



in collaborazione con



Organizza il seminario di aggiornamento tecnico

## **IMPIANTI IDRONICI: PROBLEMATICHE E SOLUZIONI**

Palazzo delle Professioni di Prato - Sala del Teatro  
Via Pugliesi 26 - Prato

Mercoledì 24 febbraio 2016 - Ore 14.00 ÷ 18.45

Incontro organizzato con il contributo di



27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

1

## Programma

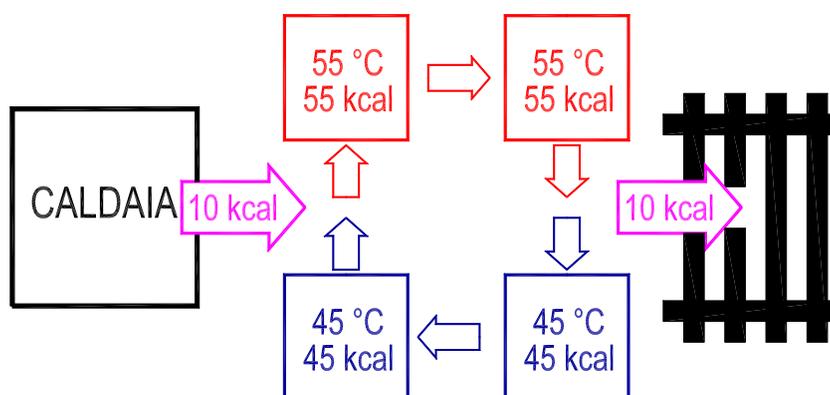
- Richiami di idraulica: portate, perdite di carico degli impianti, prevalenza dei circolatori
- Il trasporto di calore negli impianti: temperature, portate, potenze
- Analisi di un circuito idraulico semplice a portata costante
- Il controllo della potenza emessa da un corpo scaldante in ambiente
- I circuiti idraulici di regolazione fondamentali
- Analisi di un circuito idraulico semplice a portata variabile
- I circolatori a portata variabile
- Le valvole di regolazione: tipologie e caratteristiche
- I circuiti con più corpi scaldanti: concetto di bilanciamento dell'impianto
- Circuiti estesi e complessi, strategie di funzionamento, bilanciamento e regolazione
- Alcune regole per analizzare il funzionamento degli impianti

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

2

## Perché facciamo girare l'acqua?



Per trasportare il calore dalla caldaia ai corpi scaldanti occorre "caricarlo" su un fluido termovettore.  
Ogni litro di acqua, ad ogni giro dell'impianto trasporta una quantità di calore pari alla differenza di temperatura fra andata e ritorno

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

3

## I circuiti idraulici

- **Per trasportare il calore** occorre far girare l'acqua percorrendo la mandata ed il ritorno
- **Ad ogni giro**, l'acqua trasporta una quantità di calore proporzionale alla **differenza fra la temperatura di mandata e la temperatura di ritorno**.
- Se la differenza di temperatura fra mandata e ritorno è elevata basta far girare poca acqua
- **Per regolare l'erogazione di potenza** dell'impianto dovremo regolare temperature dell'acqua oppure lo scambio termico sui corpi scaldanti (ventilconvettori)

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

4

## Circuiti idraulici e circuiti elettrici

*Perchè facciamo girare gli elettroni nei circuiti elettrici?  
Per trasportare energia e produrre lavori di ogni tipo...*

Elettricità	Idraulica
Tensione V	Pressione Pa...
Corrente A	Portata l/s...m <sup>3</sup> /h
Forza elettromotrice V	Prevalenza
Caduta di tensione V	Perdita di carico
Tester	Manometro
Pinza amperometrica	Ultrasuoni esterno

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

5

## Quantità e portata di acqua

- La quantità di acqua  $V$  si misura in litri o kg  
→ nei circuiti idraulici possiamo confonderli  
(*finchè non dobbiamo pensare alla dilatazione...*)
- La portata di acqua  $V'$  è la quantità di acqua che passa in una unità di tempo  
→ m<sup>3</sup>/ora ... litri/ora  
... l/min ... l/s ...



27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

6

## Esempio: vasca da bagno

**Volume di acqua: 150 litri**  
**Tempo di riempimento: 10 minuti**

**Portata  $V'$  =**  
**quantità di acqua / tempo**

**Portata richiesta**

**0,25 l/s**  
**15 l/minuto**  
**900 l/ora**



27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

7

## Esempio: doccia

**12 l/minuto**  
**720 l/ora**

**l/minuto ????**  
**??? l/ora**



27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

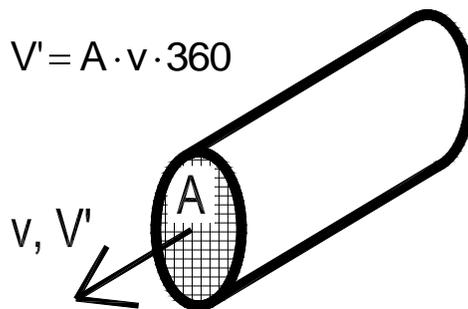
8

## Relazione fra portata e velocità

- $A$  [ $\text{cm}^2$ ] = area della sezione interna
- $v$  [ $\text{m/s}$ ] = velocità
- $V'$  [ $\text{l/h}$ ] = portata

$$V' = A \cdot v \cdot 360$$

$$v = \frac{V'}{A \cdot 360}$$



Portata 43 l/h  
 Tubo da 12 x 1  
 $A = 0,8 \text{ cm}^2$

$$v = \frac{43 \text{ l/h}}{0,8 \text{ cm}^2 \cdot 360} = 0,15 \text{ m/s}$$

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

9

## Velocità tipiche negli impianti

Descrizione	m/s
Acqua, tubazioni principali in acciaio	0,5-2,0 (max 2,5)
Acqua, tubazioni secondarie	0,2-1,2 (max 1,5)
Acqua, tubazioni in rame	0,2-0,8 (max 1,0)
Condotte d'aria principali di climatizzazione in cavedi	6-20
Condotte d'aria di distribuzione	2,5-10
Griglie di ripresa ed espulsione	1,0-4,0
Condotte di gas	10-20 (max 30)
Vapore	20-40 (max 60)
Fumi in camini a tiraggio naturale	5-12
Condotti scarico fumi	10-20 (max 30)

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

10

## Dimensioni tipiche dei tubi

Tubo	Diametro esterno	Spessore	Diametro interno	Area sezione	Tubo	Diametro esterno	Spessore	Diametro interno	Area sezione
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>cm<sup>2</sup></i>		<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>cm<sup>2</sup></i>
<b>10 x 1</b>	10	1	8	0,50	<b>DN 15</b>	21,3	2,35	16,6	2,16
<b>12 x 1</b>	12	1	10	0,79	<b>DN 20</b>	26,9	2,35	22,2	3,87
<b>16 x 1</b>	16	1	14	1,54	<b>DN 25</b>	33,7	2,9	27,9	6,11
<b>18 x 1,5</b>	18	1,5	15	1,77	<b>DN 32</b>	42,4	2,9	36,6	10,52
<b>22 x 1,5</b>	22	1,5	19	2,84	<b>DN 40</b>	48,3	2,9	42,5	14,19
<b>28 x 1,5</b>	28	1,5	25	4,91	<b>DN 50</b>	60,3	3,25	53,8	22,73

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

11

Tubo	Diametro esterno	Spessore	Diametro interno	Area sezione	Velocità acqua	Portata
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>cm<sup>2</sup></i>	<i>m/s</i>	<i>l/h</i>
<b>10 x 1</b>	10	1,0	8	0,50	0,5	90
<b>12 x 1</b>	12	1,0	10	0,79	0,5	141
<b>16 x 1</b>	16	1,0	14	1,54	0,5	277
<b>18 x 1,5</b>	18	1,5	15	1,77	0,5	318
<b>22 x 1,5</b>	22	1,5	19	2,84	0,5	510
<b>28 x 1,5</b>	28	1,5	25	4,91	0,5	884
<b>DN 15</b>	21,3	2,35	16,6	2,16	0,5	390
<b>DN 20</b>	26,9	2,35	22,2	3,87	0,5	697
<b>DN 25</b>	33,7	2,9	27,9	6,11	0,5	1.100
<b>DN 32</b>	42,4	2,9	36,6	10,5	0,75	2.841
<b>DN 40</b>	48,3	2,9	42,5	14,2	1,0	5.107
<b>DN 50</b>	60,3	3,25	53,8	22,7	1,0	8.184

**Portate  
indicative  
tubazioni**

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

12

## Strumenti di misura portata

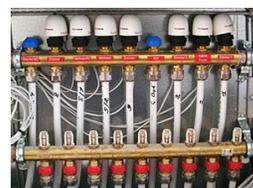
- Contalitri da contacalorie
- Flussimetri pannelli
- Pompe elettroniche
- Ultrasuoni esterno



27/02/2016



Energia: contano anche i dettagli



13

## Pressione

- **Definizione:** La pressione è una forza per unità di superficie
- **Unità di misura ufficiale:**  $[N/m^2] = \text{Pascal [Pa]}$
- Sono in uso molte **unità tecniche**, fra cui
  - $1 \text{ bar} \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \approx 100.000 \text{ Pascal} = 0,1 \text{ MPa}$
  - **1 m c.a.  $\approx 0,1 \text{ bar}$**
  - $1 \text{ mm. c.a.} \approx 10 \text{ Pascal}$
  - $1 \text{ mbar} \approx 100 \text{ Pascal}$  (per cui  $1 \text{ mbar} \approx 1 \text{ hPa}$ )
- La pressione agisce sempre in direzione perpendicolare alla superficie del recipiente
- La **forza** è data da **pressione x area**  
Esempio:  $1 \text{ bar} \times 1 \text{ m}^2 = \dots?$

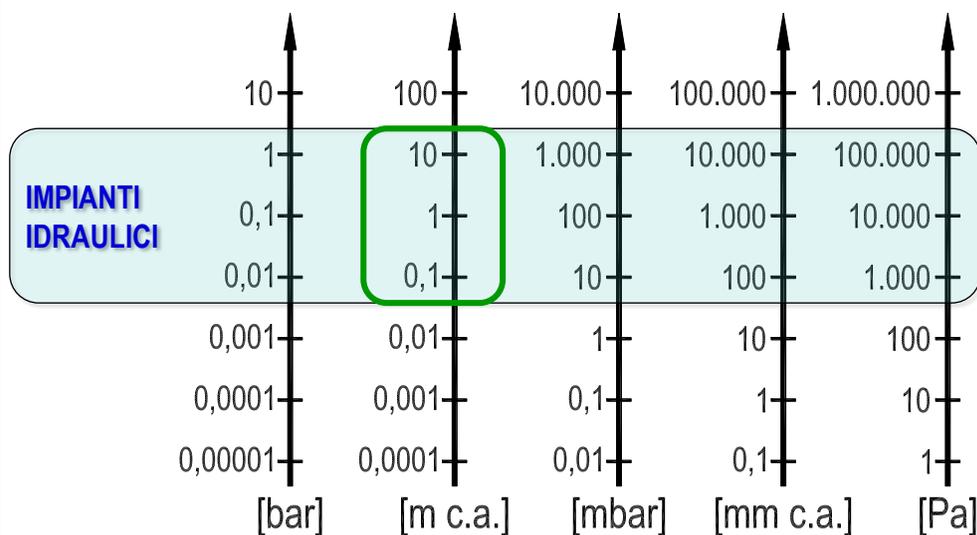


27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

1-1-14/64

## Scale delle unità di misura di pressione



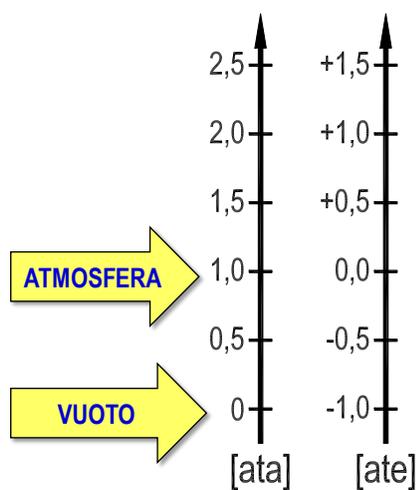
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

15

## Pressione assoluta e relativa

- **Pressione assoluta:** lo zero è il vuoto.  
Veniva indicata con [ata] per distinguerla da [ate] (pressione relativa)
- **Pressione differenziale:** è la differenza di pressione fra due punti
- **Pressione relativa:** lo zero è la pressione atmosferica. Veniva indicata con [ate].  
È anche la pressione differenziale rispetto ad un punto a pressione atmosferica.



