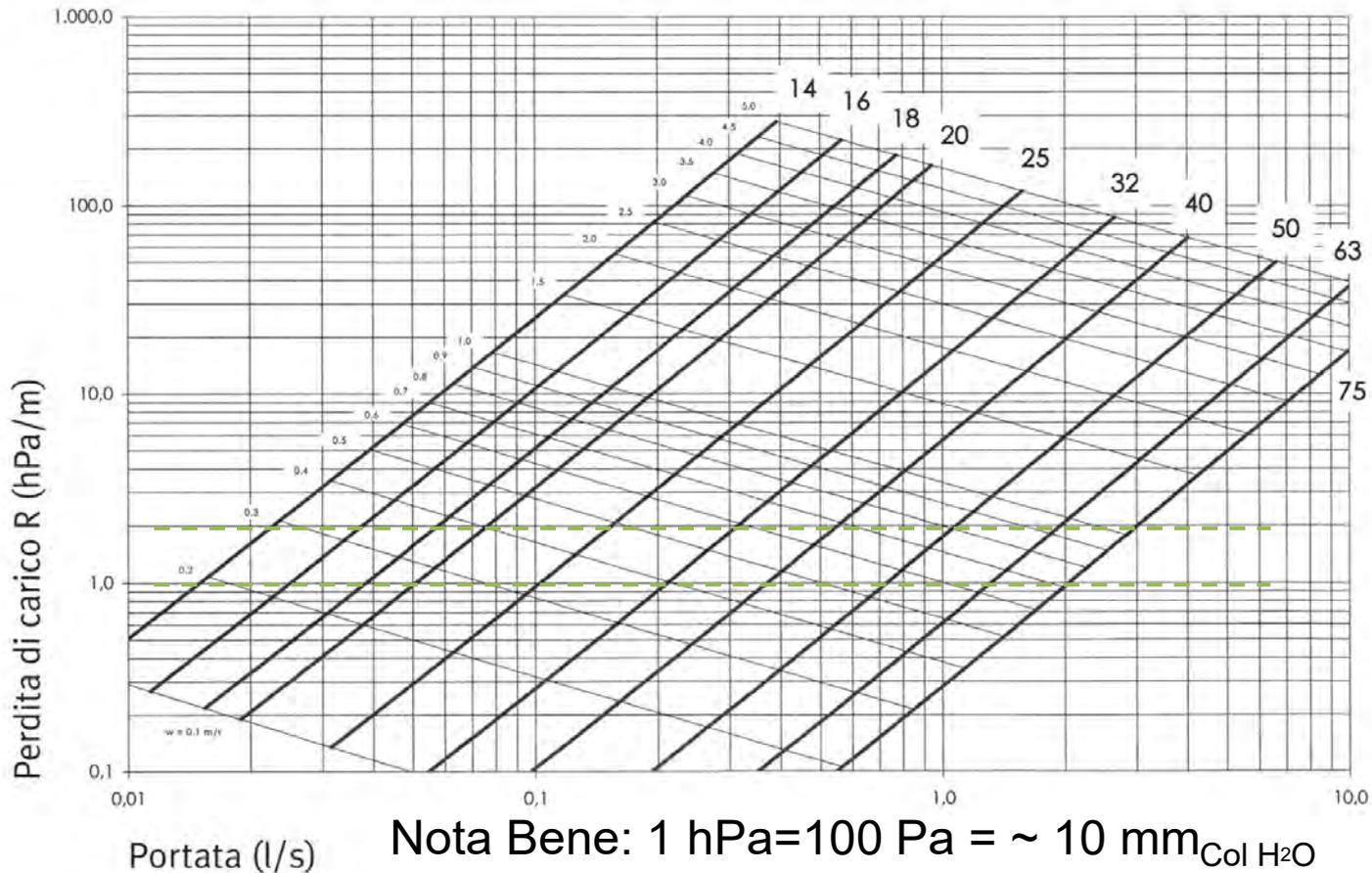
### Caratteristiche idrauliche

Valvole termostaticizzabili con attacchi a squadra, serie 338 e serie 401 con regolazione termostatica, banda proporzionale 2K



## GRAFICO DELLE PERDITE DI CARICO

# Perdita di carico nelle tubazioni multistrato



| Dimensione<br>Nominal size          | Diametro esterno x spessore - Pipe outside diameter x wall thickness |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |       |        |       |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-------|--------|-------|
|                                     | 12 x 1,2                                                             |        | 15 x 1,2 |        | 18 x 1,2 |        | 22 x 1,5 |        | 28 x 1,5 |        | 35 x 1,5 |        |       |        |       |
| d <sub>e</sub> x s / OD x t [mm]    | 9.6                                                                  |        | 12.6     |        | 15.6     |        | 19       |        | 25       |        | 32       |        |       |        |       |
| d <sub>i</sub> / ID [mm]            | 9.6                                                                  |        | 12.6     |        | 15.6     |        | 19       |        | 25       |        | 32       |        |       |        |       |
| Perdite di carico<br>Pressure drops | R                                                                    |        | ṁ        |        | v        |        | ṁ        |        | v        |        | ṁ        |        | v     |        |       |
| R<br>[Pa/m]                         | ṁ                                                                    | v      | ṁ        | v      | ṁ        | v      | ṁ        | v      | ṁ        | v      | ṁ        | v      | ṁ     | v      |       |
| [kg/h]                              | [m/s]                                                                | [kg/h] | [m/s]    | [kg/h] | [m/s]    | [kg/h] | [m/s]    | [kg/h] | [m/s]    | [kg/h] | [m/s]    | [kg/h] | [m/s] | [kg/h] | [m/s] |
| 29                                  | 29                                                                   | 0,11   | 61       | 0,14   | 109      | 0,16   | 187      | 0,19   | 393      | 0,23   | 766      | 0,27   |       |        |       |
| 32                                  | 30                                                                   | 0,12   | 64       | 0,15   | 115      | 0,17   | 197      | 0,21   | 414      | 0,24   | 807      | 0,29   |       |        |       |
| 35                                  | 32                                                                   | 0,13   | 67       | 0,15   | 121      | 0,18   | 207      | 0,21   | 435      | 0,25   | 847      | 0,30   |       |        |       |
| 39                                  | 34                                                                   | 0,13   | 72       | 0,16   | 128      | 0,19   | 219      | 0,22   | 461      | 0,27   | 898      | 0,32   |       |        |       |
| 44                                  | 36                                                                   | 0,14   | 77       | 0,17   | 137      | 0,21   | 234      | 0,24   | 493      | 0,29   | 958      | 0,34   |       |        |       |
| 49                                  | 39                                                                   | 0,15   | 81       | 0,19   | 146      | 0,22   | 249      | 0,25   | 522      | 0,3    | 1.016    | 0,36   |       |        |       |
| 54                                  | 41                                                                   | 0,16   | 86       | 0,2    | 154      | 0,23   | 262      | 0,26   | 551      | 0,32   | 1.070    | 0,38   |       |        |       |
| 59                                  | 43                                                                   | 0,17   | 90       | 0,2    | 161      | 0,24   | 275      | 0,28   | 578      | 0,34   | 1.123    | 0,40   |       |        |       |
| 64                                  | 45                                                                   | 0,18   | 94       | 0,22   | 169      | 0,25   | 288      | 0,29   | 604      | 0,35   | 1.173    | 0,42   |       |        |       |
| 69                                  | 47                                                                   | 0,18   | 98       | 0,23   | 176      | 0,26   | 300      | 0,3    | 629      | 0,37   | 1.222    | 0,43   |       |        |       |
| 74                                  | 49                                                                   | 0,19   | 102      | 0,23   | 183      | 0,27   | 312      | 0,31   | 654      | 0,38   | 1.269    | 0,46   |       |        |       |
| 78                                  | 50                                                                   | 0,2    | 106      | 0,24   | 189      | 0,28   | 323      | 0,33   | 678      | 0,4    | 1.315    | 0,47   |       |        |       |
| 88                                  | 54                                                                   | 0,21   | 113      | 0,26   | 202      | 0,3    | 345      | 0,35   | 723      | 0,42   | 1.402    | 0,50   |       |        |       |
| 96                                  | 57                                                                   | 0,23   | 120      | 0,28   | 215      | 0,32   | 366      | 0,37   | 766      | 0,45   | 1.485    | 0,53   |       |        |       |
| 108                                 | 60                                                                   | 0,24   | 127      | 0,29   | 226      | 0,34   | 386      | 0,39   | 807      | 0,47   | 1.565    | 0,56   |       |        |       |
| 118                                 | 62                                                                   | 0,25   | 133      | 0,31   | 238      | 0,36   | 405      | 0,41   | 846      | 0,49   | 1.640    | 0,58   |       |        |       |
| 128                                 | 66                                                                   | 0,26   | 140      | 0,32   | 248      | 0,37   | 423      | 0,43   | 884      | 0,52   | 1.713    | 0,61   |       |        |       |
| 137                                 | 69                                                                   | 0,27   | 145      | 0,33   | 259      | 0,39   | 440      | 0,44   | 921      | 0,54   | 1.783    | 0,63   |       |        |       |
| 147                                 | 72                                                                   | 0,28   | 151      | 0,35   | 269      | 0,4    | 457      | 0,46   | 956      | 0,56   | 1.851    | 0,66   |       |        |       |
| 157                                 | 75                                                                   | 0,29   | 156      | 0,36   | 279      | 0,42   | 474      | 0,48   | 990      | 0,58   | 1.916    | 0,68   |       |        |       |
| 167                                 | 77                                                                   | 0,3    | 162      | 0,37   | 288      | 0,43   | 490      | 0,49   | 1.023    | 0,6    | 1.980    | 0,70   |       |        |       |
| 177                                 | 80                                                                   | 0,31   | 167      | 0,38   | 297      | 0,45   | 505      | 0,51   | 1.056    | 0,62   | 2.042    | 0,73   |       |        |       |
| 186                                 | 82                                                                   | 0,32   | 167      | 0,39   | 306      | 0,46   | 521      | 0,53   | 1.087    | 0,63   | 2.102    | 0,75   |       |        |       |
| 196                                 | 85                                                                   | 0,33   | 172      | 0,41   | 315      | 0,47   | 535      | 0,54   | 1.118    | 0,66   | 2.161    | 0,77   |       |        |       |
| 216                                 | 89                                                                   | 0,35   | 186      | 0,43   | 332      | 0,5    | 564      | 0,57   | 1.177    | 0,69   | 2.275    | 0,81   |       |        |       |
| 235                                 | 94                                                                   | 0,37   | 196      | 0,45   | 348      | 0,52   | 591      | 0,6    | 1.234    | 0,72   | 2.384    | 0,85   |       |        |       |
| 255                                 | 98                                                                   | 0,39   | 204      | 0,47   | 364      | 0,54   | 618      | 0,62   | 1.288    | 0,75   | 2.488    | 0,89   |       |        |       |
| 275                                 | 102                                                                  | 0,4    | 213      | 0,49   | 379      | 0,57   | 643      | 0,65   | 1.341    | 0,78   | 2.589    | 0,92   |       |        |       |
| 294                                 | 106                                                                  | 0,42   | 221      | 0,51   | 394      | 0,59   | 668      | 0,67   | 1.391    | 0,81   | 2.687    | 0,96   |       |        |       |
| 324                                 | 112                                                                  | 0,44   | 233      | 0,53   | 414      | 0,62   | 703      | 0,71   | 1.464    | 0,85   | 2.827    | 1,00   |       |        |       |

| Dimensione<br>Nominal size          | Pipe outside diameter x wall thickness |        |          |        |       |       |
|-------------------------------------|----------------------------------------|--------|----------|--------|-------|-------|
|                                     | 42 x 1,5                               |        | 54 x 1,5 |        |       |       |
| d <sub>e</sub> x s / OD x t [mm]    | 39.0                                   |        | 51.0     |        |       |       |
| d <sub>i</sub> / ID [mm]            | 39.0                                   |        | 51.0     |        |       |       |
| Perdite di carico<br>Pressure drops | R                                      |        | ṁ        |        | v     |       |
| R<br>[Pa/m]                         | ṁ                                      | v      | ṁ        | v      | ṁ     | v     |
| [kg/h]                              | [m/s]                                  | [kg/h] | [m/s]    | [kg/h] | [m/s] | [m/s] |
| 13                                  | 835                                    | 0,2    | 1.640    | 0,23   |       |       |
| 22                                  | 1.086                                  | 0,26   | 2.210    | 0,31   |       |       |
| 29                                  | 1.253                                  | 0,3    | 2.570    | 0,36   |       |       |
| 32                                  | 1.336                                  | 0,32   | 2.712    | 0,38   |       |       |
| 39                                  | 1.503                                  | 0,36   | 3.000    | 0,42   |       |       |
| 47                                  | 1.670                                  | 0,4    | 3.285    | 0,46   |       |       |
| 53                                  | 1.755                                  | 0,42   | 3.570    | 0,50   |       |       |
| 63                                  | 1.940                                  | 0,46   | 3.880    | 0,54   |       |       |
| 72                                  | 2.100                                  | 0,5    | 4.150    | 0,58   |       |       |
| 78                                  | 2.180                                  | 0,52   | 4.310    | 0,60   |       |       |
| 89                                  | 2.340                                  | 0,56   | 4.600    | 0,64   |       |       |
| 98                                  | 2.450                                  | 0,59   | 4.850    | 0,68   |       |       |
| 103                                 | 2.515                                  | 0,6    | 5.000    | 0,70   |       |       |
| 108                                 | 2.600                                  | 0,62   | 5.280    | 0,73   |       |       |
| 118                                 | 2.715                                  | 0,65   | 5.430    | 0,76   |       |       |
| 130                                 | 2.850                                  | 0,68   | 5.710    | 0,80   |       |       |
| 137                                 | 2.925                                  | 0,7    | 5.855    | 0,82   |       |       |
| 151                                 | 3.070                                  | 0,74   | 6.160    | 0,86   |       |       |
| 157                                 | 3.130                                  | 0,75   | 6.270    | 0,88   |       |       |
| 164                                 | 3.200                                  | 0,76   | 6.420    | 0,90   |       |       |
| 180                                 | 3.350                                  | 0,8    | 6.720    | 0,94   |       |       |
| 196                                 | 3.500                                  | 0,84   | 7.000    | 0,98   |       |       |
| 201                                 | 3.550                                  | 0,85   | 7.170    | 1,00   |       |       |
| 207                                 | 3.600                                  | 0,86   | 7.380    | 1,03   |       |       |
| 216                                 | 3.675                                  | 0,88   | 7.550    | 1,06   |       |       |
| 225                                 | 3.780                                  | 0,9    | 7.700    | 1,08   |       |       |
| 235                                 | 3.880                                  | 0,93   | 7.870    | 1,10   |       |       |
| 255                                 | 4.040                                  | 0,96   | 8.200    | 1,15   |       |       |
| 270                                 | 4.170                                  | 1      | 8.440    | 1,18   |       |       |
| 278                                 | 4.230                                  | 1,01   | 8.570    | 1,20   |       |       |