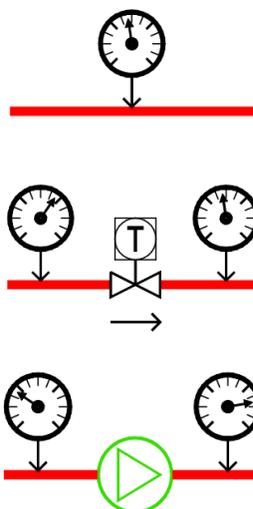
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

16

## Per capirci...

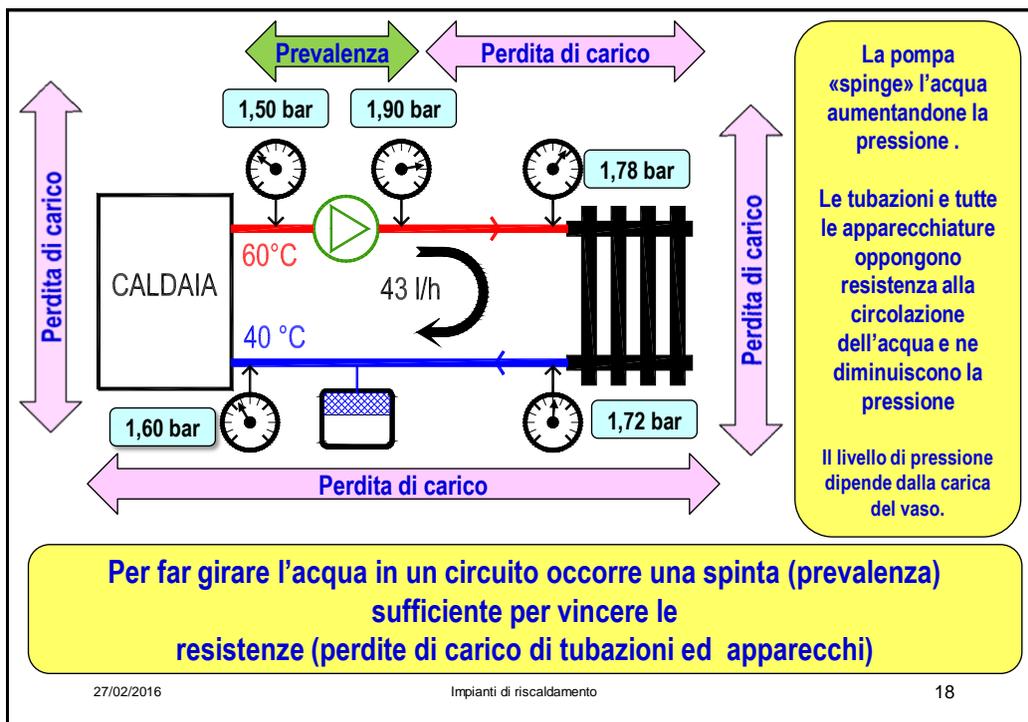
- **Pressione** →  
misurata in un punto
- **Perdita di carico** →  
differenza di pressione  
a causa dell'attrito fra  
acqua e tubo  
Forza resistente
- **Prevalenza** →  
aumento di pressione  
fornito dalla pompa  
Forza motrice



27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

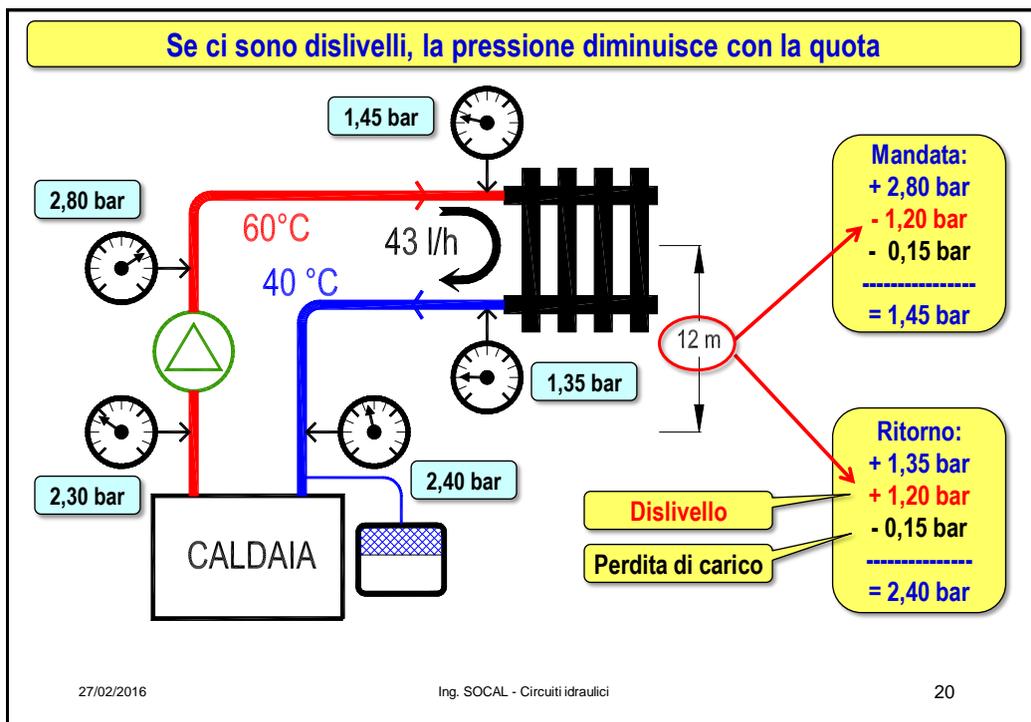
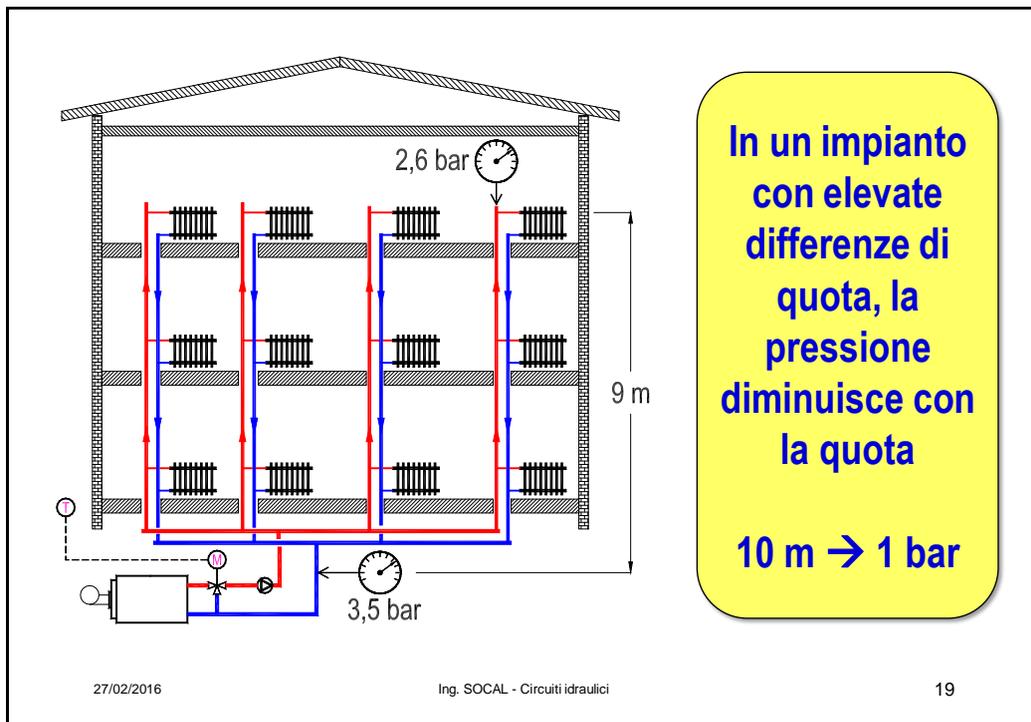
17



27/02/2016

Impianti di riscaldamento

18





## Le perdite di carico dipendono dal quadrato della portata

- Non è possibile aumentare molto la portata in una tubazione troppo stretta
- Se si riduce la portata, le perdite di carico spariscono rapidamente  $1/3$  portata  $\rightarrow 1/9 \Delta P$
- % variazione portata = % variazione prevalenza x 0,5  
*Le variazioni di prevalenza disponibile hanno un effetto attenuato sulle portate*

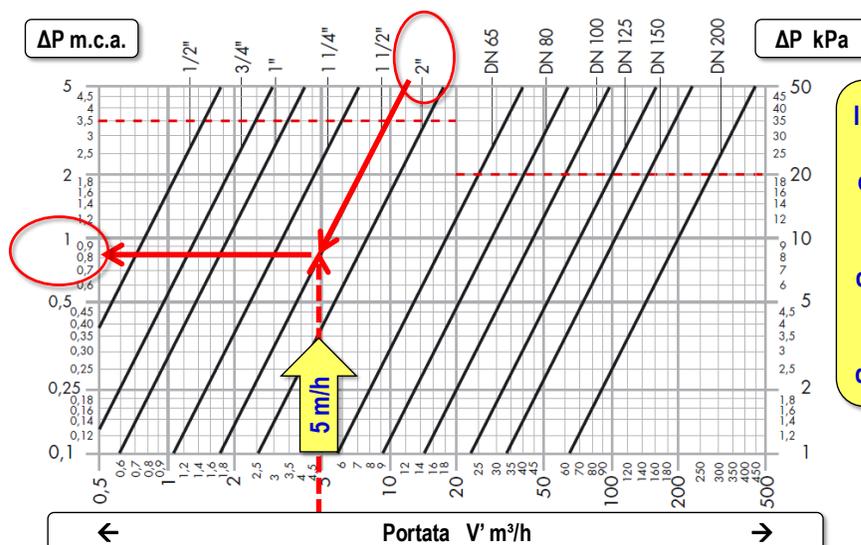
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