| Dimensione<br>Nominal size          | Diametro esterno x spessore<br>Pipe outside diameter x wall thickness |        |          |        |         |       |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------|----------|--------|---------|-------|
|                                     | 76,1 x 2                                                              |        | 88,9 x 2 |        | 108 x 2 |       |
| d <sub>e</sub> x s / OD x t [mm]    | 39.0                                                                  |        | 51.0     |        | 51.0    |       |
| d <sub>i</sub> / ID [mm]            | 39.0                                                                  |        | 51.0     |        | 51.0    |       |
| Perdite di carico<br>Pressure drops | R                                                                     |        | ṁ        |        | v       |       |
| R<br>[Pa/m]                         | ṁ                                                                     | v      | ṁ        | v      | ṁ       | v     |
| [kg/h]                              | [m/s]                                                                 | [kg/h] | [m/s]    | [kg/h] | [m/s]   | [m/s] |
| 11                                  | 3.950                                                                 | 0,28   | 6.200    | 0,32   | 10.500  | 0,36  |
| 13                                  | 4.250                                                                 | 0,30   | 6.650    | 0,34   | 11.500  | 0,39  |
| 16                                  | 4.900                                                                 | 0,35   | 7.600    | 0,39   | 12.750  | 0,44  |
| 21                                  | 5.600                                                                 | 0,40   | 8.800    | 0,45   | 14.750  | 0,51  |
| 25                                  | 6.200                                                                 | 0,44   | 9.600    | 0,49   | 16.250  | 0,56  |
| 30                                  | 6.800                                                                 | 0,48   | 10.750   | 0,54   | 18.000  | 0,63  |
| 31                                  | 7.000                                                                 | 0,50   | 10.900   | 0,56   | 18.500  | 0,64  |
| 35                                  | 7.450                                                                 | 0,53   | 11.700   | 0,59   | 19.500  | 0,68  |
| 37                                  | 7.700                                                                 | 0,55   | 12.000   | 0,62   | 20.000  | 0,69  |
| 40                                  | 8.000                                                                 | 0,58   | 12.500   | 0,64   | 21.000  | 0,73  |
| 45                                  | 8.450                                                                 | 0,61   | 13.250   | 0,68   | 22.500  | 0,78  |
| 50                                  | 9.050                                                                 | 0,65   | 14.000   | 0,72   | 23.750  | 0,82  |
| 55                                  | 9.600                                                                 | 0,68   | 15.000   | 0,76   | 25.000  | 0,86  |
| 58                                  | 9.900                                                                 | 0,70   | 15.250   | 0,78   | 25.750  | 0,88  |
| 60                                  | 10.000                                                                | 0,72   | 15.500   | 0,79   | 26.000  | 0,91  |
| 65                                  | 10.500                                                                | 0,75   | 16.250   | 0,83   | 27.500  | 0,95  |
| 70                                  | 10.800                                                                | 0,78   | 17.000   | 0,87   | 28.500  | 0,99  |
| 74                                  | 11.250                                                                | 0,80   | 17.750   | 0,90   | 29.500  | 1,02  |
| 80                                  | 11.800                                                                | 0,84   | 18.250   | 0,94   | 31.000  | 1,08  |
| 85                                  | 12.000                                                                | 0,86   | 18.750   | 0,97   | 31.500  | 1,11  |
| 90                                  | 12.400                                                                | 0,89   | 19.500   | 1,00   | 33.000  | 1,14  |
| 95                                  | 12.750                                                                | 0,92   | 20.000   | 1,04   | 33.500  | 1,18  |
| 100                                 | 13.250                                                                | 0,95   | 20.750   | 1,07   | 34.500  | 1,20  |
| 105                                 | 13.500                                                                | 0,98   | 21.500   | 1,09   | 35.500  | 1,24  |
| 110                                 | 14.000                                                                | 1,00   | 22.000   | 1,13   | 36.500  | 1,27  |
| 120                                 | 14.500                                                                | 1,05   | 23.000   | 1,18   | 38.000  | 1,34  |
| 130                                 | 15.250                                                                | 1,10   | 24.000   | 1,23   | 40.000  | 1,39  |
| 140                                 | 16.000                                                                | 1,15   | 25.000   | 1,29   | 41.500  | 1,45  |
| 150                                 | 16.500                                                                | 1,18   | 26.000   | 1,33   | 43.000  | 1,52  |
| 155                                 | 17.000                                                                | 1,20   | 26.500   | 1,36   | 44.000  | 1,54  |

# Perdita di carico nelle tubazioni in acciaio pressfitting

Nota Bene: Velocità massima nelle tubazione 1 m/s per diametri normali e fino a 2 m/s per grandi diametri > 5"

## Perdite di carico continue TUBI IN ACCIAIO (pollici) - Temperatura acqua = 50°C

|    |   | r = perdite di carico continue, mm c.a./m |      |       |       |        |        |        |        |        |        |         |         |   | G = portate, l/h |  | v = velocità, m/s |  |
|----|---|-------------------------------------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---|------------------|--|-------------------|--|
| r  | Ø | 3/8"                                      | 1/2" | 3/4"  | 1"    | 1 1/4" | 1 1/2" | 2"     | 2 1/2" | 3"     | 4"     | 5"      | 6"      | Ø | r                |  |                   |  |
| 2  | G | 47                                        | 94   | 201   | 371   | 777    | 1.166  | 2.196  | 4.374  | 6.707  | 13.577 | 23.813  | 38.478  | G | 2                |  |                   |  |
|    | v | 0,10                                      | 0,12 | 0,15  | 0,17  | 0,21   | 0,23   | 0,27   | 0,33   | 0,36   | 0,44   | 0,50    | 0,57    | v |                  |  |                   |  |
| 4  | G | 69                                        | 136  | 292   | 538   | 1.126  | 1.689  | 3.182  | 6.337  | 9.717  | 19.669 | 34.499  | 55.743  | G | 4                |  |                   |  |
|    | v | 0,15                                      | 0,18 | 0,22  | 0,25  | 0,31   | 0,34   | 0,40   | 0,47   | 0,53   | 0,63   | 0,73    | 0,82    | v |                  |  |                   |  |
| 6  | G | 85                                        | 169  | 362   | 668   | 1.399  | 2.098  | 3.952  | 7.871  | 12.069 | 24.431 | 42.852  | 69.240  | G | 6                |  |                   |  |
|    | v | 0,19                                      | 0,22 | 0,27  | 0,31  | 0,38   | 0,42   | 0,49   | 0,59   | 0,66   | 0,78   | 0,90    | 1,02    | v |                  |  |                   |  |
| 8  | G | 99                                        | 197  | 422   | 779   | 1.631  | 2.447  | 4.610  | 9.181  | 14.076 | 28.495 | 49.978  | 80.755  | G | 8                |  |                   |  |
|    | v | 0,22                                      | 0,26 | 0,31  | 0,37  | 0,44   | 0,49   | 0,58   | 0,69   | 0,76   | 0,91   | 1,05    | 1,19    | v |                  |  |                   |  |
| 10 | G | 112                                       | 222  | 476   | 878   | 1.838  | 2.757  | 5.194  | 10.344 | 15.861 | 32.106 | 56.312  | 90.990  | G | 10               |  |                   |  |
|    | v | 0,25                                      | 0,29 | 0,35  | 0,41  | 0,50   | 0,55   | 0,65   | 0,77   | 0,86   | 1,03   | 1,19    | 1,34    | v |                  |  |                   |  |
| 12 | G | 123                                       | 245  | 525   | 968   | 2.026  | 3.039  | 5.726  | 11.403 | 17.485 | 35.394 | 62.079  | 100.308 | G | 12               |  |                   |  |
|    | v | 0,27                                      | 0,32 | 0,39  | 0,46  | 0,56   | 0,61   | 0,72   | 0,85   | 0,95   | 1,14   | 1,31    | 1,48    | v |                  |  |                   |  |
| 14 | G | 134                                       | 266  | 570   | 1.051 | 2.200  | 3.301  | 6.218  | 12.383 | 18.987 | 38.435 | 67.413  | 108.927 | G | 14               |  |                   |  |
|    | v | 0,29                                      | 0,35 | 0,42  | 0,50  | 0,60   | 0,66   | 0,78   | 0,93   | 1,03   | 1,23   | 1,42    | 1,61    | v |                  |  |                   |  |
| 16 | G | 144                                       | 285  | 612   | 1.129 | 2.363  | 3.545  | 6.678  | 13.300 | 20.393 | 41.280 | 72.403  | 116.989 | G | 16               |  |                   |  |
|    | v | 0,32                                      | 0,38 | 0,46  | 0,53  | 0,64   | 0,71   | 0,83   | 0,99   | 1,11   | 1,32   | 1,53    | 1,72    | v |                  |  |                   |  |
| 18 | G | 153                                       | 304  | 652   | 1.202 | 2.517  | 3.775  | 7.112  | 14.165 | 21.718 | 43.964 | 77.110  | 124.595 | G | 18               |  |                   |  |
|    | v | 0,34                                      | 0,40 | 0,48  | 0,57  | 0,68   | 0,76   | 0,89   | 1,06   | 1,18   | 1,41   | 1,63    | 1,84    | v |                  |  |                   |  |
| 20 | G | 162                                       | 322  | 689   | 1.272 | 2.663  | 3.994  | 7.524  | 14.985 | 22.977 | 46.512 | 81.580  | 131.817 | G | 20               |  |                   |  |
|    | v | 0,36                                      | 0,42 | 0,51  | 0,60  | 0,72   | 0,80   | 0,94   | 1,12   | 1,25   | 1,49   | 1,72    | 1,94    | v |                  |  |                   |  |
| 22 | G | 171                                       | 338  | 725   | 1.338 | 2.802  | 4.203  | 7.918  | 15.769 | 24.179 | 48.944 | 85.845  | 138.709 | G | 22               |  |                   |  |
|    | v | 0,37                                      | 0,44 | 0,54  | 0,63  | 0,76   | 0,84   | 0,99   | 1,18   | 1,31   | 1,57   | 1,81    | 2,04    | v |                  |  |                   |  |
| 24 | G | 179                                       | 354  | 760   | 1.402 | 2.935  | 4.403  | 8.295  | 16.520 | 25.330 | 51.275 | 89.934  | 145.316 | G | 24               |  |                   |  |
|    | v | 0,39                                      | 0,47 | 0,57  | 0,66  | 0,80   | 0,88   | 1,04   | 1,23   | 1,38   | 1,64   | 1,90    | 2,14    | v |                  |  |                   |  |
| 26 | G | 187                                       | 370  | 793   | 1.463 | 3.064  | 4.596  | 8.658  | 17.243 | 26.438 | 53.518 | 93.867  | 151.671 | G | 26               |  |                   |  |
|    | v | 0,41                                      | 0,49 | 0,59  | 0,69  | 0,83   | 0,92   | 1,08   | 1,29   | 1,44   | 1,72   | 1,98    | 2,24    | v |                  |  |                   |  |
| 28 | G | 194                                       | 385  | 825   | 1.523 | 3.187  | 4.782  | 9.008  | 17.940 | 27.507 | 55.681 | 97.662  | 157.802 | G | 28               |  |                   |  |
|    | v | 0,43                                      | 0,51 | 0,61  | 0,72  | 0,87   | 0,96   | 1,13   | 1,34   | 1,49   | 1,79   | 2,06    | 2,33    | v |                  |  |                   |  |
| 30 | G | 201                                       | 399  | 856   | 1.580 | 3.307  | 4.961  | 9.346  | 18.614 | 28.541 | 57.774 | 101.332 | 163.733 | G | 30               |  |                   |  |
|    | v | 0,44                                      | 0,53 | 0,64  | 0,74  | 0,90   | 0,99   | 1,17   | 1,39   | 1,55   | 1,85   | 2,14    | 2,41    | v |                  |  |                   |  |
| 35 | G | 219                                       | 434  | 930   | 1.716 | 3.591  | 5.388  | 10.149 | 20.213 | 30.993 | 62.738 | 110.040 | 177.802 | G | 35               |  |                   |  |
|    | v | 0,48                                      | 0,57 | 0,69  | 0,81  | 0,97   | 1,08   | 1,27   | 1,51   | 1,68   | 2,01   | 2,32    | 2,62    | v |                  |  |                   |  |
| 40 | G | 235                                       | 466  | 999   | 1.843 | 3.857  | 5.786  | 10.901 | 21.709 | 33.287 | 67.382 | 118.184 | 190.963 | G | 40               |  |                   |  |
|    | v | 0,51                                      | 0,61 | 0,74  | 0,87  | 1,05   | 1,16   | 1,36   | 1,62   | 1,81   | 2,16   | 2,49    | 2,81    | v |                  |  |                   |  |
|    | G | 250                                       | 496  | 1.064 | 1.962 | 4.108  | 6.163  | 11.609 | 23.121 | 35.451 | 71.762 | 125.868 | 203.378 | G |                  |  |                   |  |

**ESEMPIO 1 - Riqualificazione di edificio industriale con sistemi di generazione a pompa di calore e sistemi di emissione con aerotermi (applicazione in riscaldamento invernale e raffrescamento estivo)**

# STATO DI FATTO



**Edificio 1**



**Edificio 2**



**Generatore aria calda a gasolio Pf 337 kW**



**Generatore aria calda a gasolio Pf 100 kW**



## **RICHIESTE DEL COMMITTENTE**

- a) **Recuperare aerotermini e ventilconvettori esistenti;**
- b) **No gas (metano o GPL che sia);**
- c) **Edificio 1 Climatizzazione invernale ed Estiva;**
- d) **Edificio 2 Climatizzazione Invernale ed Estiva;**
- e) **Edificio 1 può operare in Climatizzazione Estiva e Edificio 2 Invernale;**
- f) **Edifici dotati di controsoffitto isolato con 5 cm di lana di roccia**
- g) **Regolazione per zone con semplice termostatazione;**
- h) **Accesso ad agevolazioni fiscali;**

## **APPROCCIO METODOLOGICO**

- a) **Scelta dei componenti;**
- b) **Valutazione dei carichi termici (soprattutto quelli invernali);**
- c) **Identificazione di interventi sull'involucro edilizio**
- d) **Definizione del progetto esecutivo;**

# ANALISI CARICHI TERMICI STATO DI FATTO

## Edificio 1

| Dispersioni per locale                                                                                    |      | Dispersioni per componente |                 | Dispersioni per orientamento |         | Riassunto zone  |                 |                 |                 |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|-----------------|------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| <b>Potenza dispersa per trasmissione, ventilazione, effetto intermittenza e coefficiente di sicurezza</b> |      |                            |                 |                              |         |                 |                 |                 |                 |                        |
| Locale                                                                                                    | Zona | Descrizione                | $\theta_i$ [°C] | V [m³]                       | S [m²]  | $\Phi_{tr}$ [W] | $\Phi_{ve}$ [W] | $\Phi_{rh}$ [W] | $\Phi_{hl}$ [W] | $\Phi_{hl}(+12\%)$ [W] |
| 1                                                                                                         | 1    | Locale                     | 18,0            | 7721,0                       | 1429,81 | 82862           | 33329           | 0               | 116191          | 130133                 |
| 2                                                                                                         | 1    | Locale                     | 18,0            | 985,5                        | 182,50  | 10684           | 4254            | 0               | 14938           | 16731                  |

### Risultati

| Dettaglio dispersioni              |             |         | Totali                                   |                 |           |
|------------------------------------|-------------|---------|------------------------------------------|-----------------|-----------|
| Potenza dispersa per trasmissione  | $\Phi_{tr}$ | 93546 W | Volume totale                            | V               | 8706,5 m³ |
| Potenza dispersa per ventilazione  | $\Phi_{ve}$ | 37583 W | Potenza totale                           | $\Phi_{hl}$     | 131129 W  |
| Potenza dispersa per intermittenza | $\Phi_{rh}$ | 0 W     | Potenza totale, con fattore di sicurezza | $\Phi_{hl}$ sic | 146864 W  |

## Edificio 2

| Dispersioni per locale                                                                                    |      | Dispersioni per componente |                 | Dispersioni per orientamento |        | Riassunto zone  |                 |                 |                 |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|-----------------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| <b>Potenza dispersa per trasmissione, ventilazione, effetto intermittenza e coefficiente di sicurezza</b> |      |                            |                 |                              |        |                 |                 |                 |                 |                        |
| Locale                                                                                                    | Zona | Descrizione                | $\theta_i$ [°C] | V [m³]                       | S [m²] | $\Phi_{tr}$ [W] | $\Phi_{ve}$ [W] | $\Phi_{rh}$ [W] | $\Phi_{hl}$ [W] | $\Phi_{hl}(+12\%)$ [W] |
| 1                                                                                                         | 1    | Locale                     | 20,0            | 2458,2                       | 506,85 | 69011           | 11431           | 0               | 80442           | 90095                  |

### Risultati

| Dettaglio dispersioni              |             |         | Totali                                   |                 |           |
|------------------------------------|-------------|---------|------------------------------------------|-----------------|-----------|
| Potenza dispersa per trasmissione  | $\Phi_{tr}$ | 69011 W | Volume totale                            | V               | 2458,2 m³ |
| Potenza dispersa per ventilazione  | $\Phi_{ve}$ | 11431 W | Potenza totale                           | $\Phi_{hl}$     | 80442 W   |
| Potenza dispersa per intermittenza | $\Phi_{rh}$ | 0 W     | Potenza totale, con fattore di sicurezza | $\Phi_{hl}$ sic | 90095 W   |