23

## Perdite di carico concentrate

Contatore volumetrico + pozzetti per sonda (se attacco filettato)



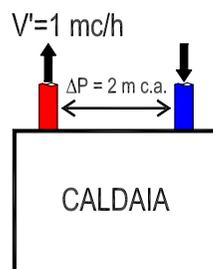
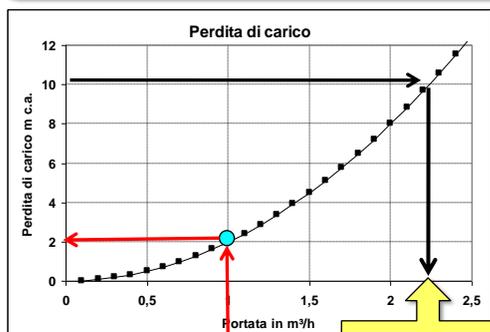
Il costruttore dei componenti fornisce delle curve della perdita di carico in funzione della portata

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

24

Spesso viene fornito il coefficiente di portata  $K_v$   
 → È la portata con perdita di carico 1 bar



$$\Delta P = 10 \cdot \left( \frac{V'}{K_v} \right)^2 = 10 \cdot \left( \frac{1 \text{ m}^3/\text{h}}{2,25 \text{ m}^3/\text{h}} \right)^2 = 2 \text{ m.c.a.}$$

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

25

## Formule di base del $K_v$

Attenzione alle unità di misura:

- $\Delta P$  deve essere espresso in bar
- $Q$  nella stessa unità di  $K_v$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{l/s}$ , ...)

Se misuriamo le perdite di carico in m.c.a., vanno convertite

$$Q = K_v \cdot \sqrt{\Delta P}$$

Calcolo portata:

Applico  $\Delta P$  1,0 m.c.a.

$$\rightarrow Q = 2,25 \times \sqrt{0,10} = 0,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}}$$

Dato prodotto:

1  $\text{m}^3/\text{h}$  con  $\Delta P$  2 m.c.a.

$$\rightarrow K_v = 1/\sqrt{0,20} = 2,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta P = \left( \frac{Q}{K_v} \right)^2$$

Calcolo perdita di carico:

Vorrei far passare 1,5  $\text{m}^3/\text{h}$  ...

$$\rightarrow \Delta P = (1,5/2,25)^2 = 0,44 \text{ bar} = 4,44 \text{ m.c.a.}$$

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

26

## Esempio: dato Kv

Type	Design	Pre-setting									
		$k_{v,max.}^{2)}$ (m <sup>3</sup> /h at $\Delta p = 1$ bar)								$k_{vs}$	
		1	2	3	4	5	6	7	N	N	
RA-N 15	Angle, F										
	Straight, F										
	Angle, D	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.43	0.52	0.73	0.90	
	Straight, D										
	Horiz. angle, D										

<sup>1)</sup> Working pressure = static + differential pressure. The maximum differential pressure specified is the maximum pressure at which the valves give satisfactory regulation. As with any device which imposes a pressure drop in the system, noise may occur under certain flow/pressure conditions. To ensure quiet operation, maximum pressure drop should not exceed 30 to 35 kPa. The differential pressure can be reduced by the use of the Danfoss differential pressure regulators types AVD, AVDL, AVDS, IVD or ASV-P.

<sup>2)</sup> The  $k_v$ -value indicates the water flow (Q) in m<sup>3</sup>/h at a pressure drop ( $\Delta p$ ) across the valve of 1 bar;

$$k_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}}$$

At setting N the  $k_v$ -value is stated according to EN 215, at  $X_p = 2K$  i.e. the valve is closed at 2°C

higher room temperature. At lower settings the  $X_p$ -value is reduced to 0.5K of the setting value 1. The  $k_{vs}$ -value states the flow Q at a maximum lift, i.e. at fully open valve at setting N.

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

27

## Approfondimenti

- In generale i **Kv** dovrebbero essere riferiti ad una «**differenza di pressione di riferimento**»  $\Delta P_0$  e tutti i  $\Delta P$  devono essere espressi in termini relativi.
- Di solito il riferimento è  $\Delta P = 1$  bar  $\rightarrow$  formule pratiche.
- Alcune volte si usa 100 mbar come  $\Delta P_0$
- Alcune perdite di carico concentrate di pezzi speciali e raccordi sono specificate come multiplo dell'altezza cinetica (soprattutto nei circuiti ad aria)
- Altre volte i pezzi speciali vengono rappresentati con una «**lunghezza equivalente**» di tubo dritto.  
La lunghezza equivalente dipende anche dal diametro del raccordo, non solo dal tipo

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

28

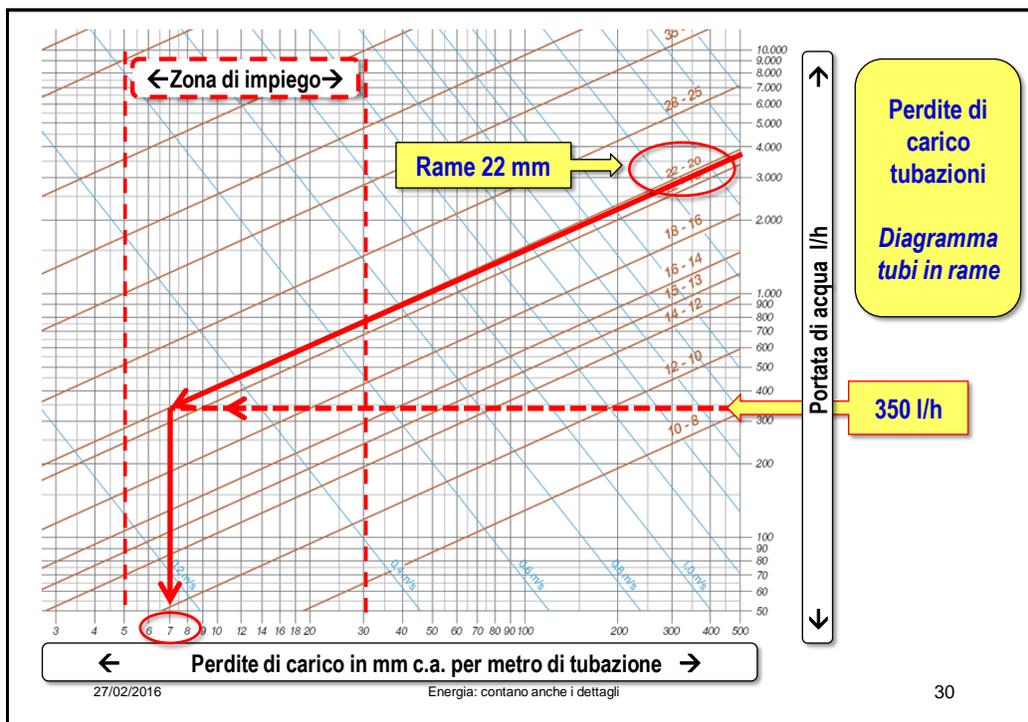
## Perdite di carico distribuite

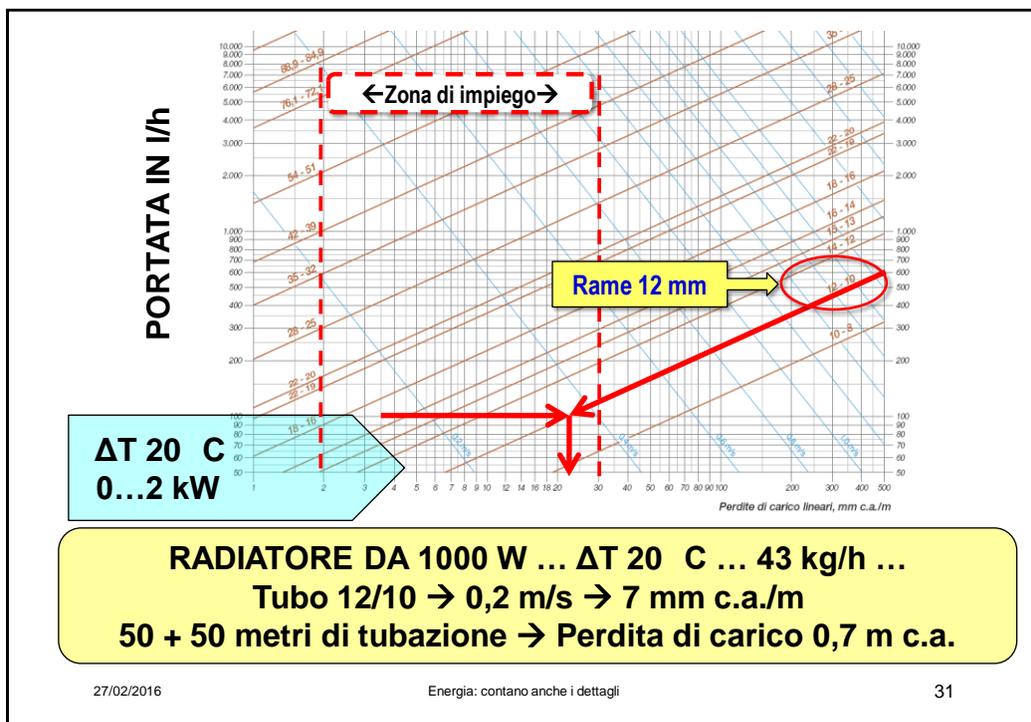
- Sono legate ai tratti di tubazione
- Esistono equazioni che tengono conto del moto laminare/turbolento.
- Normalmente siamo in regime turbolento ed utilizziamo abachi di calcolo
- Se il regime è turbolento, una volta definiti i tratti, ad ognuno di essi può essere associato un Kv.

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

29





## Circuiti complessi

- Formule di base

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}} \quad Q = K_v \cdot \sqrt{\Delta P} \quad \Delta P = \left( \frac{Q}{K_v} \right)^2$$

- Collegamento in parallelo di n circuiti

$$K_{v_{tot}} = \sum_{i=1..n} K_{v_i}$$

- Collegamento in serie di 2 circuiti

$$K_{v_{serie}} = \sqrt{\frac{K_{v_1}^2 \cdot K_{v_2}^2}{K_{v_1}^2 + K_{v_2}^2}}$$

## Studio di un circuito complesso

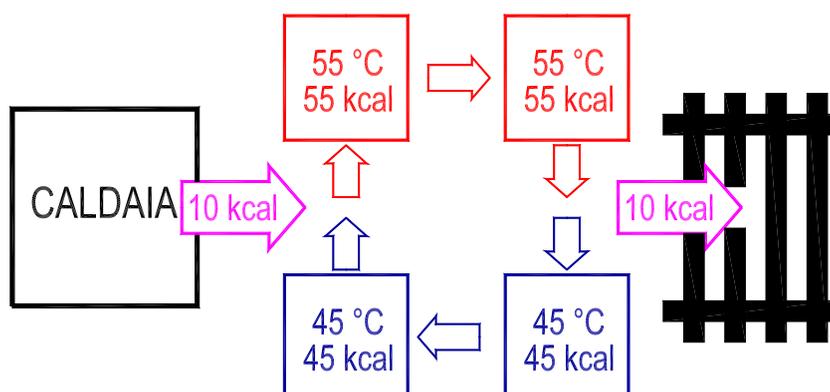
- **Ridurre il circuito** ad un unico Kv con combinazioni in serie e parallelo
- Tenere conto della pompa e calcolare la **portata totale**
- Partire dalla pompa ed ogni volta che c'è una diramazione **suddividere la portata** in base ai Kv dei rami paralleli
- Calcolare le **perdite di carico di tutti i rami**

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

33

## Perché facciamo girare l'acqua?



Per trasportare il calore dalla caldaia ai corpi scaldanti occorre "caricarlo" su un fluido termovettore.  
 Ogni litro di acqua, ad ogni giro dell'impianto trasporta una quantità di calore pari alla differenza di temperatura fra andata e ritorno

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

34

## Il calore specifico dell'acqua

La quantità di calore  $Q$  “caricata” o “scaricata” dipende dalla quantità di acqua  $V$ , dal calore specifico  $c_p$  e dalla differenza di temperatura  $\Delta T$

$$Q = V \times c_p \times \Delta T$$

$$100 \text{ l} \times 1 \text{ kcal/l}^\circ\text{C} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 1000 \text{ kcal}$$

$$100 \text{ l} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 1116 \text{ Wh} = 1,16 \text{ kWh}$$

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

35

## Che potenza viaggia nell'impianto?

La potenza termica  $P$  è il rapporto fra la quantità di calore  $Q$  trasportata ed il tempo impiegato  $t$ .

*In un circuito* è data dal prodotto della **portata**  $V'$  per il **salto termico**  $\Delta T$  e per il **calore specifico**  $c_p$

$$P = Q/t = (V \times c_p \times \Delta T) / t = (V/t) \times c_p \times \Delta T$$

$$\begin{aligned} 100 \text{ l} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} / 1 \text{ h} = \\ 100 \text{ l} / 1 \text{ h} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} = \\ 100 \text{ l/h} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} \rightarrow 1116 \text{ W} = 1,16 \text{ kW} \end{aligned}$$

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

36

## Che potenza viaggia nell'impianto?

$$\text{Portata} \times \Delta t \times \text{calore specifico} = \text{Potenza}$$

$$700 \text{ l/h} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} \times 1 \text{ kcal/l}^\circ\text{C} = 7000 \text{ kcal/h}$$

$$700 \text{ l/h} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} = 8120 \text{ W}$$

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

37

## Quanta acqua deve circolare

La portata necessaria è data dal il rapporto fra la potenza P ed il prodotto del salto termico  $\Delta T$  e per il calore specifico  $c_p$

$$\frac{\text{Potenza}}{\Delta t \times \text{Calore specifico}} = \text{Portata}$$

$$\frac{1000 \text{ W}}{10 \text{ }^\circ\text{C} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C}} = 82,2 \text{ l/h}$$

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

38

## Quanta acqua deve circolare

La portata necessaria è data dal il rapporto fra la potenza  $P$  ed il prodotto del salto termico  $\Delta T$  e per il calore specifico  $c_p$

$$V/t = V' = P / (c_p \times \Delta T)$$

$$V' = 1000 \text{ W} / (1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} \times 10 \text{ }^\circ\text{C}) = 86 \text{ l/h}$$

$$V' = 1000 \text{ W} / (1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} \times 20 \text{ }^\circ\text{C}) = 43 \text{ l/h}$$

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

39

$$\text{Potenza} = \text{Portata} \times \Delta t \times C_p$$

$$\text{Portata} = \frac{\text{Potenza}}{\Delta t \times C_p}$$

$$\Delta t = \frac{\text{Potenza}}{\text{Portata} \times C_p}$$

$\Delta T$  è una scelta  
progettuale

Valore di  $C_p$

W l/h



1,16 Wh/l $^\circ$ C

kW m<sup>3</sup>/h

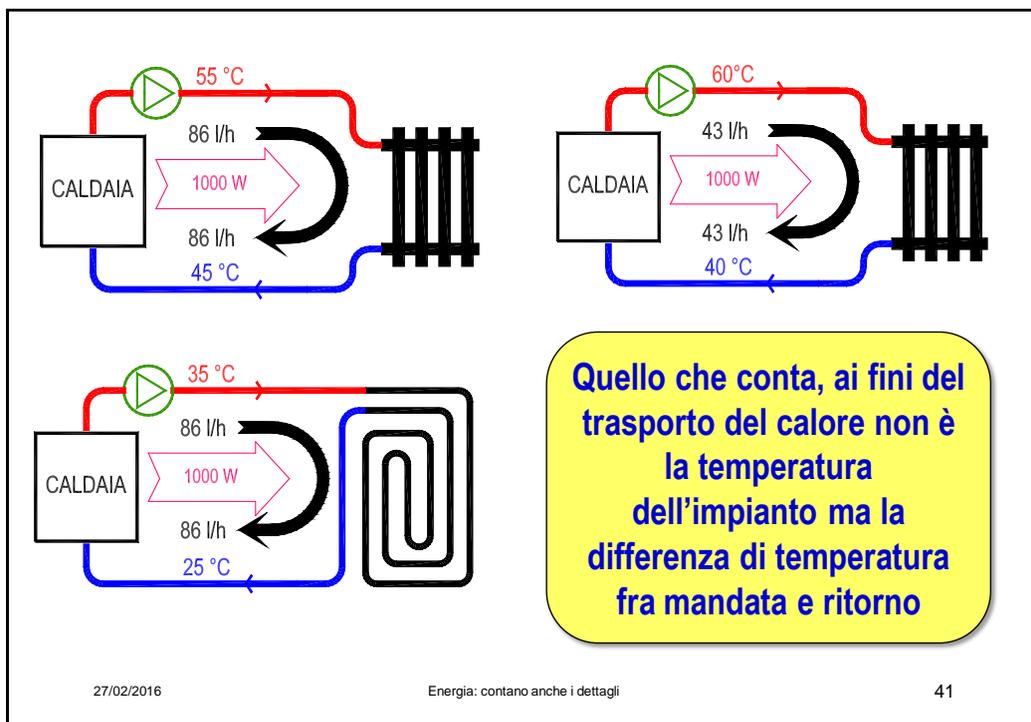


1,16 kWh/m<sup>3</sup>  $^\circ$ C

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

40



## Dimensionamento dei circuiti

Dato di partenza: **potenza di dimensionamento**  
(calcolo del carico termico, esigenze di processo, ...)

+ **DT nominale mandata/ritorno** → portata

$$\text{Portata [l/h]} = \frac{\text{Potenza [W]}}{\Delta T [^{\circ}\text{C}] \times 1,16}$$

+ **Velocità** → area della sezione

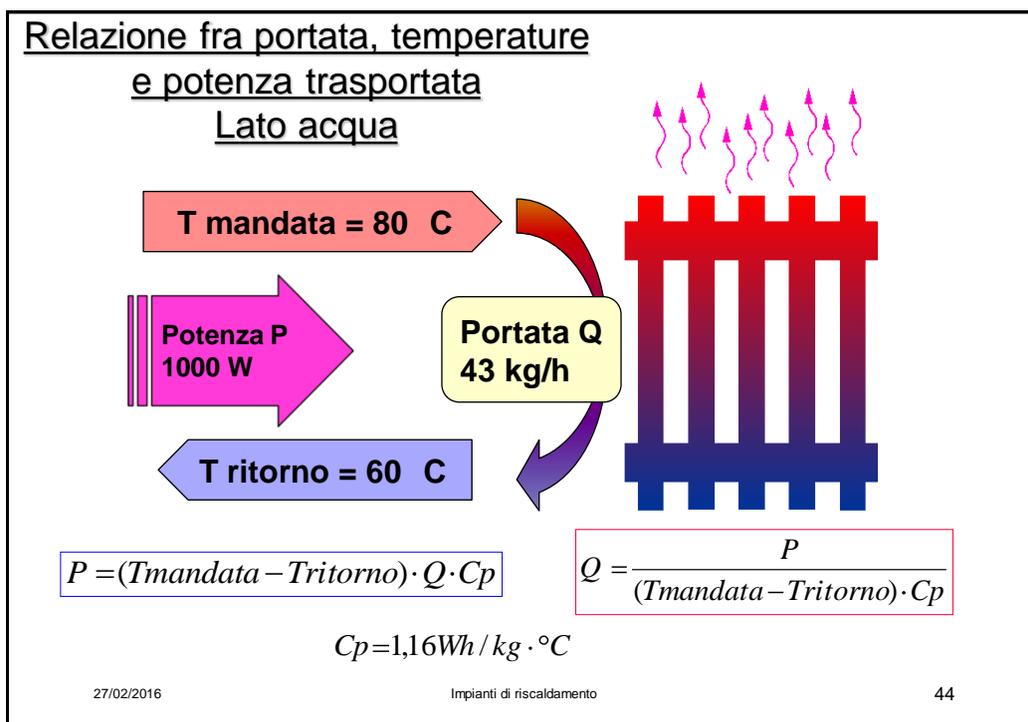
$$\text{Area sezione [cm}^2\text{]} = \frac{\text{Portata [l/h]}}{\text{Velocità [m/s]} \cdot 360}$$

→ **Verifica delle perdite di carico** con i diametri scelti

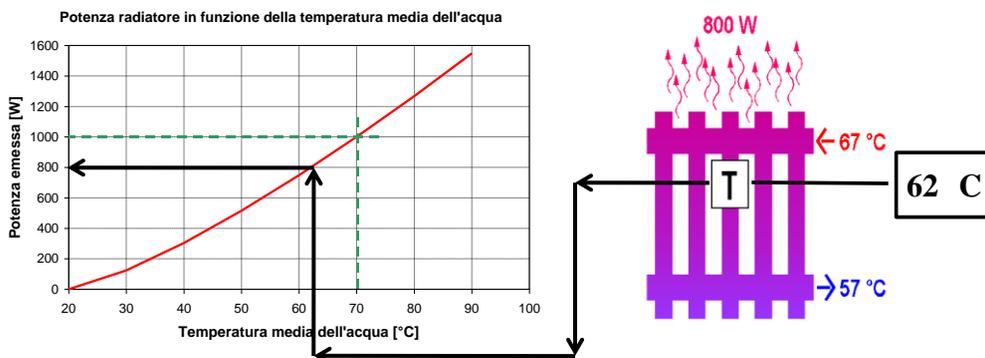
Tubo	Diametro esterno	Spessore	Diametro interno	Area sezione	Velocità acqua	Portata	Potenza $\Delta T$ 5°C	Potenza $\Delta T$ 10°C	Potenza $\Delta T$ 20°C
	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	m/s	l/h	W	W	W
10 x 1	10	1,0	8	0,50	0,5	90	525	1.050	2.099
12 x 1	12	1,0	10	0,79	0,5	141	820	1.640	3.280
16 x 1	16	1,0	14	1,54	0,5	277	1.607	3.214	6.428
18 x 1,5	18	1,5	15	1,77	0,5	318	1.845	3.690	7.379
22 x 1,5	22	1,5	19	2,84	0,5	510	2.960	5.920	11.840
28 x 1,5	28	1,5	25	4,91	0,5	884	5.125	10.249	20.498
DN 15	21,3	2,35	16,6	2,16	0,5	390	2.259	4.519	9.038
DN 20	26,9	2,35	22,2	3,87	0,5	697	4.041	8.082	16.164
DN 25	33,7	2,9	27,9	6,11	0,5	1.100	6.382	12.765	25.530
DN 32	42,4	2,9	36,6	10,5	0,75	2.841	16.475	32.950	65.901
DN 40	48,3	2,9	42,5	14,2	1,0	5.107	29.620	59.240	118.480
DN 50	60,3	3,25	53,8	22,7	1,0	8.184	47.465	94.930	189.859