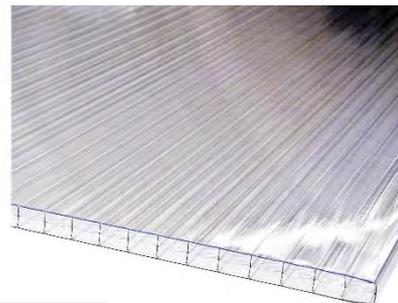
$T_{EST} = -7,9 \text{ °C}$

Totale 237 kW

# SOLUZIONE CON MIGLIORAMENTO DELL'ISOLAMENTO TERMICO



**Contropareti interne in pannelli di lana di roccia 14 cm**



**Rivestimento interne Uglass con pannelli in policarbonato**

## Edificio 1

| Dispersioni per locale                                                                                    |      | Dispersioni per componente |                              | Dispersioni per orientamento |                                          | Riassunto zone  |                  |                 |                        |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------------|--|
| <b>Potenza dispersa per trasmissione, ventilazione, effetto intermittenza e coefficiente di sicurezza</b> |      |                            |                              |                              |                                          |                 |                  |                 |                        |  |
| Locale                                                                                                    | Zona | Descrizione                | $\theta_i$ [°C]              | V [m³]                       | S [m²]                                   | $\Phi_{tr}$ [W] | $\Phi_{ve}$ [W]  | $\Phi_{ih}$ [W] | $\Phi_{ih}(+12\%)$ [W] |  |
| 1                                                                                                         | 1    | Locale                     | 18,0                         | 7721,0                       | 1429,81                                  | 42910           | 33329            | 0               | 76239                  |  |
| 2                                                                                                         | 1    | Locale                     | 18,0                         | 985,5                        | 182,50                                   | 4853            | 4254             | 0               | 9107                   |  |
| <b>Risultati</b>                                                                                          |      |                            | <b>Dettaglio dispersioni</b> |                              | <b>Totali</b>                            |                 |                  |                 |                        |  |
| Potenza dispersa per trasmissione                                                                         |      |                            | $\Phi_{tr}$                  | 47763 W                      | Volume totale                            |                 | V                | 8706,5 m³       |                        |  |
| Potenza dispersa per ventilazione                                                                         |      |                            | $\Phi_{ve}$                  | 37583 W                      | Potenza totale                           |                 | $\Phi_{ih}$      | 85346 W         |                        |  |
| Potenza dispersa per intermittenza                                                                        |      |                            | $\Phi_{ih}$                  | 0 W                          | Potenza totale, con fattore di sicurezza |                 | $\Phi_{ih\ sic}$ | 95587 W         |                        |  |

## Edificio 2

| Dispersioni per locale                                                                                    |      | Dispersioni per componente |                              | Dispersioni per orientamento |                                          | Riassunto zone  |                  |                 |                        |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------------|--|
| <b>Potenza dispersa per trasmissione, ventilazione, effetto intermittenza e coefficiente di sicurezza</b> |      |                            |                              |                              |                                          |                 |                  |                 |                        |  |
| Locale                                                                                                    | Zona | Descrizione                | $\theta_i$ [°C]              | V [m³]                       | S [m²]                                   | $\Phi_{tr}$ [W] | $\Phi_{ve}$ [W]  | $\Phi_{ih}$ [W] | $\Phi_{ih}(+12\%)$ [W] |  |
| 1                                                                                                         | 1    | Locale                     | 20,0                         | 2458,2                       | 506,85                                   | 33783           | 11431            | 0               | 45214                  |  |
| <b>Risultati</b>                                                                                          |      |                            | <b>Dettaglio dispersioni</b> |                              | <b>Totali</b>                            |                 |                  |                 |                        |  |
| Potenza dispersa per trasmissione                                                                         |      |                            | $\Phi_{tr}$                  | 33783 W                      | Volume totale                            |                 | V                | 2458,2 m³       |                        |  |
| Potenza dispersa per ventilazione                                                                         |      |                            | $\Phi_{ve}$                  | 11431 W                      | Potenza totale                           |                 | $\Phi_{ih}$      | 45214 W         |                        |  |
| Potenza dispersa per intermittenza                                                                        |      |                            | $\Phi_{ih}$                  | 0 W                          | Potenza totale, con fattore di sicurezza |                 | $\Phi_{ih\ sic}$ | 50640 W         |                        |  |

**Totale 146 kW (-38,4%)**

**$T_{EST} = -7,9\text{ °C}$**

**N.B.: Non si tiene conto degli apporti interni**

# LE APPARECCHIATURE DISPONIBILI

Macchine rimosse da sp15 Posta in arrivo x

Fabrizio

a me ▾

Ciao,

a seguire il materiale rimosso e recuperato da sp15:

- 1 ciller Clivet
- 8 robur Riello →
- 2 Argo unità esterne climatizzatori
- 5 split Argo



Materiali da recuperare Posta in arrivo x

Denis

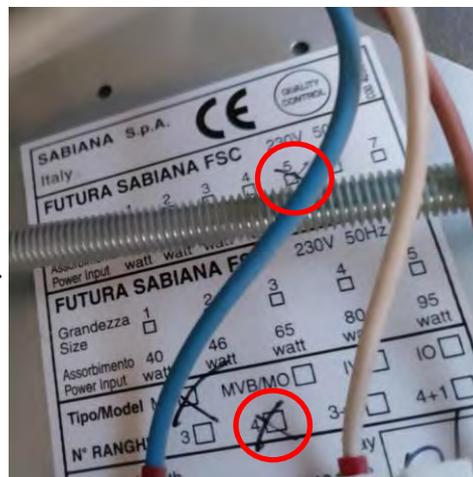
a me ▾

Buongiorno Francesco,

in allegato le foto degli elementi da te richiesti seguenti come ordine:

- n4 Robur
- n4 Ventilconvettori Sabiana
- n1 Haier

| Ventilo            | Descrizione                                       |
|--------------------|---------------------------------------------------|
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana carisma    | 230V 50Hz 130W, modello MV, 3 ranghi              |
| Sabiana carisma    | 230V 50Hz 130W, modello MV, 3 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana carisma    | 230V 50Hz 130W, modello MV, 3 ranghi              |
| Sabiana carisma    | 230V 50Hz 130W, modello MV, 3 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Sabiana futura FSC | 230V 50Hz 130W, modello MV, 4 ranghi              |
| Chiller Carrier    | Modello 30RB-033CH, matricola B20170606<br>3 fasi |



## SCelta DEL SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE

| 30RQ                                          |     |                                            | 040R    | 045R | 050R | 060R | 070R | 080R | 090R | 100R | 120R  | 140R  | 160R  |       |
|-----------------------------------------------|-----|--------------------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Unità standard</b>                         |     |                                            |         |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
| Riscaldamento<br>Prestazioni a pieno carico*  | HA1 | Capacità nominale                          | kW      | 44,1 | 47,9 | 54,3 | 61,6 | 68,2 | 61,8 | 93,3 | 106,6 | 119,1 | 136,8 | 123,1 |
|                                               |     | COP                                        | kW/kW   | 3,91 | 3,97 | 3,89 | 3,80 | 3,81 | 3,03 | 3,80 | 3,80  | 3,80  | 3,80  | 3,80  |
|                                               | HA2 | Capacità nominale                          | kW      | 42,7 | 47,0 | 53,5 | 59,5 | 67,2 | 75,7 | 91,7 | 104,5 | 117,6 | 134,9 | 150,2 |
|                                               |     | COP                                        | kW/kW   | 3,07 | 3,16 | 3,12 | 3,01 | 3,08 | 3,01 | 3,10 | 3,09  | 3,09  | 3,08  | 3,00  |
| Efficienza energetica stagionale**            | HA1 | SCOP <sub>30/35 °C</sub>                   | kWh/kWh | 3,82 | 3,85 | 3,81 | 3,58 | 3,67 | 3,65 | 3,61 | 3,56  | 3,79  | 3,76  | 3,78  |
|                                               |     | η <sub>s heat</sub> <sub>30/35 °C</sub>    | %       | 150  | 151  | 149  | 140  | 144  | 143  | 141  | 139   | 149   | 147   | 148   |
|                                               |     | P <sub>rated</sub>                         | kW      | 31,6 | 33,5 | 36,4 | 42,7 | 49,8 | 55,0 | 59,9 | 68,4  | 87,0  | 99,6  | 109,3 |
| Refrigerazione<br>Prestazioni a pieno carico* | CA1 | Capacità nominale                          | kW      | 41,0 | 43,1 | 50,3 | 60,2 | 65,2 | 74,3 | 87,0 | 99,9  | 114,2 | 131,6 | 147,2 |
|                                               |     | EER                                        | kW/kW   | 2,89 | 2,69 | 2,66 | 2,97 | 2,90 | 2,66 | 2,88 | 2,84  | 2,93  | 2,85  | 2,66  |
| Efficienza energetica stagionale**            |     | SEER <sub>12/7 °C</sub> Comfort low temp.  | kWh/kWh | 4,19 | 4,23 | 4,18 | 4,34 | 4,25 | 4,03 | 4,48 | 4,86  | 4,88  | 4,20  | 4,09  |
|                                               |     | SEPR <sub>12/7 °C</sub> Process high temp. | kWh/kWh | 6,08 | 5,93 | 5,69 | 6,13 | 5,87 | 5,39 | 5,82 | 5,82  | 5,89  | 5,48  | 5,24  |



\* Secondo EN14511-3:2018.

\*\* Ai sensi della EN14825:2018, clima medio.

HA1 Condizioni in modalità di riscaldamento: temperatura dell'acqua in ingresso/uscita dallo scambiatore di calore ad acqua pari a 30 °C/35 °C, temperatura dell'aria esterna t<sub>bs</sub>/t<sub>bu</sub> = 7 °C bs/6 °C bu, fattore di sporco dell'evaporatore pari a 0 m<sup>2</sup>. kW

HA2 Condizioni in modalità di riscaldamento: temperatura dell'acqua in ingresso/uscita dallo scambiatore di calore ad acqua pari a 40 °C/45 °C, temperatura dell'aria esterna t<sub>bs</sub>/t<sub>bu</sub> = 7 °C bs/6 °C bu, fattore di sporco dell'evaporatore pari a 0 m<sup>2</sup>. kW

CA1 Condizioni in modalità refrigerazione: la temperatura dell'acqua in ingresso/uscita dall'evaporatore è di 12 °C/7 °C, la temperatura dell'aria esterna è di 35 °C, il fattore di sporco dell'evaporatore è di 0 m<sup>2</sup>. kW

η<sub>s caldo</sub><sub>30/35 °C</sub> e SCOP<sub>30/35 °C</sub> Valori in grassetto in conformità alla norma in materia di progettazione ecocompatibile (UE) n. 813/2013 per applicazioni di riscaldamento

SEER<sub>12/7 °C</sub> & SEPR<sub>12/7 °C</sub> Regolamentazione applicabile in materia di progettazione ecocompatibile (UE) n. 2016/2281

(1) In dB rif.=10<sup>-12</sup> W, ponderato (A). Valori relativi all'emissione sonora dichiarati separatamente, in conformità alla norma ISO 4871 (con un'incertezza di +/-3dB(A). Misurazione secondo ISO 9614-1 e certificazione Eurovent.

(2) In dB rif 20μPa, ponderato A. Valori relativi all'emissione sonora dichiarati separatamente, in conformità alla norma ISO 4871 (con un'incertezza di +/-3dB(A). Valori forniti a titolo informativo, calcolati in base al livello di potenza sonora L<sub>w</sub>(A).

(3) Opzioni: 15LS = bassissimo livello acustico, 116W = modulo idronico doppia pompa ad alta pressione a velocità variabile, 307 = modulo serbatoio inerziale

# SCelta DEL SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE

ACU 63F -  $\Delta T$  ACQUA 50-40°C

| VELOCITÀ MAX                 | Temperatura aria in aspirazione |        | 15     | 20     | 25   |
|------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|------|
|                              | Potenza termica                 | kW     | 23,8   | 19,4   | 14,7 |
|                              | Kcal/h                          | 20.500 | 16.650 | 12.650 |      |
| Portata aria                 | m <sup>3</sup> /h               |        | 4.900  |        |      |
| Livello pressione sonora (l) | dB(A)                           |        | 53     |        |      |
| Temperatura mandata aria     | °C                              | 29     | 32     | 34     |      |
| Perdita carico lato acqua    | kPa                             | 9      | 6      | 4      |      |
| Portata acqua                | l/h                             | 2.065  | 1.679  | 1.277  |      |
| VELOCITÀ MEDIA               | Temperatura aria in aspirazione |        | 15     | 20     | 25   |
|                              | Potenza termica                 | kW     | 19,3   | 15,7   | 11,5 |
|                              | Kcal/h                          | 16.600 | 13.500 | 9.850  |      |
| Portata aria                 | m <sup>3</sup> /h               |        | 3.150  |        |      |
| Livello pressione sonora (l) | dB(A)                           |        | 49     |        |      |
| Temperatura mandata aria     | °C                              | 33     | 35     | 36     |      |
| Perdita carico lato acqua    | kPa                             | 6      | 4      | 3      |      |
| Portata acqua                | l/h                             | 1.672  | 1.359  | 994    |      |
| VELOCITÀ MINIMA              | Temperatura aria in aspirazione |        | 15     | 20     | 25   |
|                              | Potenza termica                 | kW     | 16,0   | 12,7   | 9,2  |
|                              | Kcal/h                          | 13.750 | 10.900 | 7.950  |      |
| Portata aria                 | m <sup>3</sup> /h               |        | 2.200  |        |      |
| Livello pressione sonora (l) | dB(A)                           |        | 47     |        |      |
| Temperatura mandata aria     | °C                              | 36     | 37     | 38     |      |
| Perdita carico lato acqua    | kPa                             | 5      | 3      | 2      |      |
| Portata acqua                | l/h                             | 1.388  | 1.099  | 803    |      |

(1) Dato riferito alle seguenti condizioni:

- Campo libero
- Apparecchio installato su parete a 3 m di altezza dal suolo e pressione sonora misurata a 5 m frontalmente.



| Informazioni prestazioni                      |       |                |               |
|-----------------------------------------------|-------|----------------|---------------|
| Modalità                                      |       | Raffreddamento | Riscaldamento |
| Capacità di raffreddamento (2)                | kW    | 93.8           | -             |
| Capacità di riscaldamento (2)                 | kW    | -              | 70.7          |
| Capacità di riscaldamento (1) istantanea      | kW    | -              | 77.1          |
| Efficienza di raffreddamento (EER) (2)        | kW/kW | 2.62           | -             |
| Efficienza di riscaldamento (COP) (2)         | kW/kW | -              | 1.94          |
| Potenza assorbita Unità (2)                   | kW    | 35.8           | 36.4          |
| Livello di potenza acustica (LwA) (2)         | dB(A) | 83.5           | -             |
| Livello di pressione sonora a 10.0m (LpA) (2) | dB(A) | 51.5           | -             |
| Capacità minima (3)                           | kW    | 35.4           | -             |
| Capacità massima                              | kW    | 93.8           | -             |

| Condizioni di funzionamento      |                                                |                |               |
|----------------------------------|------------------------------------------------|----------------|---------------|
| Elemento del sistema             |                                                | Raffreddamento | Riscaldamento |
| Scambiatore di calore dell'acqua |                                                |                |               |
|                                  |                                                | Acqua dolce    | Acqua dolce   |
| Fluido                           | Tipo fluido                                    |                |               |
|                                  | Fattore di sporcamento (sqm-K)/kW              | 0              | 0             |
|                                  | Temperatura in uscita °C                       | 7.0            | 50.0          |
|                                  | Temperatura in entrata °C                      | 12.0           | 45.0          |
| Modulo elettronico               | Portata del fluido l/s                         | 4.45           | 3.74          |
|                                  | Pressione statica esterna kPa                  | 147            | 162           |
| Aria                             | Potenza assorbita della pompa kW               | 2.01           | 1.90          |
|                                  | Air heat exchanger                             |                |               |
|                                  | Temperatura dell'aria esterna (bulbo secco) °C | 35.0           | -5.0          |
|                                  | Temperatura dell'aria esterna (bulbo umido) °C | -              | -8.0          |
|                                  | Umidità relativa %                             | -              | 34            |
| Altitudine m                     |                                                | 0              |               |