**Potenze trasportabili**

27/02/2016 Energia: contano anche i dettagli 43



## Potenza lato aria in un corpo scaldante



LA POTENZA EMESA DA UN CORPO SCALDANTE  
DIPENDE DALLA SUA **TEMPERATURA MEDIA**

$$P = \left( \frac{T_{med} - T_{amb}}{70^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}} \right)^n \cdot P_{nom}$$

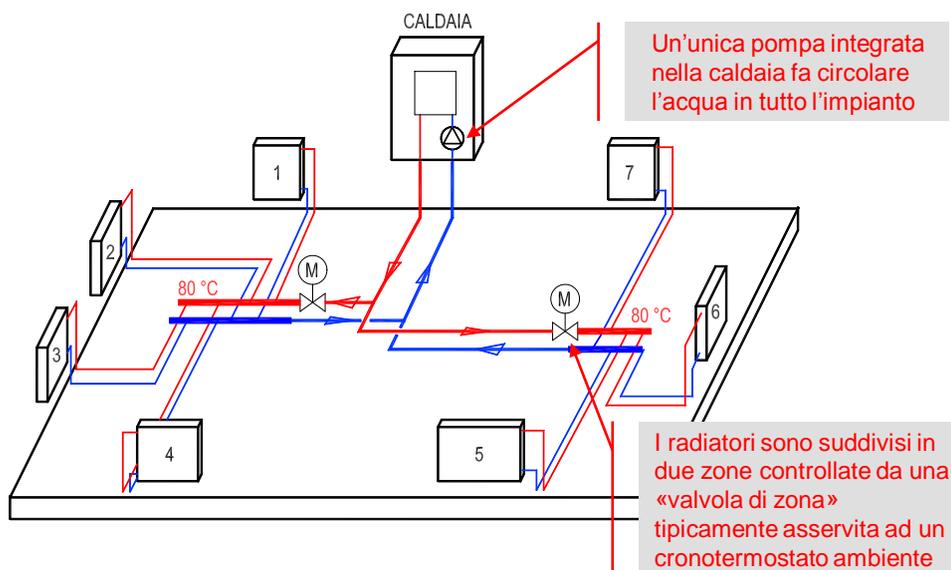
$n$  è l'esponente caratteristico del corpo scaldante  
Radiatori:  $n = 1,3$  Pannelli  $n = 1,13...$

27/02/2016

Impianti di riscaldamento

45

## Un semplice impianto



27/02/2016

Impianti di riscaldamento

46

		Cucina	Sala	Lavanderia	Bagno 1	Camera 1	Bagno 2	Bagno 3	Disimpegno	Camera 2	Camera 3	Ripost.	Totale zona
<b>Carico termico</b>	W	809	2.298	600	598	746	411	487	156	713	707	652	8.177
Temperatura media nominale	°C	70	<i>Determinazione della potenza di progetto dei corpi scaldanti per ottenere la temperatura media desiderata</i>										
<b>Temperatura media desiderata</b>	°C	50											
Esponente corpo scaldante		1,3											
Fattore di correzione		1,94											
<b>Potenza nominale di progetto</b>	W	1572	4464	1166	1162	1449	798	946	303	1385	1373	1267	15885
Potenza singolo elemento	W	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	
Numero elementi		11	31	8	8	10	6	7	3	10	10	9	
Larghezza elemento	mm	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
Lunghezza radiatore	mm	880	2480	640	640	800	480	560	240	800	800	720	
Potenza reale radiatori	W	1617	4557	1176	1176	1470	882	1029	441	1470	1470	1323	16611

$$\text{Fattore di correzione} = \left( \frac{T \text{ media nominale} [^{\circ}\text{C}] - 20^{\circ}\text{C}}{T \text{ media desiderata} [^{\circ}\text{C}] - 20^{\circ}\text{C}} \right)^{1,3}$$

27/02/2016 Energia: contano anche i dettagli 47

		Cucina	Sala	Lavanderia	Bagno 1	Camera 1	Bagno 2	Bagno 3	Disimpegno	Camera 2	Camera 3	Ripost.	Totale zona	
<b>Carico termico</b>	W	809	2.298	600	598	746	411	487	156	713	707	652	8.177	
<b>Salto termico di progetto</b>	°C	20	<i>Determinazione delle portate sulla base del salto termico di progetto mandata ritorno desiderato</i>											
Temperatura di mandata di progetto	°C	60												
Temperatura di ritorno di progetto	°C	40												
Portata di progetto	l/h	35	99	26	26	32	18	21	7	31	30	28	352	
<b>Diametro interno tubo</b>	mm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
Velocità dell'acqua	m/s	0,12	0,35	0,09	0,09	0,11	0,06	0,07	0,02	0,11	0,11	0,10		
Perdita di carico specifica	mm/m	3,32	19,94	2,06	2,05	2,91	1,15	1,49	0,26	2,71	2,67	2,35		
Lunghezza	m	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	24,0		
Perdita di carico totale	m c.a.	0,05	0,40	0,04	0,04	0,06	0,02	0,03	0,01	0,05	0,05	0,06		
Perdita di carico termostatiche	m c.a.	1,0											m c.a. 1,00	
Perdite di carico tubazioni terminali	m c.a.											m c.a. 0,40		
Perdita di carico valvola di zona	Kv	m³/h	2,5											m c.a. 0,20
<b>Perdita di carico ramo</b>	m c.a.											0,06		
<b>Perdita di carico montanti</b>	m c.a.											0,10		
Perdita di carico caldaia	Kv	m³/h	3											m c.a. 0,14
<b>Perdita di carico impianto</b>	m c.a.											1,89		

27/02/2016 Energia: contano anche i dettagli 49

## Come si sceglie la pompa

- Stabilire qual'è la **portata** d'acqua che deve circolare nell'impianto
  - Potenza da erogare, kW
  - Salto termico di progetto,  $\Delta t$
- Stabilire la spinta necessaria (**prevalenza**)
  - Portata desiderata
  - Caratteristiche di apparecchi e tubazioni

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

50



27/02/2016

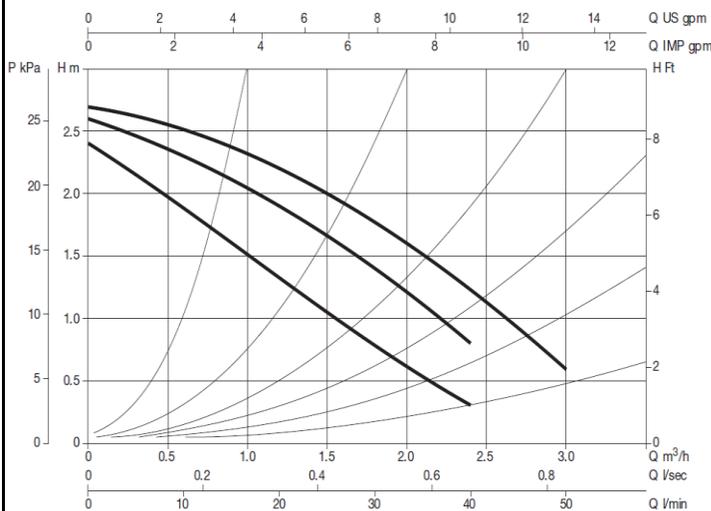


Tipiche pompe per impianti di riscaldamento  
 («circolatori»)  
 Spesso ce n'è una  
 integrata nel generatore di calore

Impianti di riscaldamento

51

## Caratteristiche di una pompa centrifuga



La prevalenza della pompa diminuisce con la portata a causa delle perdite di carico interne

Le diverse curve sono ottenute cambiando il numero di giri della pompa

La prevalenza aumenta con il quadrato del numero di giri

Anche la potenza elettrica cambia con:

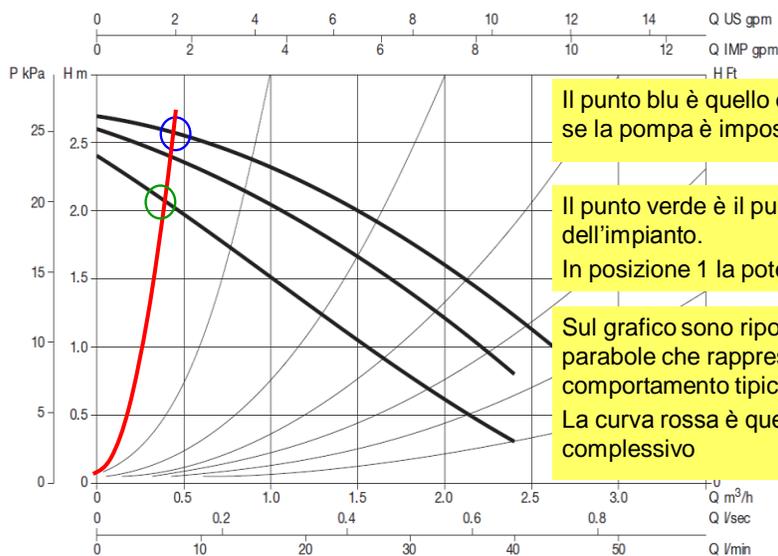
- il numero di giri
- la portata istantanea

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

52

## La pompa per l'impianto autonomo



Il punto blu è quello di funzionamento se la pompa è impostata su 3 (43 W)

Il punto verde è il punto di progetto dell'impianto.

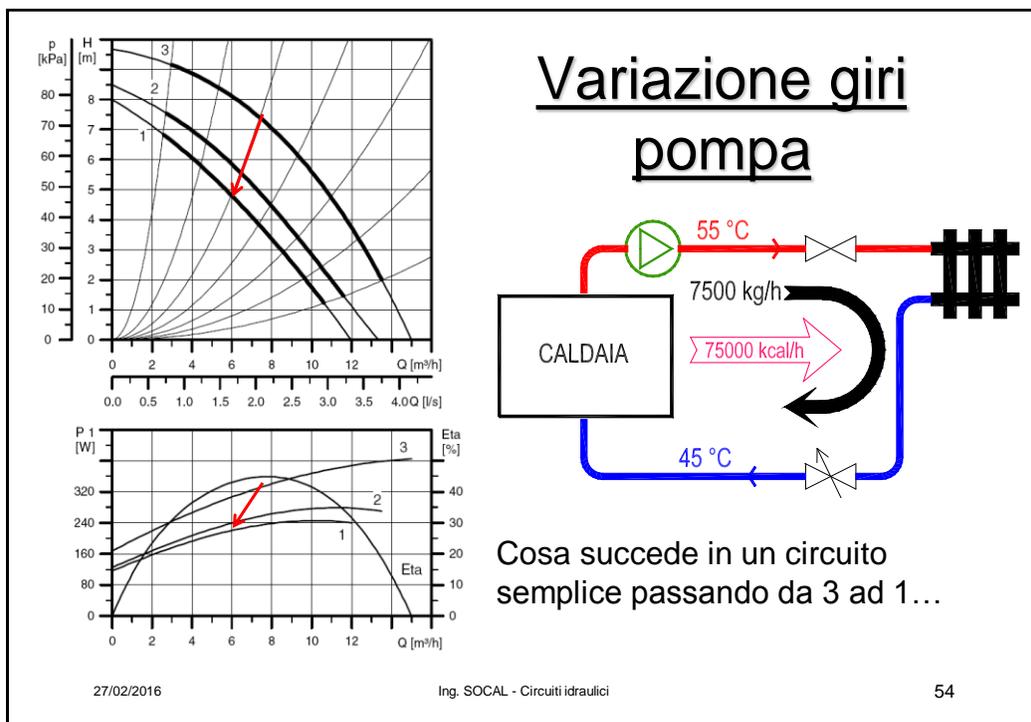
In posizione 1 la potenza è di 31 W

Sul grafico sono riportate delle parabole che rappresentano il comportamento tipico di un impianto. La curva rossa è quella dell'impianto complessivo

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

53

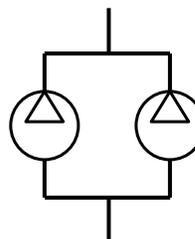


## Approfondimenti: pompe in serie ed in parallelo

- Pompe collegate in serie
  - Si sommano le prevalenze
  - Lavorano necessariamente alla stessa portata
  - **Le due pompe devono avere lo stesso campo di portate**



- Pompe collegate in parallelo
  - Si sommano le portate
  - Lavorano necessariamente alla stessa prevalenza
  - **Le due pompe devono avere lo stesso campo di prevalenze**



## Perché regolare?

- Il dimensionamento riguarda la condizioni di progetto, cioè quelle di massima potenza richiesta → non succederà quasi mai...
  - Occorre far erogare all'impianto la potenza necessaria istante per istante... occorrono:
    - **circuiti idraulici adeguati**
    - **un sistema di regolazione dell'emissione del calore**
- ... cosa succede a carico ridotto?**

27/02/2016

Ing. SOCAL - Impianti di riscaldamento

56

## Fisicamente come regolare?

Abbiamo il controllo reale su due parametri di ciascun corpo scaldante:

- Temperatura di mandata dell'acqua
- Portata di acqua

... di conseguenza nasce una temperatura di ritorno e quindi la potenza erogata dal corpo scaldante...

Ogni corpo scaldante deve soddisfare un'esigenza diversa → idealmente dovrei controllare la temperatura di mandata e la portata di ciascun corpo scaldante...

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

57

## Come regolare l'emissione del calore?

Per modulare la potenza emessa da un corpo scaldante si può agire su...

Non basta dimensionare...

- **Temperatura di mandata**
  - In funzione della temperatura esterna o della temperatura interna (raro)
  - Con valvole miscelatrici o generatori a temperatura scorrevole
- **Portata**
  - In funzione della temperatura interna (o del set-point aria)
  - Con continuità, con valvole termostatiche e valvole a by-pass
  - ON-OFF con valvole di zona (a 2 o 3 vie)
- **Scambio termico**
  - In funzione della temperatura interna (o del set-point aria)
  - Con attivazione di un ventilatore (ventilconvettori ed aerotermi)

... o una loro combinazione ...

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

58

## Esempio 1 con Excel

Circuito semplice con un corpo scaldante

- Stabilire portata giusta nel circuito
- Regolare la potenza agendo sulla temperatura
- Regolare la potenza agendo sulla portata
- Osservazioni?

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

59

## Confronto fra regolazioni di potenza

- Temperatura: effetto sulla potenza approssimativamente lineare
- Portata: effetto sulla potenza fortemente non lineare → rischio di perdere il controllo al minimo.
- Letto a rovescio: piccole fughe di portata, grandi potenze parassite

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

60

## Circolatori elettronici



Si utilizzano nei circuiti a portata variabile  
 Inoltre i motori hanno efficienza molto  
 elevate anche nel funzionamento a giri fissi  
 (direttiva ERP → tutti elettronici)  
 Devono essere parametrizzati



27/02/2016

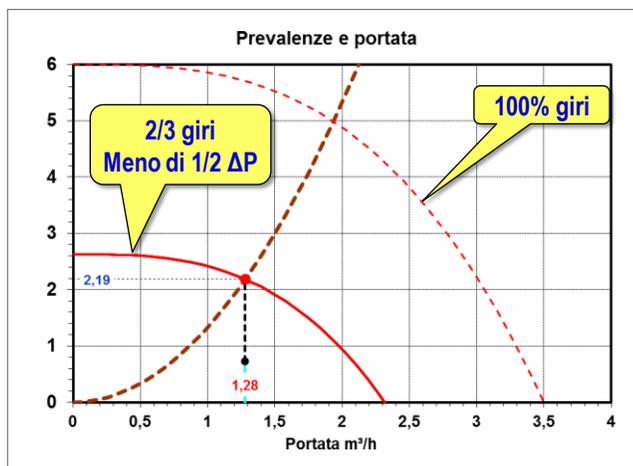
Impianti di riscaldamento

61

## Leggi delle pompe

Al variare del numero di giri...

- La prevalenza è proporzionale al quadrato dei giri
- La portata è proporzionale ai giri
- La potenza è proporzionale al cubo dei giri



27/02/2016

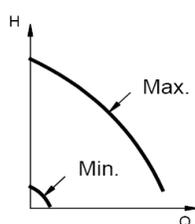
Energia: contano anche i dettagli

62

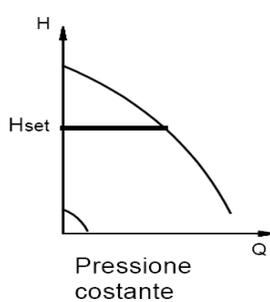
## Pompe elettroniche

Dispositivo a controllo elettronico → parametrizzazione

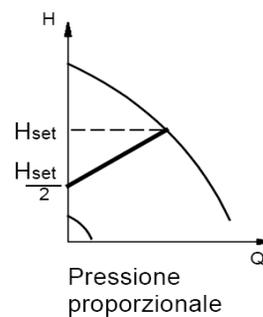
A giri fissi



A pressione costante  
→ impianti a zone



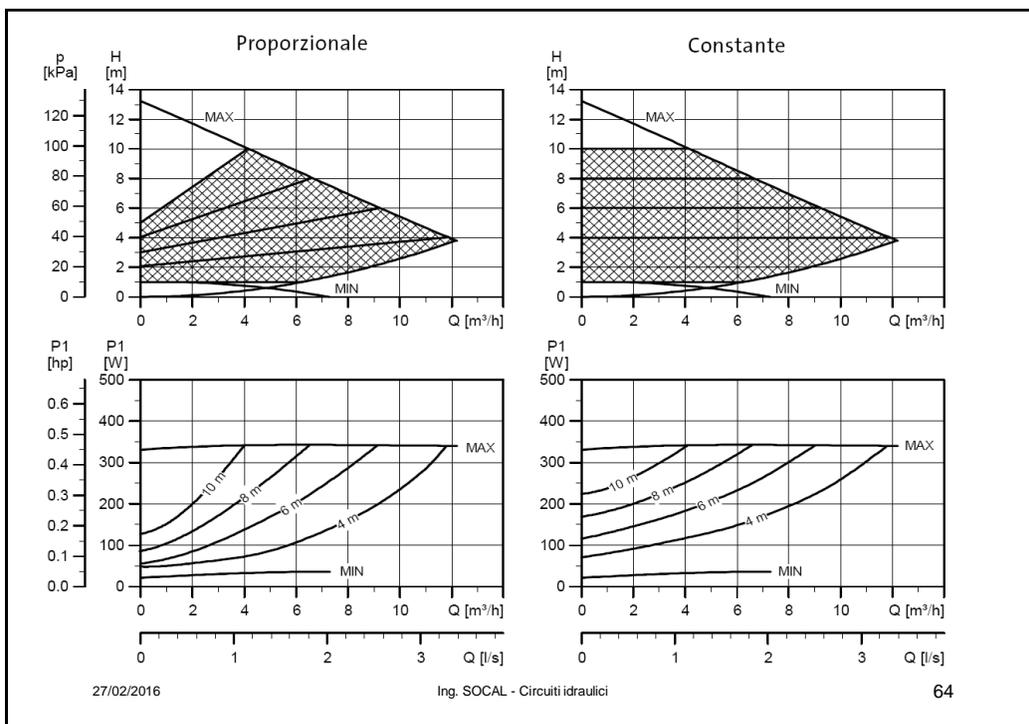
A pressione proporzionale  
→ valvole termostatiche



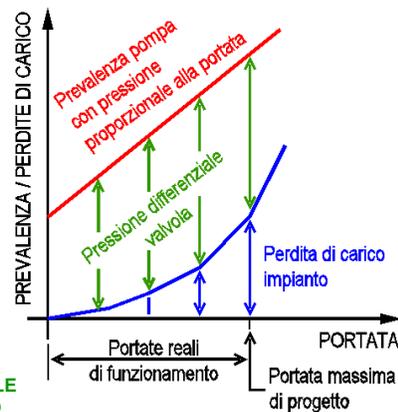
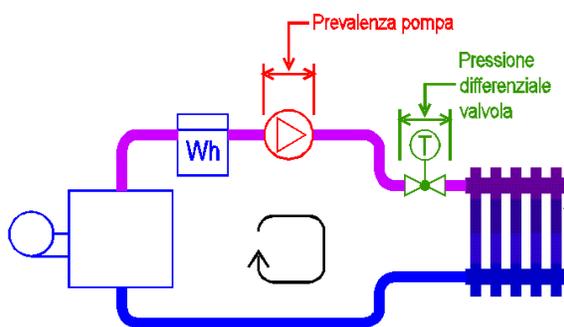
27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

63



## Uso della pompa a pressione proporzionale



SCEGLIENDO LA REGOLAZIONE A PRESSIONE PROPORZIONALE (ALLA PORTATA), LA PRESSIONE DIFFERENZIALE A CAVALLO DELLE VALVOLE TERMOSTATICHE E' APPROSSIMATIVAMENTE COSTANTE.

La regolazione a pressione proporzionale si utilizza quando si voglia neutralizzare l'influenza di un tratto di tubazione comune dell'impianto

## Esempio 1 con Excel

Riprendere l'esempio con una regolazione a giri variabili.

Inserire progressivamente i parametri richiesti

Osservazioni?