## SCelta PROGETTUALE

- a) GARANTIRE LA PORTATA MASSIMA ALL'AEROTERMO;
- b) FUNZIONALITA' ALLE CONDIZIONI ESTREME;
- c) OPERARE CON ACQUA 45-40 ° C
- d) DIMENSIONARE LA RETE DI DISTRIBUZIONE

- Portata nominale ad ogni aerotermo 3250 litri/ora (circa 2x1679)
- Perdita di carico 24 kPa (se portata raddoppia DP = 4x)

| Modello  | Vdc | WT: 70 / 55 °C |          |           |           | WT: 65 / 55 °C |           |           | WT: 50 / 40 °C |           |           | WT: 45 / 40 °C |           |           |
|----------|-----|----------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|
|          |     | Qv<br>m³/h     | Ph<br>kW | Qw<br>l/h | LAT<br>°C | Ph<br>kW       | Qw<br>l/h | LAT<br>°C | Ph<br>kW       | Qw<br>l/h | LAT<br>°C | Ph<br>kW       | Qw<br>l/h | LAT<br>°C |
| F-ECM 64 | 10  | 4120           | 39,37    | 2257      | 43,0      | 37,78          | 3249      | 41,9      | 24,40          | 2099      | 32,3      | 23,04          | 3963      | 31,4      |
|          | 8   | 3820           | 37,45    | 2147      | 43,7      | 35,95          | 3092      | 42,5      | 23,23          | 1997      | 32,8      | 21,88          | 3763      | 31,8      |
|          | 6   | 3180           | 33,06    | 1895      | 45,4      | 31,67          | 2724      | 44,2      | 20,54          | 1766      | 33,9      | 19,29          | 3318      | 32,8      |
|          | 4   | 2510           | 27,96    | 1603      | 47,7      | 26,71          | 2297      | 46,3      | 17,37          | 1493      | 35,3      | 16,25          | 2795      | 34,0      |
|          | 2   | 1850           | 22,36    | 1282      | 50,4      | 21,31          | 1833      | 48,8      | 13,93          | 1198      | 37,1      | 12,95          | 2228      | 35,5      |
|          | 1   | 1520           | 19,28    | 1105      | 52,2      | 18,32          | 1576      | 50,4      | 12,02          | 1034      | 38,2      | 11,12          | 1913      | 36,5      |



Coefficienti di correzione (per condizioni di alimentazione diverse da quelle in tabella)

| T <sub>aria</sub> | 70/55 ΔT <sub>acqua</sub> 15° C |       |       |       |       | 65/55 ΔT <sub>acqua</sub> 10° C |       |       |       |       | 45/40 ΔT <sub>acqua</sub> 5° C |       |       |       |       |
|-------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 65/50                           | 70/55 | 75/60 | 80/65 | 85/70 | 55/45                           | 60/50 | 65/55 | 70/60 | 75/65 | 35/30                          | 40/35 | 45/40 | 50/45 | 55/50 |
| 20                | 0,79                            | 0,89  | 1,00  | 1,11  | 1,21  | 0,67                            | 0,78  | 0,89  | 1,00  | 1,11  | 0,45                           | 0,64  | 0,82  | 1,00  | 1,18  |

- Resa termica effettiva acqua 45-40 ° C portata 3250 litri/h 15,8 kW

## SCelta PROGETTUALE (VENTILCONVETTORI)

| MODELLO                         | FSC 14 |      |      | FSC 24 |      |      | FSC 34 |      |      | FSC 44 |      |      | FSC 54 |      |      | FSC 64 |      |      | FSC 74 |      |       |  |
|---------------------------------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|-------|--|
|                                 | 1      | 2    | 3    | 1      | 2    | 3    | 1      | 2    | 3    | 1      | 2    | 3    | 1      | 2    | 3    | 1      | 2    | 3    | 1      | 2    | 3     |  |
| Velocità                        |        |      |      |        |      |      |        |      |      |        |      |      |        |      |      |        |      |      |        |      |       |  |
| Portata aria m³/h               | 190    | 240  | 300  | 290    | 360  | 450  | 380    | 480  | 600  | 480    | 600  | 750  | 650    | 800  | 1000 | 750    | 950  | 1200 | 850    | 1100 | 1400  |  |
| Raffreddam. resa totale kW      | 1,30   | 1,50 | 1,80 | 2,00   | 2,40 | 2,80 | 2,70   | 3,30 | 3,90 | 3,20   | 3,90 | 4,60 | 4,20   | 4,80 | 5,70 | 4,60   | 5,50 | 6,60 | 5,20   | 6,30 | 7,50  |  |
| Raffreddam. resa sensibile kW   | 0,98   | 1,19 | 1,48 | 1,43   | 1,75 | 2,17 | 2,05   | 2,49 | 3,10 | 2,51   | 3,05 | 3,80 | 3,17   | 3,85 | 4,80 | 3,64   | 4,40 | 5,50 | 4,16   | 4,80 | 6,30  |  |
| Riscaldamento kW                | 1,60   | 1,95 | 2,30 | 2,50   | 3,00 | 3,50 | 3,20   | 4,00 | 4,80 | 4,00   | 4,80 | 5,80 | 5,20   | 6,20 | 7,40 | 6,00   | 7,30 | 8,80 | 6,70   | 8,30 | 10,10 |  |
| ΔP Raffreddamento kPa           | 7,0    | 9,8  | 13,1 | 13,1   | 18,0 | 24,7 | 8,7    | 12,4 | 17,0 | 7,4    | 10,0 | 13,6 | 13,3   | 17,6 | 23,4 | 8,0    | 11,0 | 15,0 | 10,1   | 14,4 | 19,6  |  |
| ΔP Riscaldamento kPa            | 3,7    | 5,2  | 7,0  | 11,2   | 15,1 | 21,1 | 7,3    | 10,3 | 14,1 | 6,0    | 8,2  | 11,1 | 12,3   | 14,9 | 21,6 | 7,9    | 10,7 | 14,2 | 10,4   | 14,0 | 18,0  |  |
| Assorbimento motore W           | 20     | 30   | 50   | 45     | 50   | 60   | 60     | 80   | 95   | 65     | 80   | 95   | 65     | 85   | 125  | 120    | 145  | 180  | 135    | 170  | 190   |  |
| Potenza acustica Lw dBA dB(A)   | 40     | 45   | 51   | 43     | 50   | 54   | 40     | 45   | 51   | 43     | 47   | 54   | 44     | 50   | 58   | 49     | 55   | 60   | 54     | 60   | 65    |  |
| Pressione acustica Lp dBA dB(A) | 31     | 36   | 42   | 34     | 41   | 45   | 31     | 36   | 42   | 34     | 38   | 45   | 35     | 41   | 49   | 40     | 46   | 51   | 45     | 51   | 56    |  |



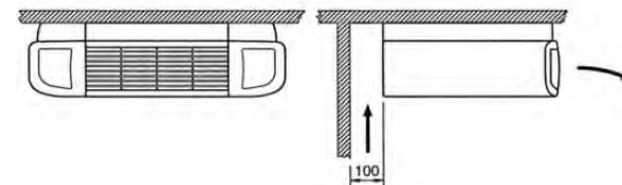
### RISCALDAMENTO (funzionamento invernale)

Temperatura aria + 20°C  
 Temperatura acqua + 50°C entrata  
 portata acqua uguale a quella circuitata  
 nel funzionamento estivo

### Emissioni frigorifere dei ventilconvettori FSC a 4 ranghi

Temperatura di entrata aria °C: Bulbo secco + 27, Bulbo umido + 19

| MODELLO | Veloc. | Portata aria m³/h | Temperatura acqua °C<br>Entrata 5 - Uscita 10 |                |              |                | Temperatura acqua °C<br>Entrata 7 - Uscita 12 |                |         |                | Temperatura acqua °C<br>Entrata 12 - Uscita 17 |                |         |                |
|---------|--------|-------------------|-----------------------------------------------|----------------|--------------|----------------|-----------------------------------------------|----------------|---------|----------------|------------------------------------------------|----------------|---------|----------------|
|         |        |                   | Portata acqua l/h                             |                | Potenza      |                | Portata acqua l/h                             |                | Potenza |                | Portata acqua l/h                              |                | Potenza |                |
|         |        |                   | Tot.                                          | Frig/h<br>Watt | Sen.         | Frig/h<br>Watt | Tot.                                          | Frig/h<br>Watt | Sen.    | Frig/h<br>Watt | Tot.                                           | Frig/h<br>Watt | Sen.    | Frig/h<br>Watt |
| FSC 54  | Max    | 1000              | 1245                                          | 6220<br>7200   | 4920<br>5700 | 985            | 4920<br>5700                                  | 4150<br>4800   | 535     | 2680<br>3100   | 2680<br>3100                                   |                |         |                |
|         | Med    | 800               | 1060                                          | 5290<br>6120   | 3950<br>4570 | 830            | 4150<br>4800                                  | 3330<br>3850   | 455     | 2270<br>2630   | 2270<br>2630                                   |                |         |                |
|         | Min    | 650               | 895                                           | 4480<br>5180   | 3260<br>3770 | 725            | 3630<br>4200                                  | 2740<br>3170   | 380     | 1900<br>2230   | 1900<br>2230                                   |                |         |                |



### MV MOBILE VERTICALE INSTALLAZIONE ORIZZONTALE

- Resa termica effettiva acqua 45-40 ° C portata 800 litri/h 4,8 kW DP 18 kPa

# DIMENSIONAMENTO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE

Perdite di carico continue TUBI IN ACCIAIO A PRESSARE - Temperatura acqua = 50°C

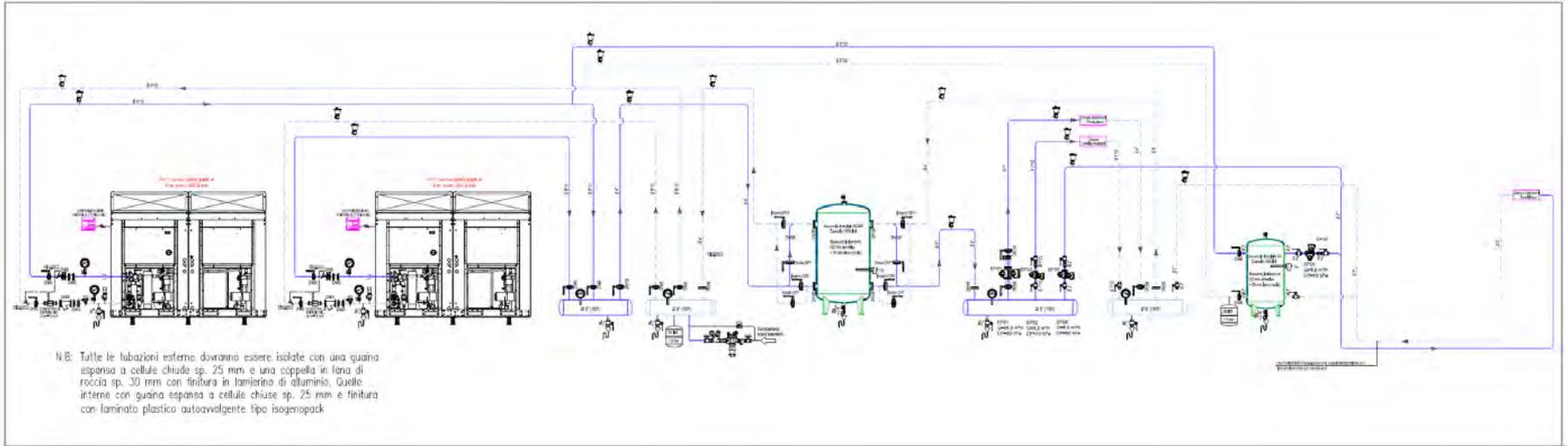
|    |    | r = perdite di carico continue, mm c.a./m |      |      |      |       |       |       |       |        |        |        | G = portate, l/h |    | v = velocità, m/s |  |
|----|----|-------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------------------|----|-------------------|--|
| r  | Øe | 12                                        | 15   | 18   | 22   | 28    | 35    | 42    | 54    | 76,1   | 88,9   | 108    | Øe               | r  |                   |  |
|    | Øi | 9,6                                       | 12,6 | 15,6 | 19   | 25    | 32    | 39    | 51    | 72,1   | 84,9   | 104    | Øi               |    |                   |  |
| 2  | G  | 22                                        | 46   | 82   | 139  | 290   | 563   | 956   | 1.961 | 4.959  | 7.684  | 13.233 | G                | 2  |                   |  |
|    | v  | 0,09                                      | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16  | 0,19  | 0,22  | 0,27  | 0,34   | 0,38   | 0,43   | v                |    |                   |  |
| 4  | G  | 32                                        | 67   | 119  | 202  | 421   | 815   | 1.385 | 2.842 | 7.185  | 11.131 | 19.171 | G                | 4  |                   |  |
|    | v  | 0,12                                      | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,24  | 0,28  | 0,32  | 0,39  | 0,49   | 0,55   | 0,63   | v                |    |                   |  |
| 6  | G  | 40                                        | 83   | 148  | 251  | 523   | 1.013 | 1.720 | 3.530 | 8.924  | 13.827 | 23.813 | G                | 6  |                   |  |
|    | v  | 0,15                                      | 0,19 | 0,21 | 0,25 | 0,30  | 0,35  | 0,40  | 0,48  | 0,61   | 0,68   | 0,78   | v                |    |                   |  |
| 8  | G  | 47                                        | 97   | 172  | 292  | 610   | 1.181 | 2.006 | 4.117 | 10.408 | 16.126 | 27.773 | G                | 8  |                   |  |
|    | v  | 0,18                                      | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,34  | 0,41  | 0,47  | 0,56  | 0,71   | 0,79   | 0,91   | v                |    |                   |  |
| 10 | G  | 53                                        | 110  | 194  | 329  | 687   | 1.331 | 2.261 | 4.638 | 11.727 | 18.170 | 31.293 | G                | 10 |                   |  |
|    | v  | 0,20                                      | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,39  | 0,46  | 0,53  | 0,63  | 0,80   | 0,89   | 1,02   | v                |    |                   |  |
| 12 | G  | 58                                        | 121  | 214  | 363  | 757   | 1.467 | 2.492 | 5.113 | 12.928 | 20.031 | 34.498 | G                | 12 |                   |  |
|    | v  | 0,22                                      | 0,27 | 0,31 | 0,36 | 0,43  | 0,51  | 0,58  | 0,70  | 0,88   | 0,98   | 1,13   | v                |    |                   |  |
| 14 | G  | 63                                        | 131  | 232  | 394  | 822   | 1.593 | 2.706 | 5.553 | 14.039 | 21.752 | 37.462 | G                | 14 |                   |  |
|    | v  | 0,24                                      | 0,29 | 0,34 | 0,39 | 0,47  | 0,55  | 0,63  | 0,76  | 0,96   | 1,07   | 1,22   | v                |    |                   |  |
| 16 | G  | 68                                        | 141  | 250  | 423  | 883   | 1.711 | 2.907 | 5.964 | 15.079 | 23.362 | 40.235 | G                | 16 |                   |  |
|    | v  | 0,26                                      | 0,31 | 0,36 | 0,41 | 0,50  | 0,59  | 0,68  | 0,81  | 1,03   | 1,15   | 1,32   | v                |    |                   |  |
| 18 | G  | 72                                        | 150  | 266  | 451  | 940   | 1.822 | 3.095 | 6.351 | 16.059 | 24.880 | 42.851 | G                | 18 |                   |  |
|    | v  | 0,28                                      | 0,33 | 0,39 | 0,44 | 0,53  | 0,63  | 0,72  | 0,86  | 1,09   | 1,22   | 1,40   | v                |    |                   |  |
| 20 | G  | 77                                        | 159  | 281  | 477  | 995   | 1.928 | 3.275 | 6.719 | 16.990 | 26.323 | 45.335 | G                | 20 |                   |  |
|    | v  | 0,29                                      | 0,35 | 0,41 | 0,47 | 0,56  | 0,67  | 0,76  | 0,91  | 1,16   | 1,29   | 1,48   | v                |    |                   |  |
| 22 | G  | 81                                        | 167  | 296  | 502  | 1.047 | 2.028 | 3.446 | 7.071 | 17.878 | 27.699 | 47.705 | G                | 22 |                   |  |
|    | v  | 0,31                                      | 0,37 | 0,43 | 0,49 | 0,59  | 0,70  | 0,80  | 0,96  | 1,22   | 1,36   | 1,56   | v                |    |                   |  |
| 24 | G  | 84                                        | 175  | 310  | 526  | 1.097 | 2.125 | 3.610 | 7.408 | 18.729 | 29.018 | 49.977 | G                | 24 |                   |  |
|    | v  | 0,32                                      | 0,39 | 0,45 | 0,52 | 0,62  | 0,73  | 0,84  | 1,01  | 1,27   | 1,42   | 1,63   | v                |    |                   |  |
| 26 | G  | 88                                        | 183  | 324  | 549  | 1.145 | 2.218 | 3.768 | 7.732 | 19.549 | 30.287 | 52.163 | G                | 26 |                   |  |
|    | v  | 0,34                                      | 0,41 | 0,47 | 0,54 | 0,65  | 0,77  | 0,88  | 1,05  | 1,33   | 1,49   | 1,71   | v                |    |                   |  |
| 28 | G  | 92                                        | 190  | 337  | 571  | 1.191 | 2.308 | 3.920 | 8.044 | 20.339 | 31.512 | 54.272 | G                | 28 |                   |  |
|    | v  | 0,35                                      | 0,42 | 0,49 | 0,56 | 0,67  | 0,80  | 0,91  | 1,09  | 1,38   | 1,55   | 1,77   | v                |    |                   |  |
| 30 | G  | 95                                        | 197  | 349  | 592  | 1.236 | 2.394 | 4.068 | 8.346 | 21.103 | 32.696 | 56.311 | G                | 30 |                   |  |
|    | v  | 0,37                                      | 0,44 | 0,51 | 0,58 | 0,70  | 0,83  | 0,95  | 1,13  | 1,44   | 1,60   | 1,84   | v                |    |                   |  |