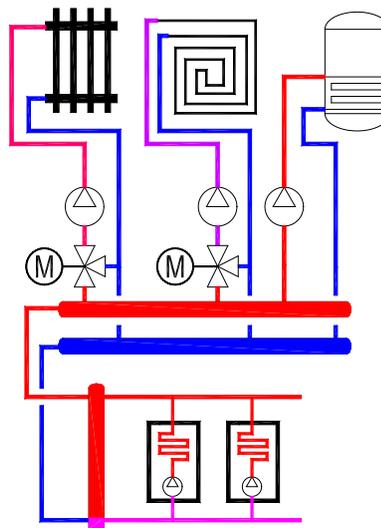
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

66

## Struttura tipica di un impianto

- **Corpi scaldanti:**  
collegati a gruppi («zone» o «circuiti utenti»)
- **Circuiti di distribuzione:**  
connessione dei corpi scaldanti ai collettori di distribuzione
- **Collettori di distribuzione:**  
punto di connessione comune di tutto l'impianto
- **Circuiti di generazione:**  
connessione dei generatori ai collettori di distribuzione
- **Generatori di calore**



27/02/2016

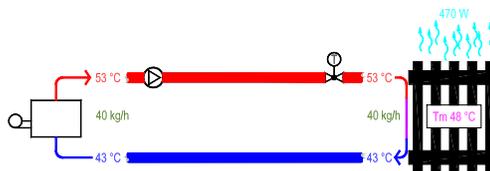
Impianti di riscaldamento

67

## Circuiti di distribuzione fondamentali

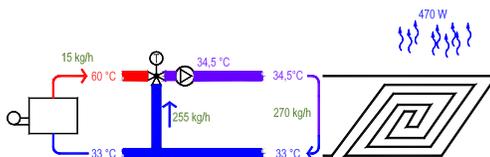
- **Circuito diretto**

*Utilizzato per l'utenza a temperatura più alta*



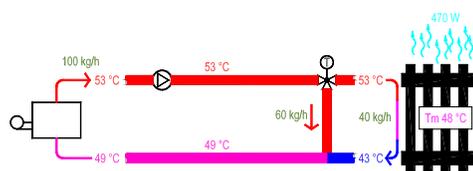
- **Circuito miscelato**

*Utilizzato per alimentare 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 (?).*



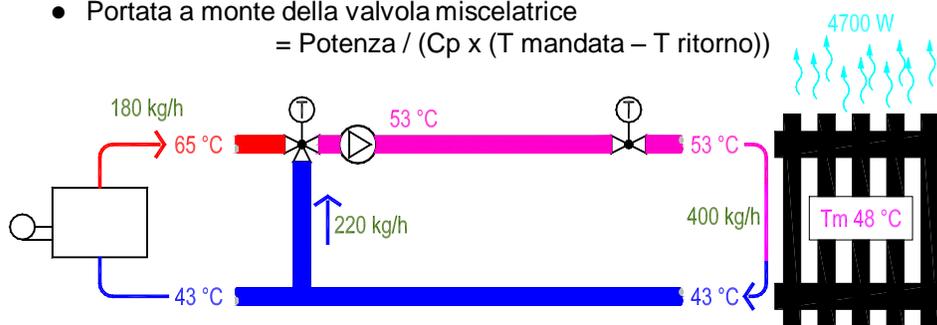
27/02/2016

Impianti di riscaldamento

68

## Circuito a miscelazione

- Temperatura di mandata a monte della valvola miscelatrice  
= Temperatura del collettore di mandata (progetto)
- La temperatura di ritorno a monte della valvola miscelatrice  
= Temperatura media di ritorno degli emettitoriP
- Potenza totale assorbita  
= Somma delle potenze assorbite dagli emettitori
- Portata a monte della valvola miscelatrice  
= Potenza / (Cp x (T mandata – T ritorno))



27/02/2016

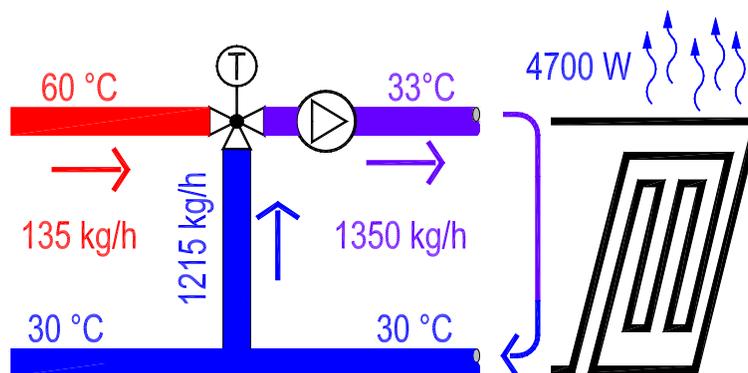
Impianti di riscaldamento

69

### Circuito di distribuzione a miscelazione, pannelli

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)



27/02/2016

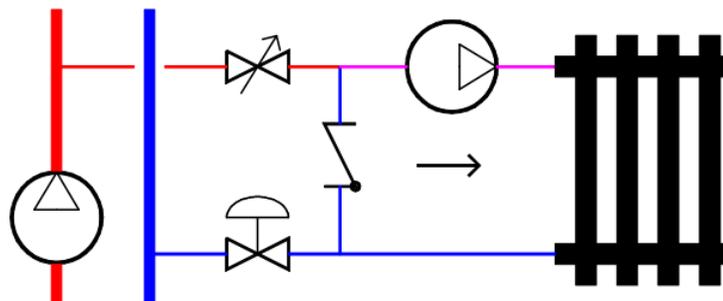
Ing. SOCAL - Impianti di riscaldamento

70

## Altri circuiti ...

### ● Circuito a iniezione con valvola a 2 vie

- Valvola a 2 vie anziché 3 vie
- Rimane l'interferenza fra le pressioni nei circuiti
- Flusso variabile nel primario



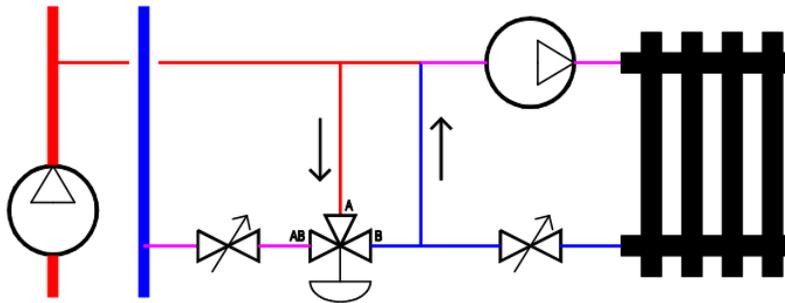
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

71

## Altri circuiti ...

- **Circuito ad iniezione con valvola a 3 vie**
  - Nessuna interferenza fra i due circuiti (compensatore)
  - Flusso costante e richiesta pressione motrice nel circuito primario



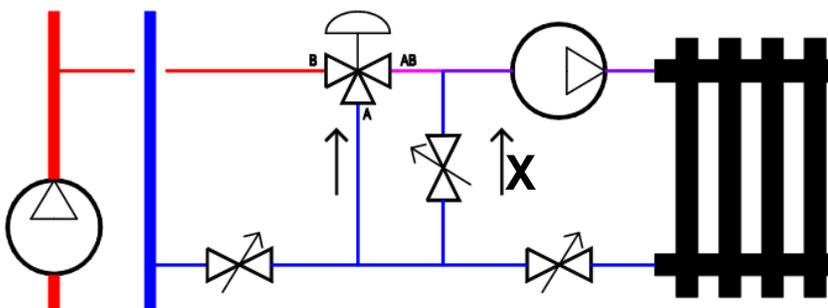
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

72

## Altri circuiti ...

- **Circuito a doppia miscelazione**
  - Nessuna (poca) interferenza fra i due circuiti
  - Non richiesta pressione motrice nel circuito primario
  - La perdita di carico della prima miscela X alza la pressione di A verso AB

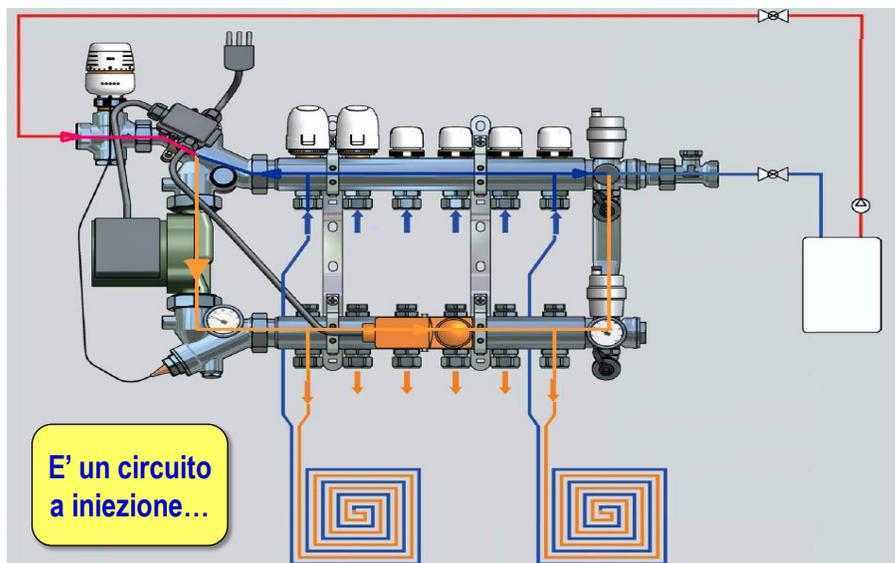


27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

73

## Schemi con collettori a punto fisso

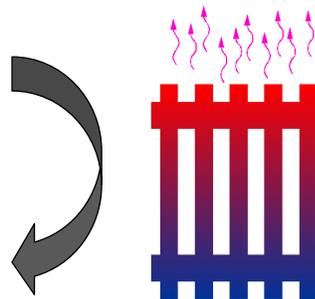
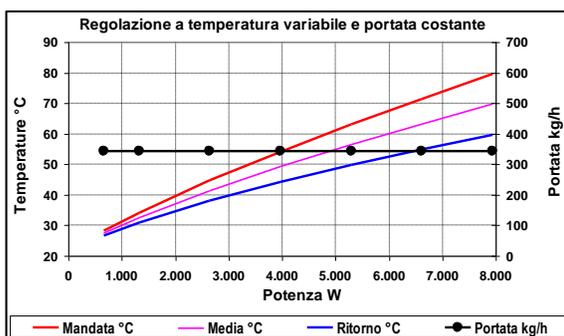


27/02/2016

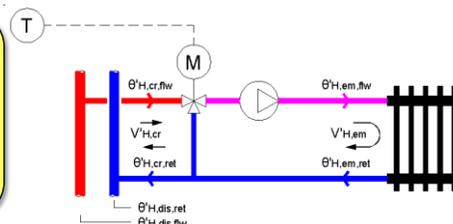
Ing. SOCAL - Impianti di riscaldamento

74

## Regolazione a temperatura variabile e portata costante



**La portata è costante**  
**Si regola la temperatura di mandata per ottenere la potenza desiderata**  
**Mera compensazione climatica**  
**Rendimento regolazione KO**  
**Potenza pompa sempre al massimo ≈500 W**



27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

75

## Regolazione a temperatura variabile e portata costante

- Con questa strategia, una volta dimensionati i circuiti utenti, il funzionamento idraulico è sempre in condizione di progetto.
- Potrebbero essere a portata variabile i circuiti a monte, verso i generatori.