# DIMENSIONAMENTO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE

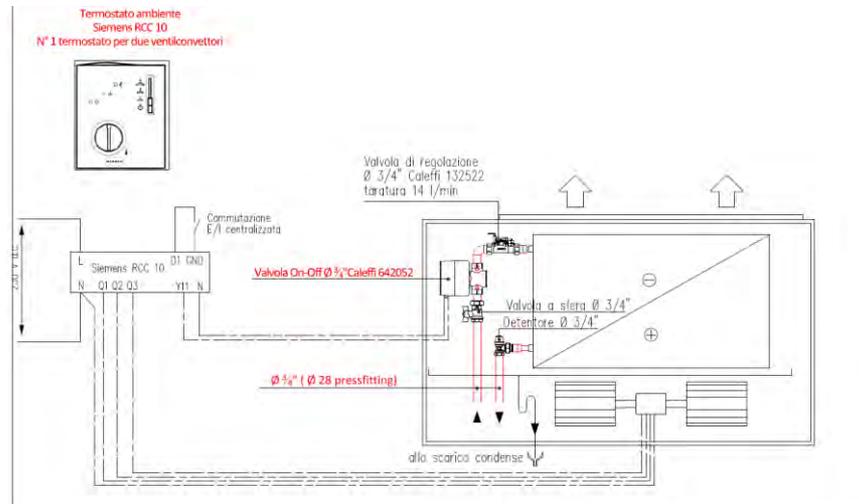
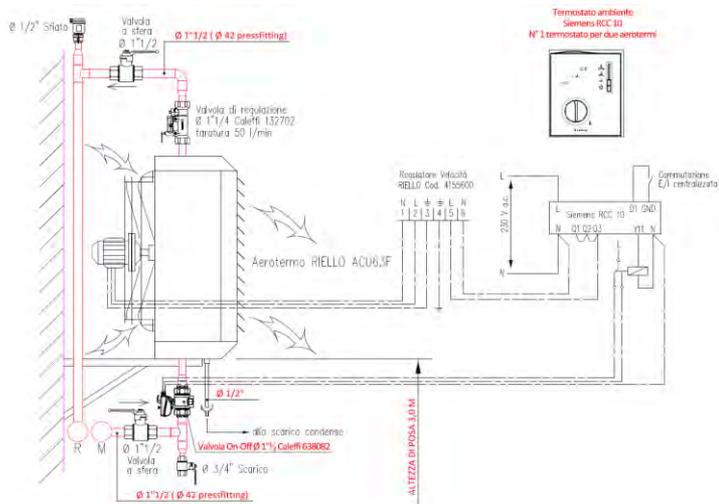
Perdite di carico continue TUBI IN ACCIAIO (pollici) - Temperatura acqua = 50°C

|    |   | r = perdite di carico continue, mm c.a./m |      |      |       |        |        |       |        |        |        |         |         | G = portate, l/h |    | v = velocità, m/s |  |
|----|---|-------------------------------------------|------|------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|------------------|----|-------------------|--|
| r  | Ø | 3/8"                                      | 1/2" | 3/4" | 1"    | 1 1/4" | 1 1/2" | 2"    | 2 1/2" | 3"     | 4"     | 5"      | 6"      | Ø                | r  |                   |  |
| 2  | G | 47                                        | 94   | 201  | 371   | 777    | 1.166  | 2.196 | 4.374  | 6.707  | 13.577 | 23.813  | 38.478  | G                | 2  |                   |  |
|    | v | 0,10                                      | 0,12 | 0,15 | 0,17  | 0,21   | 0,23   | 0,27  | 0,33   | 0,36   | 0,44   | 0,50    | 0,57    | v                |    |                   |  |
| 4  | G | 69                                        | 136  | 292  | 538   | 1.126  | 1.689  | 3.182 | 6.337  | 9.717  | 19.669 | 34.499  | 55.743  | G                | 4  |                   |  |
|    | v | 0,15                                      | 0,18 | 0,22 | 0,25  | 0,31   | 0,34   | 0,40  | 0,47   | 0,53   | 0,63   | 0,73    | 0,82    | v                |    |                   |  |
| 6  | G | 85                                        | 169  | 362  | 668   | 1.399  | 2.098  | 3.952 | 7.871  | 12.069 | 24.431 | 42.852  | 69.240  | G                | 6  |                   |  |
|    | v | 0,19                                      | 0,22 | 0,27 | 0,31  | 0,38   | 0,42   | 0,49  | 0,59   | 0,66   | 0,78   | 0,90    | 1,02    | v                |    |                   |  |
| 8  | G | 99                                        | 197  | 422  | 779   | 1.631  | 2.447  | 4.610 | 9.181  | 14.076 | 28.495 | 49.978  | 80.755  | G                | 8  |                   |  |
|    | v | 0,22                                      | 0,26 | 0,31 | 0,37  | 0,44   | 0,49   | 0,58  | 0,69   | 0,76   | 0,91   | 1,05    | 1,19    | v                |    |                   |  |
| 10 | G | 112                                       | 222  | 476  | 878   | 1.838  | 2.757  | 5.194 | 10.344 | 15.861 | 32.106 | 56.312  | 90.990  | G                | 10 |                   |  |
|    | v | 0,25                                      | 0,29 | 0,35 | 0,41  | 0,50   | 0,55   | 0,65  | 0,77   | 0,86   | 1,03   | 1,19    | 1,34    | v                |    |                   |  |
| 12 | G | 123                                       | 245  | 525  | 968   | 2.026  | 3.039  | 5.726 | 11.403 | 17.485 | 35.394 | 62.079  | 100.308 | G                | 12 |                   |  |
|    | v | 0,27                                      | 0,32 | 0,39 | 0,46  | 0,55   | 0,61   | 0,72  | 0,85   | 0,95   | 1,14   | 1,31    | 1,48    | v                |    |                   |  |
| 14 | G | 134                                       | 266  | 570  | 1.051 | 2.200  | 3.301  | 6.218 | 12.383 | 18.987 | 38.435 | 67.413  | 108.927 | G                | 14 |                   |  |
|    | v | 0,29                                      | 0,35 | 0,42 | 0,50  | 0,60   | 0,66   | 0,78  | 0,93   | 1,03   | 1,23   | 1,42    | 1,61    | v                |    |                   |  |
| 16 | G | 144                                       | 285  | 612  | 1.129 | 2.363  | 3.545  | 6.678 | 13.300 | 20.393 | 41.280 | 72.403  | 116.989 | G                | 16 |                   |  |
|    | v | 0,32                                      | 0,38 | 0,46 | 0,53  | 0,64   | 0,71   | 0,83  | 0,99   | 1,11   | 1,32   | 1,53    | 1,72    | v                |    |                   |  |
| 18 | G | 153                                       | 304  | 652  | 1.202 | 2.517  | 3.775  | 7.112 | 14.165 | 21.718 | 43.964 | 77.110  | 124.595 | G                | 18 |                   |  |
|    | v | 0,34                                      | 0,40 | 0,48 | 0,57  | 0,68   | 0,76   | 0,89  | 1,06   | 1,18   | 1,41   | 1,63    | 1,84    | v                |    |                   |  |
| 20 | G | 162                                       | 322  | 689  | 1.272 | 2.663  | 3.994  | 7.524 | 14.985 | 22.977 | 46.512 | 81.580  | 131.817 | G                | 20 |                   |  |
|    | v | 0,36                                      | 0,42 | 0,51 | 0,60  | 0,72   | 0,80   | 0,94  | 1,12   | 1,25   | 1,49   | 1,72    | 1,94    | v                |    |                   |  |
| 22 | G | 171                                       | 338  | 725  | 1.338 | 2.802  | 4.203  | 7.918 | 15.769 | 24.179 | 48.944 | 85.845  | 138.709 | G                | 22 |                   |  |
|    | v | 0,37                                      | 0,44 | 0,54 | 0,63  | 0,76   | 0,84   | 0,99  | 1,18   | 1,31   | 1,57   | 1,81    | 2,04    | v                |    |                   |  |
| 24 | G | 179                                       | 354  | 760  | 1.402 | 2.935  | 4.403  | 8.295 | 16.520 | 25.330 | 51.275 | 89.934  | 145.316 | G                | 24 |                   |  |
|    | v | 0,39                                      | 0,47 | 0,57 | 0,66  | 0,80   | 0,88   | 1,04  | 1,23   | 1,38   | 1,64   | 1,90    | 2,14    | v                |    |                   |  |
| 26 | G | 187                                       | 370  | 793  | 1.463 | 3.064  | 4.596  | 8.658 | 17.243 | 26.438 | 53.518 | 93.867  | 151.671 | G                | 26 |                   |  |
|    | v | 0,41                                      | 0,49 | 0,59 | 0,69  | 0,83   | 0,92   | 1,08  | 1,29   | 1,44   | 1,72   | 1,98    | 2,24    | v                |    |                   |  |
| 28 | G | 194                                       | 385  | 825  | 1.523 | 3.187  | 4.782  | 9.008 | 17.940 | 27.507 | 55.681 | 97.662  | 157.802 | G                | 28 |                   |  |
|    | v | 0,43                                      | 0,51 | 0,61 | 0,72  | 0,87   | 0,96   | 1,13  | 1,34   | 1,49   | 1,79   | 2,06    | 2,33    | v                |    |                   |  |
| 30 | G | 201                                       | 399  | 856  | 1.580 | 3.307  | 4.961  | 9.346 | 18.614 | 28.541 | 57.774 | 101.332 | 163.733 | G                | 30 |                   |  |
|    | v | 0,44                                      | 0,53 | 0,64 | 0,74  | 0,90   | 0,99   | 1,17  | 1,39   | 1,55   | 1,85   | 2,14    | 2,41    | v                |    |                   |  |

## DEFINIZIONE DEGLI SCHEMI FUNZIONALI

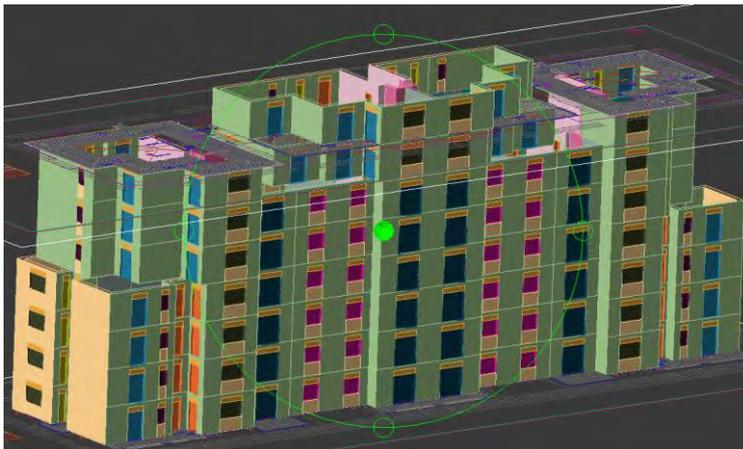


## DEFINIZIONE DETTAGLI COSTRUTTIVI





**ESEMPIO 2 -Riqualificazione di impianto termico per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria in edificio di civile abitazione**



L'EDIFICIO : Periodo di costruzione 2006-2008 PdC ante D.Lgs 192/2005

Unità immobiliari 50 sup. utile da 57 a 105 m<sup>2</sup>

Volume lordo riscaldato 13641 m<sup>3</sup>

Superficie disperdente 5969 m<sup>2</sup>

Rapporto di forma 0,44 m<sup>-1</sup>

Superficie utile netta 3612 m<sup>2</sup>

Impianto termico centralizzato uso riscaldamento e produzione ACS

Consumo reale stagione 2021-2022 riscaldamento 22400 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

Consumo reale stagione 2021-2022 ACS 26600 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

Gradi giorno reali per modello di calcolo 2308

Generatori di calore 2x387 kW

Regime di utilizzo continuativo causa priorità ACS acqua di impianto 70 °C

# LA SENSAZIONE DI CONSUMARE E «SPENDERE» TANTO



**Il Condominio**

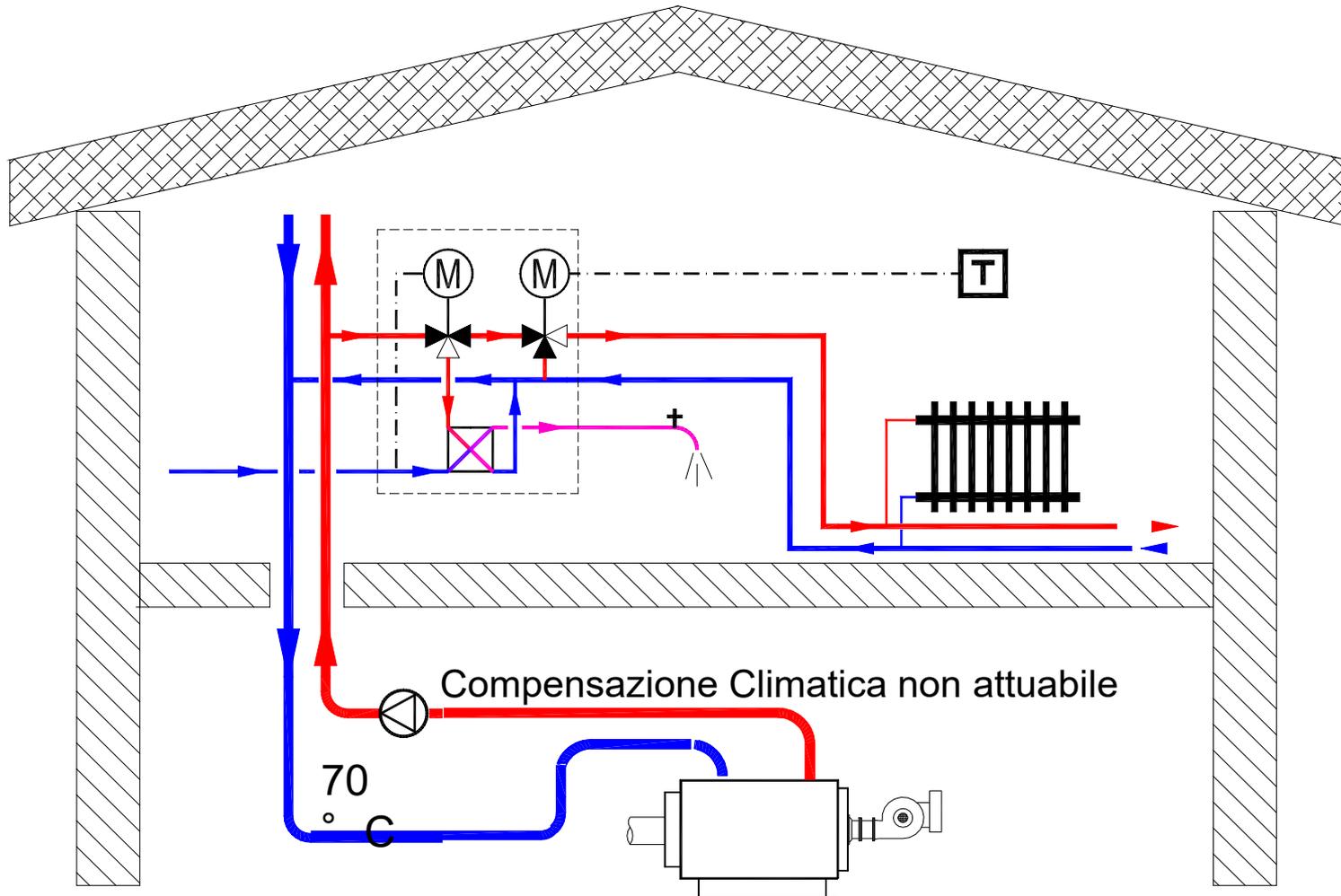


**Il Manutentore terzo responsabile**



## Schema funzionale in opera (COSA E' STATO REALIZZATO)

Presenta diversi limiti prestazionali in sanitario e soffre di elevate perdite dalla rete di distribuzione





**Corus**

| INDEX            | VALUE                        | ALARM | DATA | F3 |
|------------------|------------------------------|-------|------|----|
| DG               |                              |       |      |    |
| Vm               | 88.3000 m <sup>3</sup>       |       |      |    |
| Vb               | 83.6752 Sm <sup>3</sup>      |       |      |    |
| Tot Vb           | 00251797.000 Sm <sup>3</sup> |       |      |    |
| Tot Vm           | 00670960.000 m <sup>3</sup>  |       |      |    |
| Tal FI           | 00000000.000 m <sup>3</sup>  |       |      |    |
| Sistema 11206/23 |                              |       |      |    |

VERIFICAZIONE PERIODICA  
SCADENZA

| MESE | ANNO | MESE |
|------|------|------|
| 1    | 2026 | 7    |
| 2    |      |      |
| 3    |      |      |

**Itron**

**Corus**

| INDEX            | VALUE                        | ALARM | DATA | F3 |
|------------------|------------------------------|-------|------|----|
| DG               |                              |       |      |    |
| Vm               | 90.2000 m <sup>3</sup>       |       |      |    |
| Vb               | 86.0226 Sm <sup>3</sup>      |       |      |    |
| Tot Vb           | 00251713.000 Sm <sup>3</sup> |       |      |    |
| Tot Vm           | 00670872.000 m <sup>3</sup>  |       |      |    |
| Tal FI           | 00000000.000 m <sup>3</sup>  |       |      |    |
| Sistema 11206/23 |                              |       |      |    |

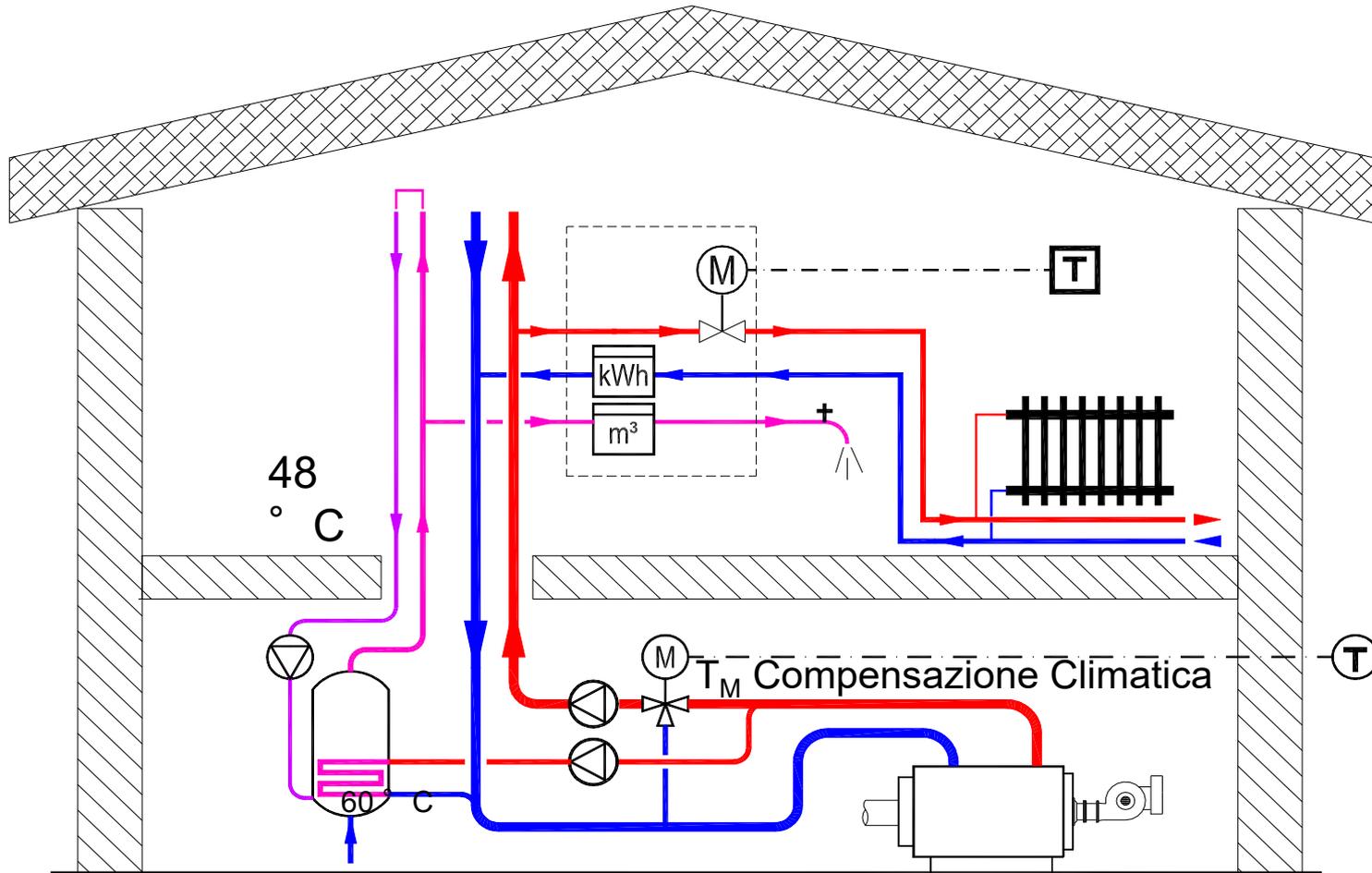
VERIFICAZIONE PERIODICA  
SCADENZA

| MESE | ANNO | MESE |
|------|------|------|
| 1    | 2026 | 7    |
| 2    |      |      |
| 3    |      |      |

**Itron**

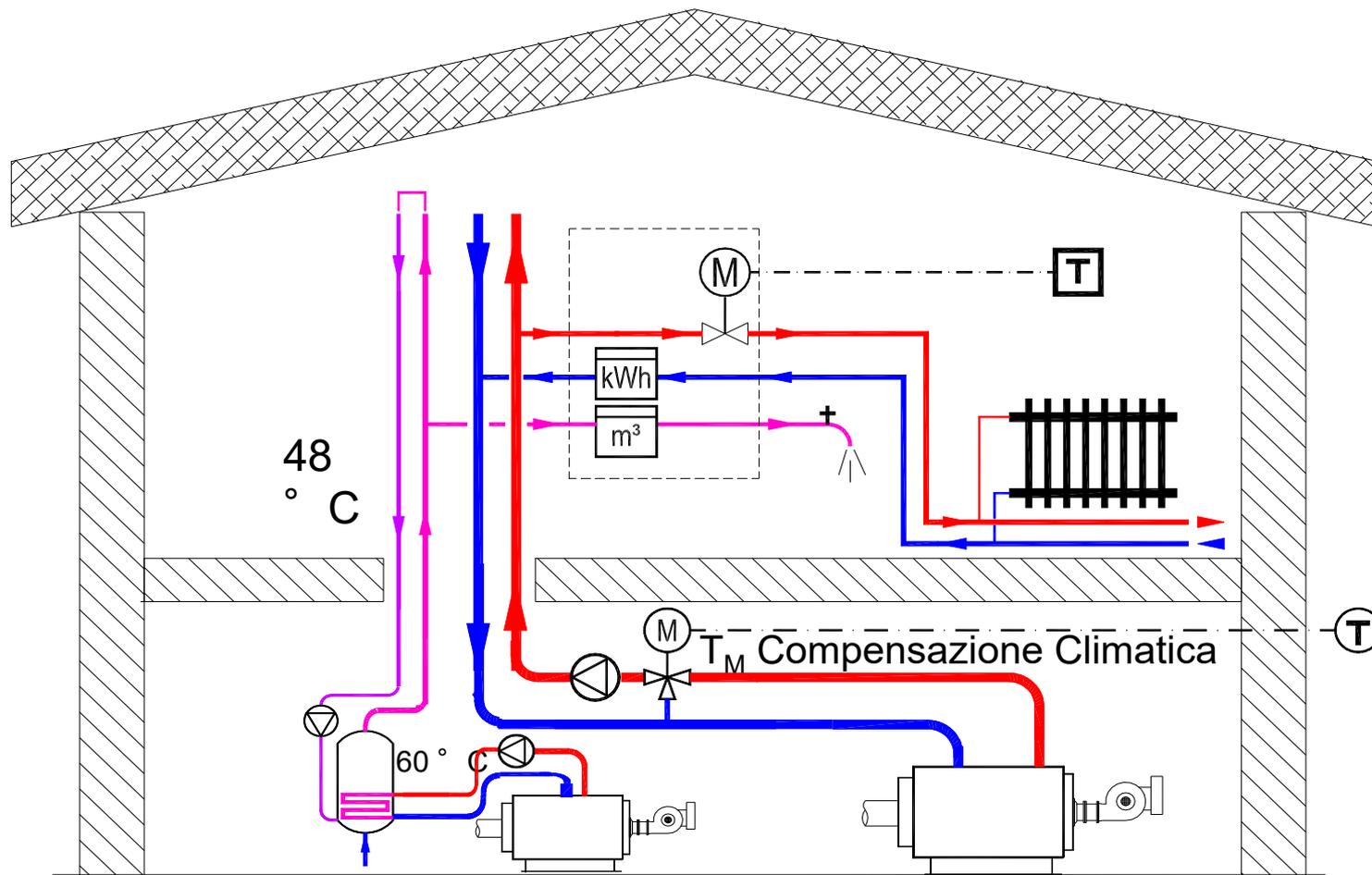
# Schema funzionale (COSA POTEVA ESSERE REALIZZATO)

## Sono presenti le necessarie predisposizioni



# Schema funzionale (COSA DOVEVA ESSERE REALIZZATO)

## Rispetto delle disposizioni dell'art. 5 comma 6 D.P.R. 412/93



## GLI OBBLIGHI LEGISLATIVI CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI (CRITERI FONDANTI)

*Legge 9 gennaio 1991 n. 10 art. 26 comma 3 (IN VIGORE)*

**Gli edifici pubblici e privati**, qualunque ne sia la destinazione d'uso, **e gli impianti non di processo ad essi associati devono essere progettati e messi in opera in modo tale da contenere al massimo**, «in relazione al progresso della tecnica», i consumi di energia termica ed elettrica.

*D.P.R. art. 26 agosto 1993 n. 412 art, 5 comma 6 (IN VIGORE)*

**Negli impianti termici di nuova installazione**, nonché in quelli sottoposti a ristrutturazione, **la produzione centralizzata dell'energia termica necessaria alla climatizzazione invernale degli ambienti ed alla produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari per una pluralità di utenze**, **deve essere effettuata con generatori di calore separati**, **fatte salve eventuali situazioni per le quali si possa dimostrare che l'adozione di un unico generatore di calore non determini maggiori consumi di energia** o comporti impedimenti di natura tecnica o economica. **Gli elementi tecnico economici che giustificano la scelta di un unico generatore vanno riportati nella relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10**

# IL CONFRONTO DELLE DUE SOLUZIONI L'ANALISI DEI REGIMI TERMICI NEL CALCOLO ANALITICO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE

## STATO DI FATTO

### Riscaldamento

|                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|
| Perdite di regolazione non recuperate             | 10560  |
| Fabbisogno in ingresso alla regolazione           | 150853 |
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate | 37630  |

### Acqua calda sanitaria

|                                                     |        |
|-----------------------------------------------------|--------|
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate   | 5069   |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di utenza | 68437  |
| Perdite di ricircolo non recuperate                 | 179328 |

Rendimento globale medio stagionale (%)

$\eta_{W.g.p,nren}$  21,6 (rispetto a energia pr. non rinn.)

## SOLUZIONE CON GENERATORI SEPARATI E COMPENSAZIONE CLIMATICA

### Riscaldamento

|                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|
| Perdite di regolazione non recuperate             | 4948   |
| Fabbisogno in ingresso alla regolazione           | 164943 |
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate | 15773  |

### Acqua calda sanitaria

|                                                     |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate   | 16543 |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di utenza | 79910 |
| Perdite di ricircolo non recuperate                 | 35917 |

Rendimento globale medio stagionale (%)

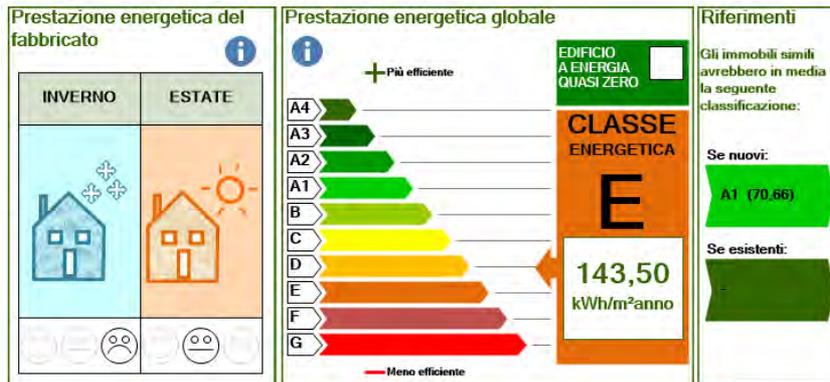
$\eta_{W.g.p,nren}$  45,8 (rispetto a energia pr. non rinn.)

# LA PRESTAZIONE ENERGETICA CONVENZIONALE DEL SISTEMA EDIFICIO / IMPIANTO

## STATO DI FATTO

### PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

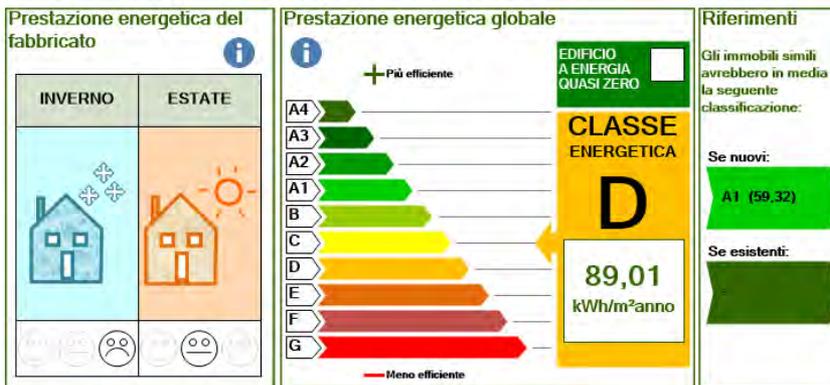
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.



## SOLUZIONE CON GENERATORI SEPARATI E COMPENSAZIONE CLIMATICA

### PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.



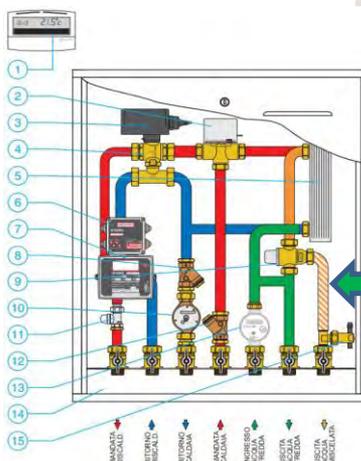
A4 ≤ 23,73  
 A3 ≤ 35,59  
 A2 ≤ 47,46  
 A1 ≤ 59,32  
 B ≤ 71,18  
 C ≤ 88,98  
 D ≤ 118,64  
 E ≤ 154,23  
 F ≤ 207,62  
 G > 207,62

# LE POSSIBILI SOLUZIONI PER IL MIGLIORAMENTO PRESTAZIONI ENERGETICHE IN RISCALDAMENTO E PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

## LE PREDISPOSIZIONI MESSE IN ATTO IN SEDE DI ESECUZIONE



- Ricircolo piani bassi
- Ricircolo piani alti
- Mandata ACS piani bassi
- Mandata ACS piani alti
- Carico accumulo piani alti



Arrivo ACS da colonna montante

Predisposizione ingresso diretto ACS utenza

Predisposizione per solare Termico (inattuabile) ok Per PdC

# 1) Sostituzione degli attuali generatori di calore con altri dotati di tecnologia a condensazione di adeguata potenza termica

## Riscaldamento

| Risultati                          |             |          |                                          |                  |                       |
|------------------------------------|-------------|----------|------------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Dettaglio dispersioni              |             |          | Totali                                   |                  |                       |
| Potenza dispersa per trasmissione  | $\Phi_{tr}$ | 148146 W | Volume totale                            | V                | 9820,6 m <sup>3</sup> |
| Potenza dispersa per ventilazione  | $\Phi_{ve}$ | 45993 W  | Potenza totale                           | $\Phi_{hl}$      | 194139 W              |
| Potenza dispersa per intermittenza | $\Phi_{rh}$ | 0 W      | Potenza totale, con fattore di sicurezza | $\Phi_{hl\ sic}$ | 213553 W              |

### Consumi

Tipologia vettore energetico

Consumo vettore energetico  Nm<sup>3</sup>/anno

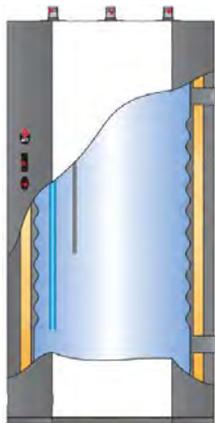
Nuovo generatore condensazione

$P_{FOC}$  219 kW

$P_U$  47 ÷ 219 kW

## Acqua calda sanitaria

Fabbisogno giornalieri del condominio (UNI/TS 11300-2 5600 litri/gg)



2 accumuli 1000 litri tipo tank in tank  
 Produzione 1° ora 45 ° C 3380 litri  
 Produzione continua 40 ° C 2570 litri/h  
 Potenza termica 90 kW  
 Tempo di ripristino acqua 45 ° C 25

Nuovo generatore condensazione

$P_{FOC}$  180 kW

$P_U$  35 ÷ 177 kW

### Consumi

Tipologia vettore energetico

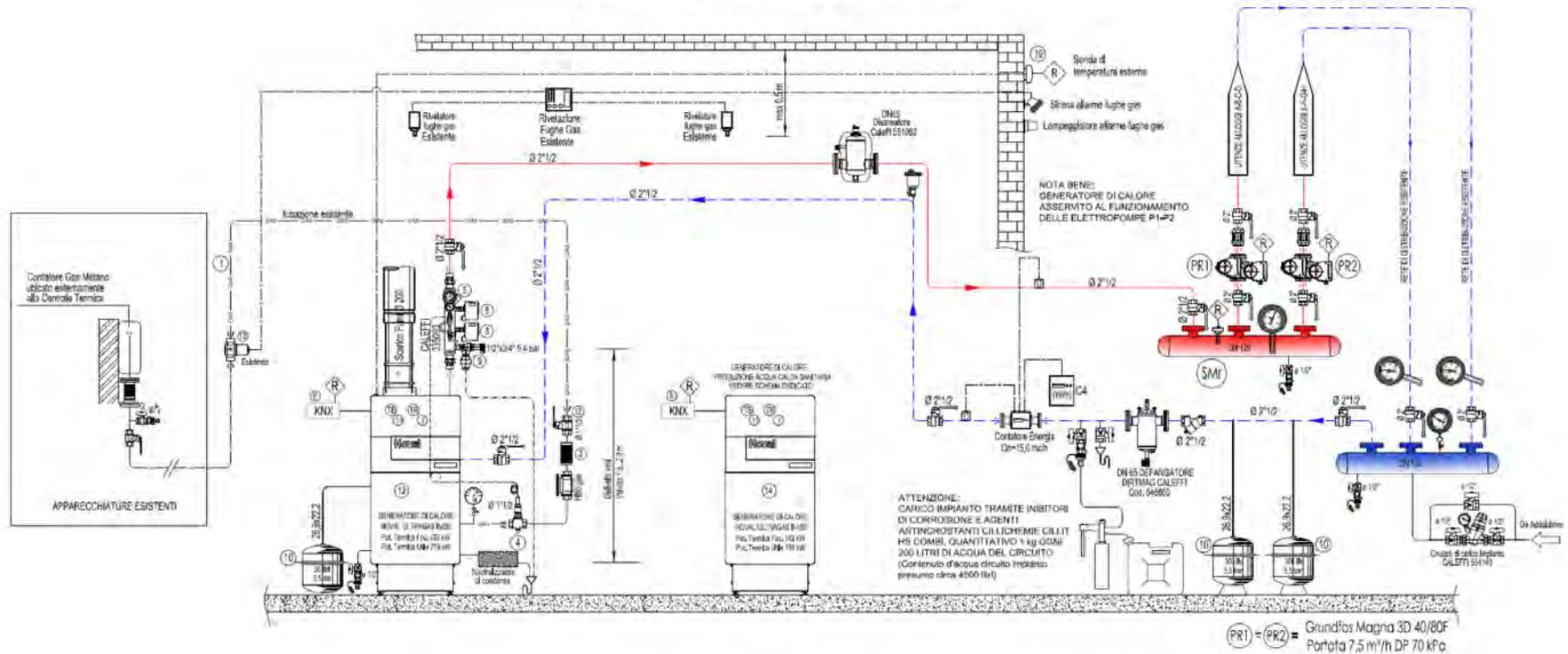
Consumo vettore energetico  Nm<sup>3</sup>/anno

Consumo medio giornaliero 31,8 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

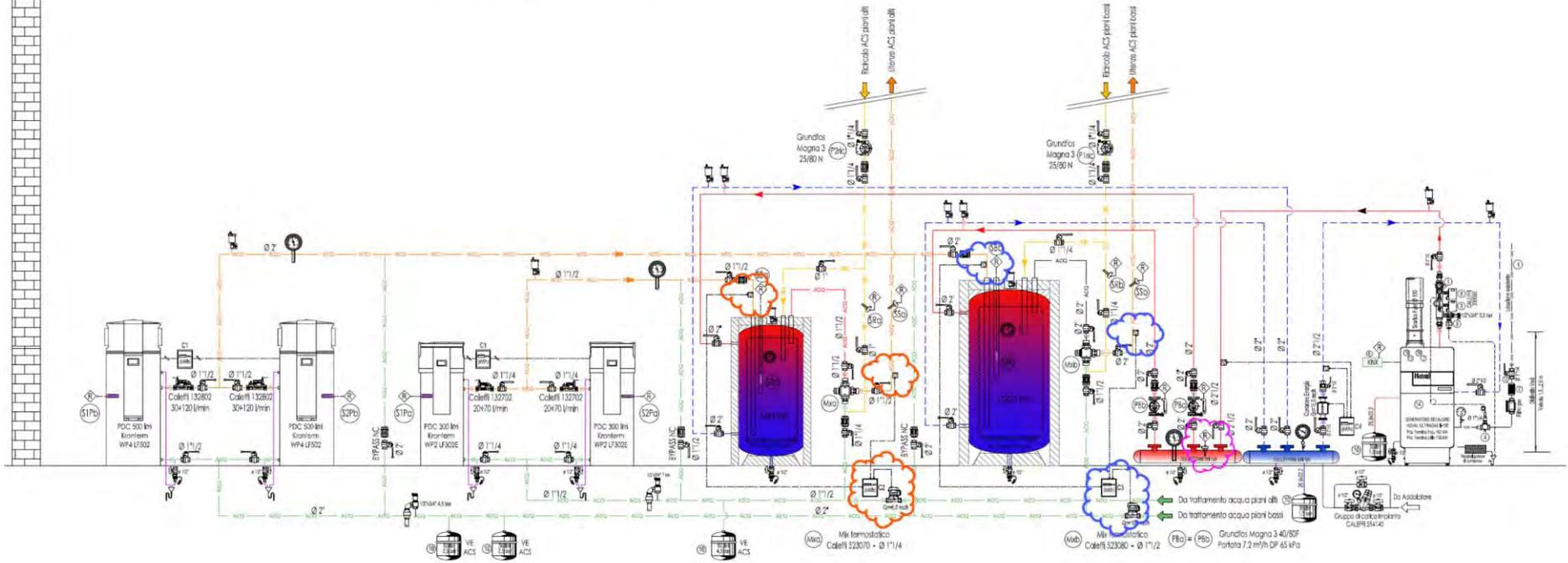
**Vantaggi : Riduzione consumi + detrazione fiscale 50% in 10 anni**

## 2) Sostituzione degli attuali generatori di calore con generatore a condensazione per riscaldamento + PdC per integrazione alla produzione di ACS + Solare Fotovoltaico

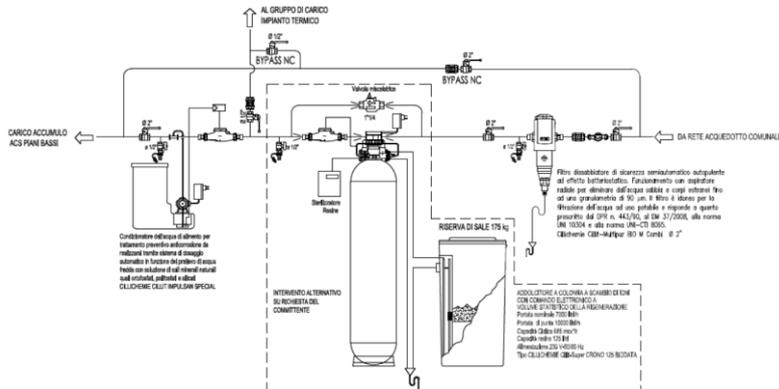
SCHEMA FUNZIONALE RISCALDAMENTO



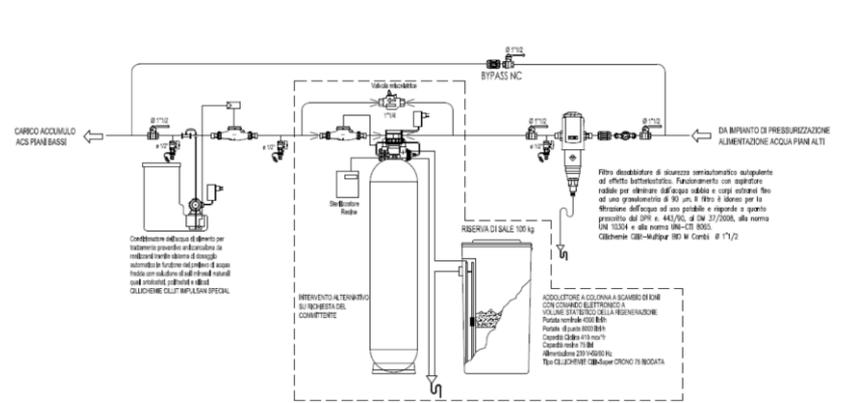
SCHEMA FUNZIONALE  
PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA



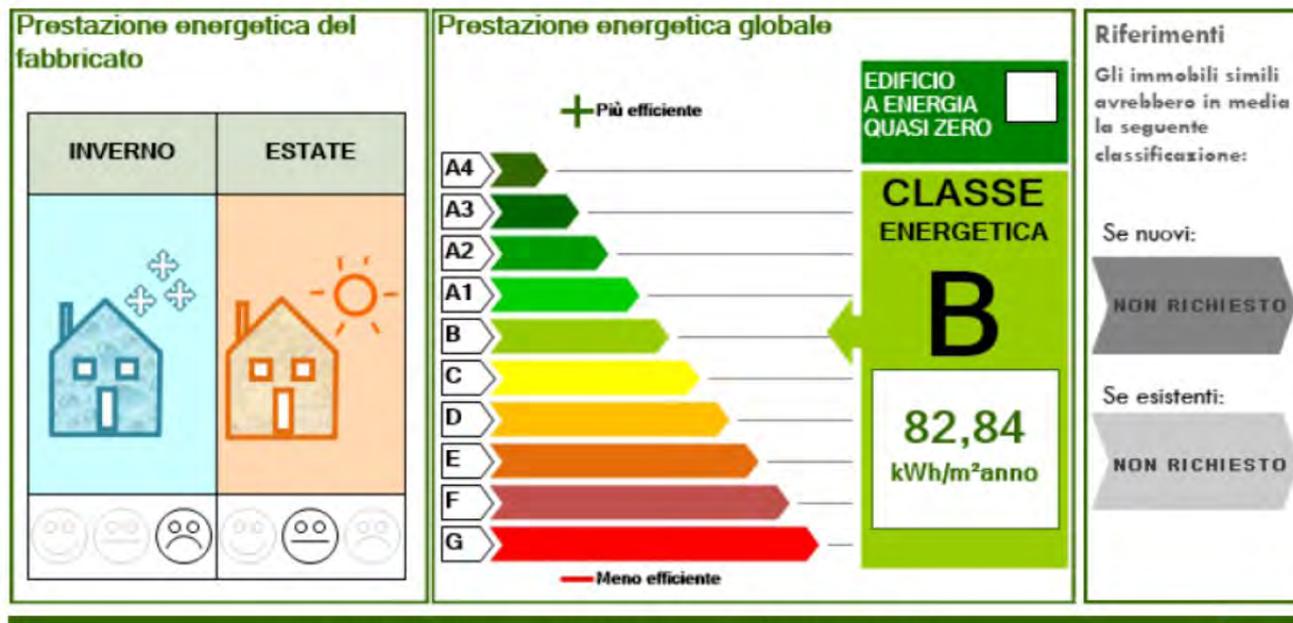
SCHEMA TRATTAMENTO ACQUA FREDDA CARICO ACCUMULO PIANI BASSI



SCHEMA TRATTAMENTO ACQUA FREDDA CARICO ACCUMULO PIANI ALTI



## RISULTATI OTTENUTI

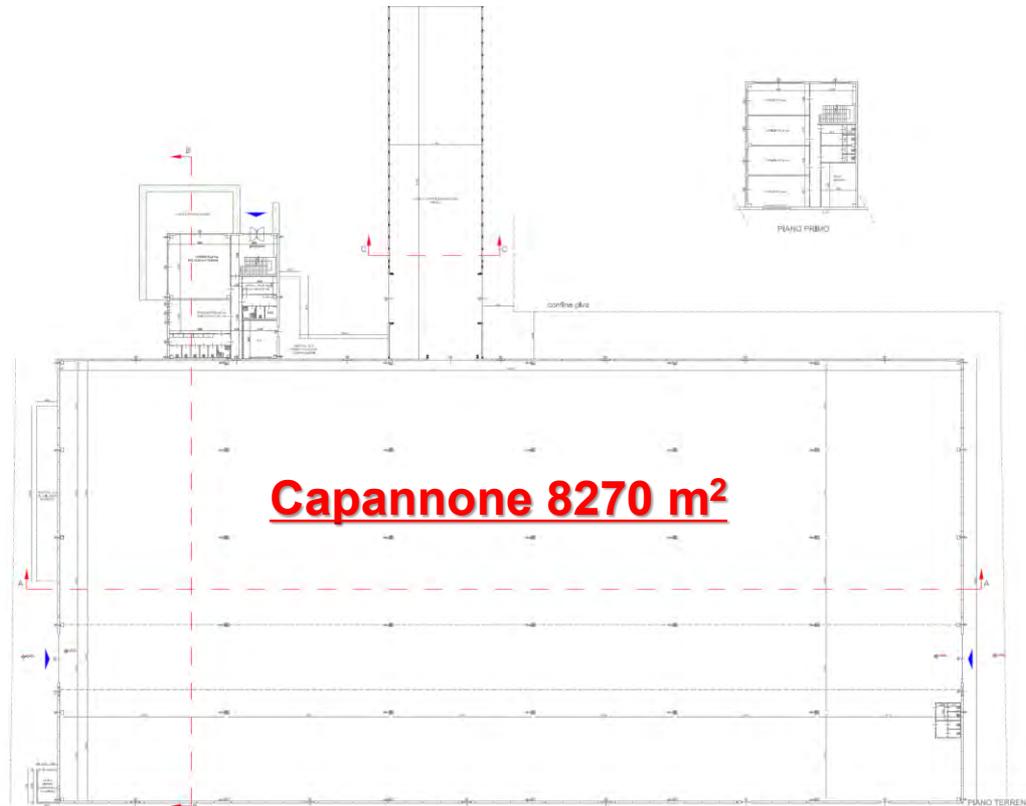


APE CONVENZIONALE – punto 12.2, allegato A del D.I. 6 agosto 2020

Pag. 1

**Vantaggi : Riduzione consumi + miglioramento 2 classi energetiche + detrazione fiscale superbonus 90% in 4 anni**

## **ESEMPIO 3 - Sistema di riscaldamento radiante in edificio industriale di nuova costruzione**



## **RICHIESTE DEL COMMITTENTE**

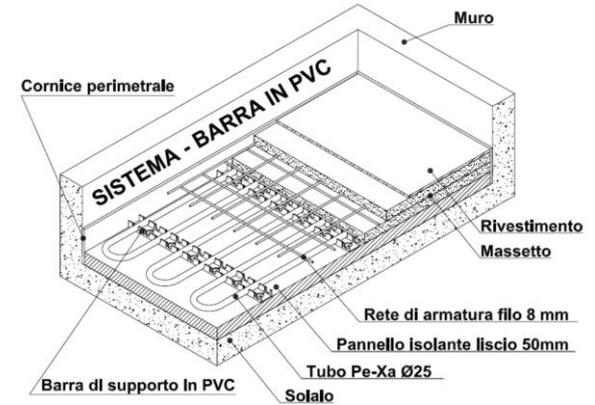
- a) **Capannone solo riscaldamento (eventuale raffrescamento si vedrà in futuro);**
- b) **Ottimizzare l'impianto termico anche per la palazzina uffici per riscaldamento invernale e climatizzazione estiva;**
- c) **Massetto tradizionale sabbia e cemento;**
- d) **Isolamento pavimento idoneo per passaggio mezzi pesanti;**
- e) **Vincoli su futuri ampliamenti;**
- g) **Regolazione per zone con semplice termostatazione;**

## **APPROCCIO METODOLOGICO**

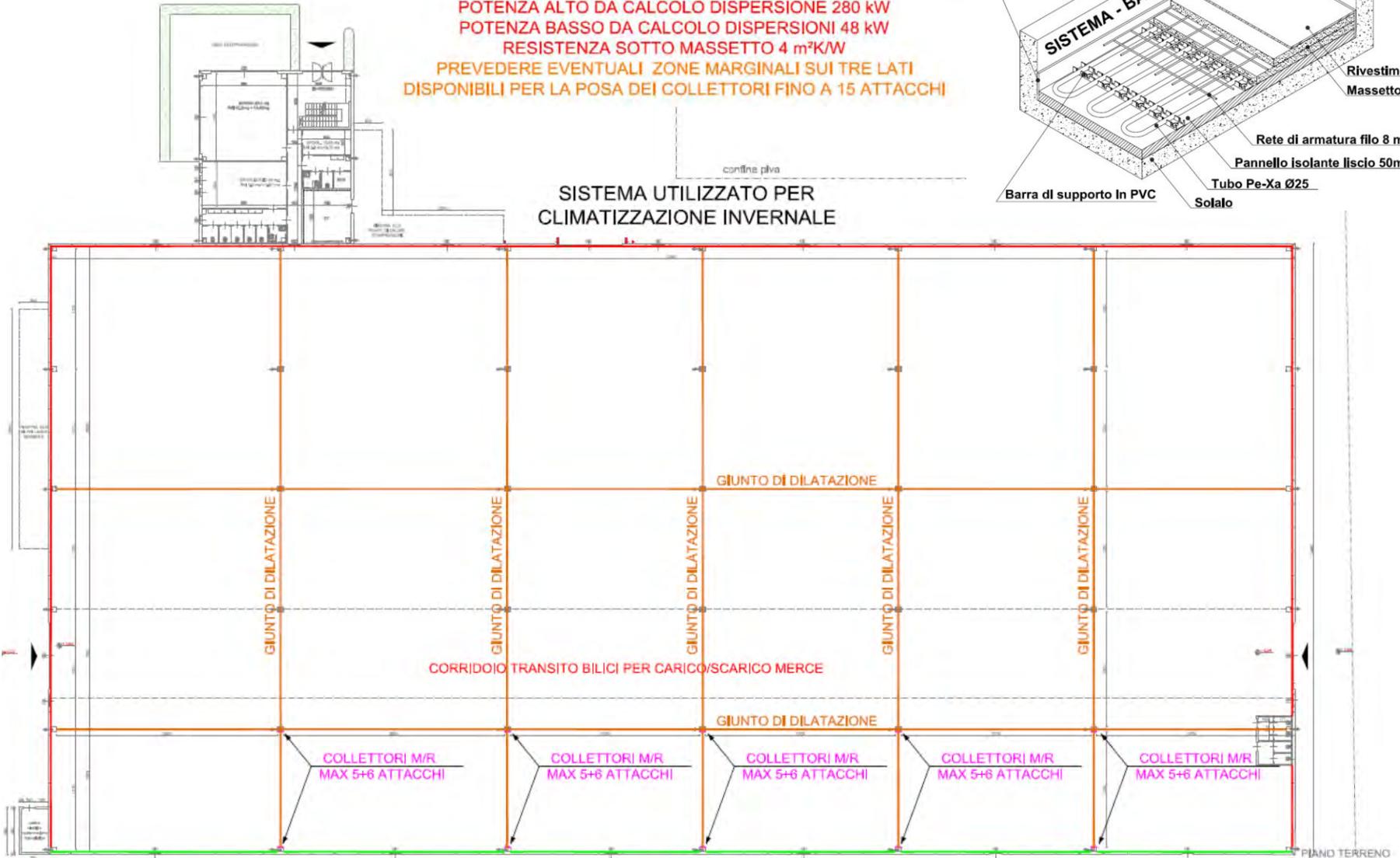
- a) **Scelta dei componenti;**
- b) **Valutazione dei carichi termici (soprattutto quelli invernali);**
- c) **Involtro edilizio definito sulla base del D.M. 26/06/2015 e verifiche in ottemperanza al D.Lgs 199/2021 (fonti rinnovabili)**
- d) **Definizione del progetto esecutivo;**

- LATI PER POSA COLLETTORI FINO A 15 ATTACCHI
- PILASTRI PER EVENTUALI POSIZIONAMENTO DI COLLETTORI MASSIMO 6 ATTACCHI
- PANNELLI CHE VERRANNO RIMOSI IN FUTURO PER AMPLIAMENTO. LATO DEL CAPANNONE INTERDETTO PER LA POSA DI COLLETTORI

POTENZA ALTO DA CALCOLO DISPERSIONE 280 kW  
 POTENZA BASSO DA CALCOLO DISPERSIONI 48 kW  
 RESISTENZA SOTTO MASSETTO 4 m<sup>2</sup>K/W  
 PREVEDERE EVENTUALI ZONE MARGINALI SUI TRE LATI  
 DISPONIBILI PER LA POSA DEI COLLETTORI FINO A 15 ATTACCHI



SISTEMA UTILIZZATO PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE



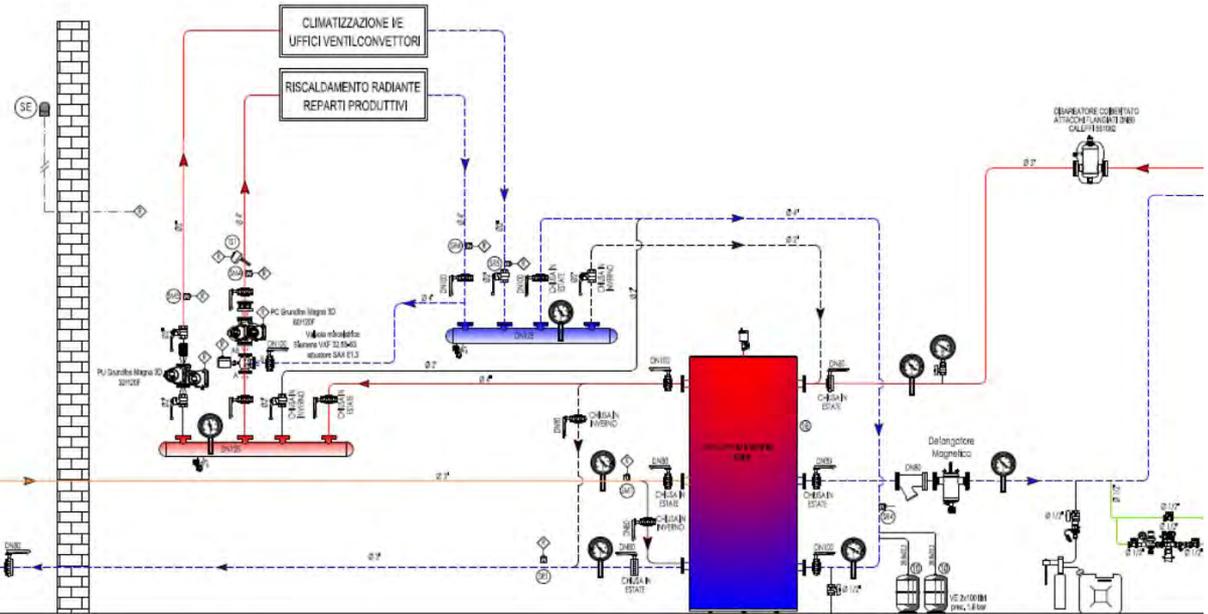
DT= 7,5 °C

| Coll. nr.       | Resa W/m <sup>2</sup> |                   |            |       |             |           |           |
|-----------------|-----------------------|-------------------|------------|-------|-------------|-----------|-----------|
| Circuito        | LS 15                 | LS 20             | LS 30      | LS 40 | Portata     | Perdita   | Cond.Moto |
|                 | mi                    | mi                | mi         | mi    | l/h         | mbar      | -         |
| 1               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 2               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 3               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 4               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 5               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 6               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 7               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 8               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 9               |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| 10              |                       |                   | 200        |       | 260         | 82        |           |
| <b>Tot. ml.</b> | <b>2.000</b>          | <b>Tot. Litri</b> | <b>654</b> |       | <b>2600</b> | <b>85</b> |           |



**POMPA DI CALORE REVERSIBILE**

Potenzialità termica nominale A7/W35 140 kW  
 Doppio circuito frigorifero  
 4 gradini di parzializzazione



Accumulo Inerziale  
750 litri

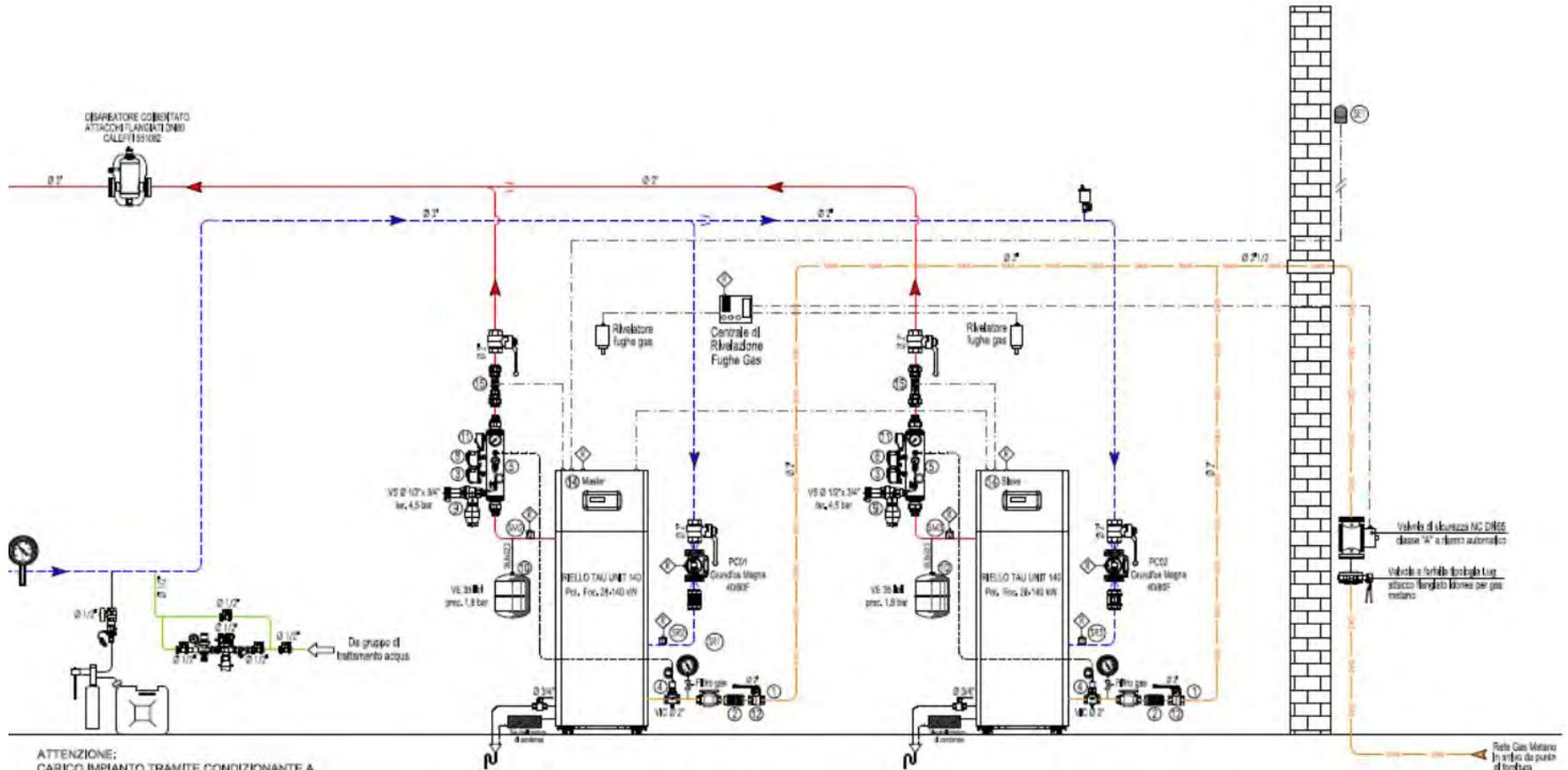
ATTENZIONE:  
 CARICO IMPIANTO TRAMITE CONDIZION  
 BASE DI POLIALCHIAMMINE E POLIACR  
 ILICHEMIE GILIT HS 30, QUANTITATI  
 OGNI 200 LITRI DI ACQUA DEL CIRCUIT  
 (Contenuto d'acqua circuito impianto press  
 6000 ltr)

**Circuito idraulico**

|                                 |     |      |
|---------------------------------|-----|------|
| Max pressione lato acqua        | Kpa | 1000 |
| Taratura valvola sicurezza      | kPa | 600  |
| Minimo contenuto acqua impianto | l   | 810  |

**Alimentazione**

|                        |   |            |
|------------------------|---|------------|
| Alimentazione standard | V | 400/3/50+N |
|------------------------|---|------------|



ATTENZIONE:  
 CARICO IMPIANTO TRAMITE CONDIZIONANTE A  
 BASE DI POLIALCHILAMMINE E POLIACRILATI  
 CILICHEMIE CILLIT HS 30, QUANTITATIVO 1 kg  
 OGNI 205 LITRI DI ACQUA DEL CIRCUITO  
 (Contenuto d'acqua circuito impianto presunto circa  
 6000 litri)

**GRAZIE DELL'ATTENZIONE**