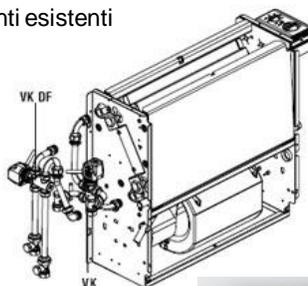
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

76

## Ventilconvettori

- Costo moderato
- Incorporano sempre un dispositivo di regolazione della temperatura ambiente (termostato agente sul ventilatore)
- Generalmente sovradimensionati negli impianti esistenti
- Consumo elettrico significativo
- Rumoroso quando la ventola è in funzione
- Richiedono un'elevata portata d'acqua continua
- **Richiedono manutenzione** (pulizia filtro)
- Temperatura di mandata medio alta
- Tempo di risposta rapido
- Utilizzabili anche in raffreddamento (con scarico condensa)
- **Inadatti per la condensazione e per le pompe di calore**



27/02/2016

Impianti di riscaldamento

77

Scambiatore

Ventilatore

Filtro

Termostato

Quante volte viene pulito il filtro?

27/02/2016

Impianti di riscaldamento

78

$\theta'_{H,cr,flw}$

$\theta'_{H,em,flw}$

$\theta'_{H,cr,ret}$

$\theta'_{H,em,ret}$

$V'_{H,cr}$

$V'_{H,em}$

**Ventilconvettori**

Regolazione a temperatura costante e scambio variabile

Potenza W	Mandata °C	Media °C	Ritorno °C	Portata kg/h
0	55	55	55	700
1.000	55	54	53	700
2.000	55	53	52	700
3.000	55	52	51	700
4.000	55	51	50	700
5.000	55	50	49	700
6.000	55	49	48	700
7.000	55	48	47	700
8.000	55	47	46	700

Temperature °C

Potenza W

Portata kg/h

— Mandata °C — Media °C — Ritorno °C —●— Portata kg/h

27/02/2016

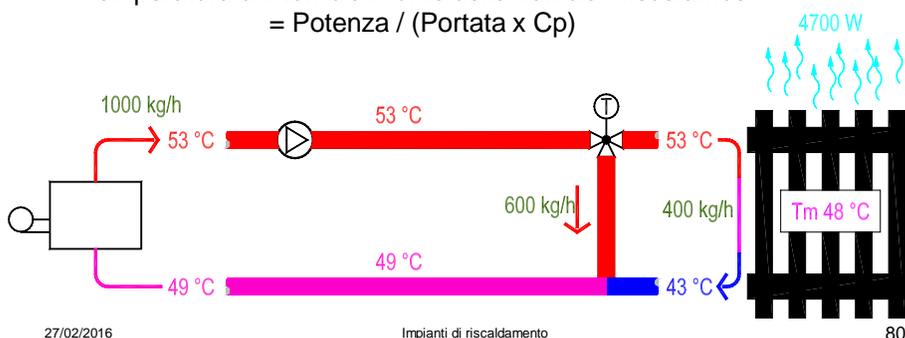
Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

79

La portata è costante. All'aumentare della potenza emessa, diminuisce la temperatura di ritorno. Viceversa, ai bassi carichi aumenta la temperatura di ritorno

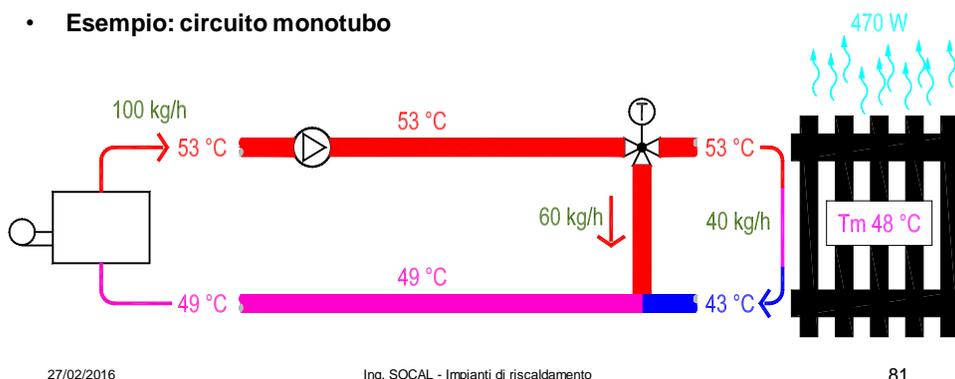
## Circuito a by-pass

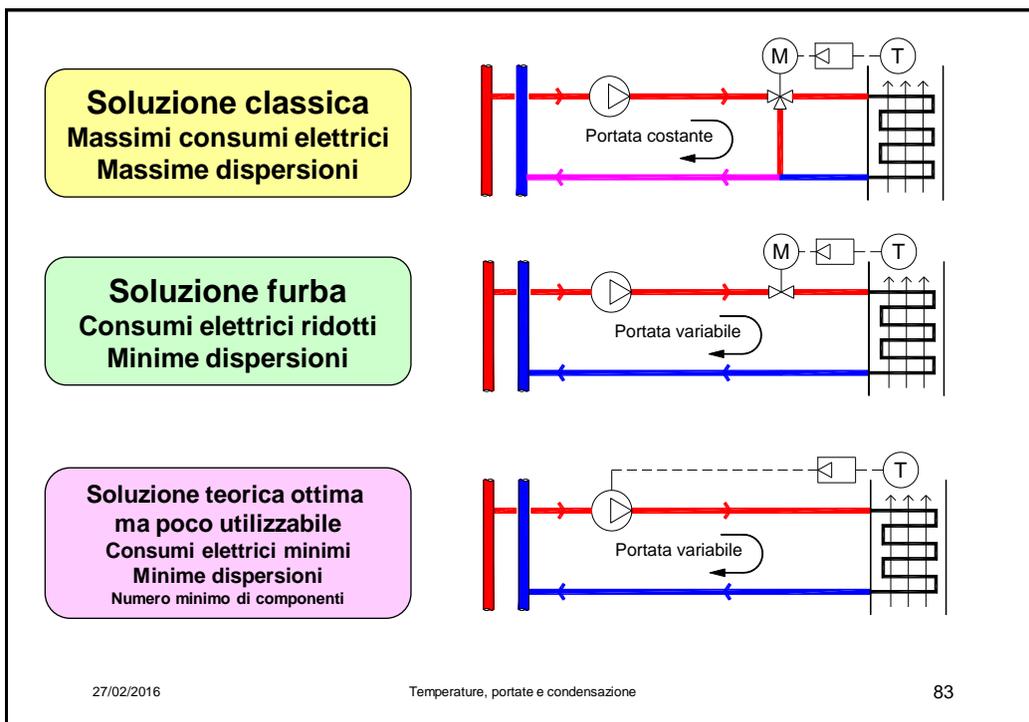
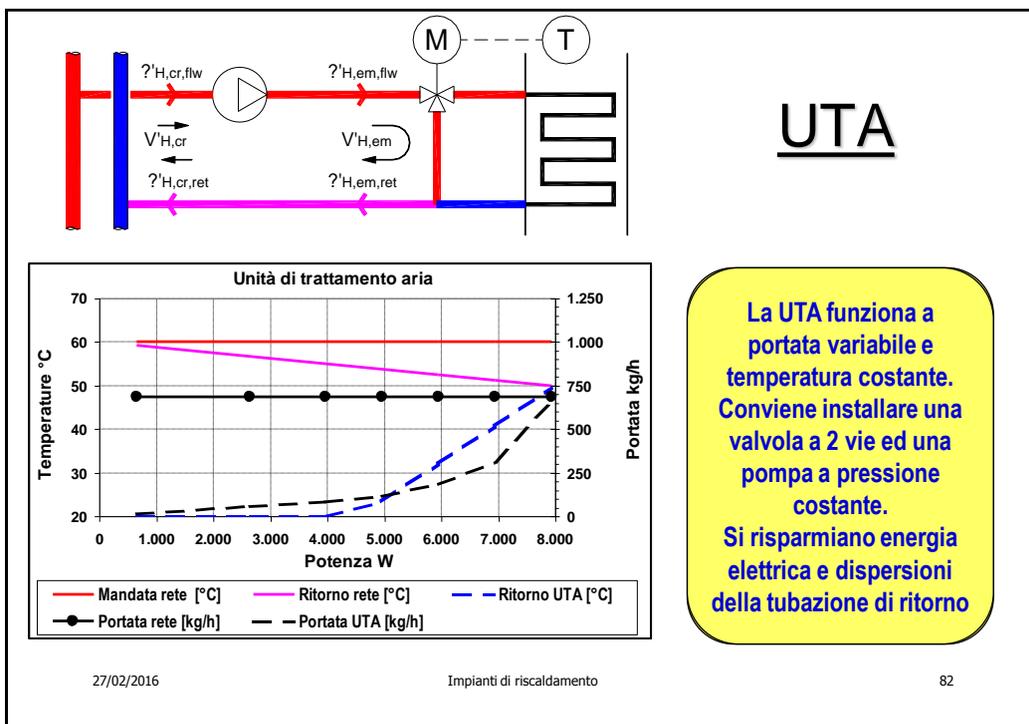
- Temperatura di mandata a monte della valvola miscelatrice  
= Temperatura del collettore di mandata (progetto)
- Potenza totale assorbita  
= Somma delle potenze assorbite dagli emettitori
- Portata totale prelevata  
= Dato di progetto (regolazione)
- Temperatura di ritorno a monte della valvola miscelatrice  
= Potenza / (Portata x Cp)



### Circuito di distribuzione a by-pass

- La temperatura di mandata agli emettitori è uguale alla temperatura di mandata dal collettore
- **CONDENSAZIONE KO:** La temperatura di ritorno al collettore è maggiore della temperatura di ritorno dagli emettitori
- **CALDAIA OK:** La portata prelevata dal collettore è superiore alla portata circolante negli emettitori
- Esempio: circuito monotubo





## Circuiti a by-pass

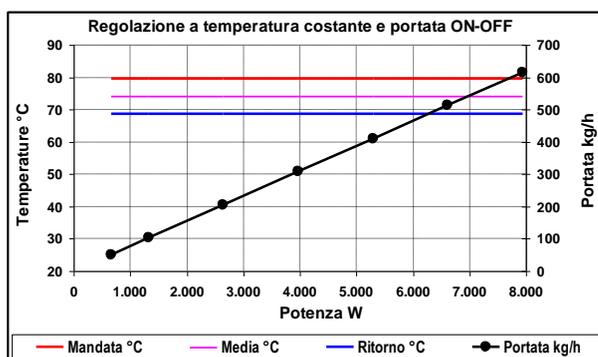
- Con ventilconvettori senza valvole e by-pass le portate sono costanti sia nei circuiti utenti che a monte.
- Ventilconvettori con valvola di intercettazione
  - migliora regolazione e si riducono costi di pompaggio
  - portata variabile.

27/02/2016

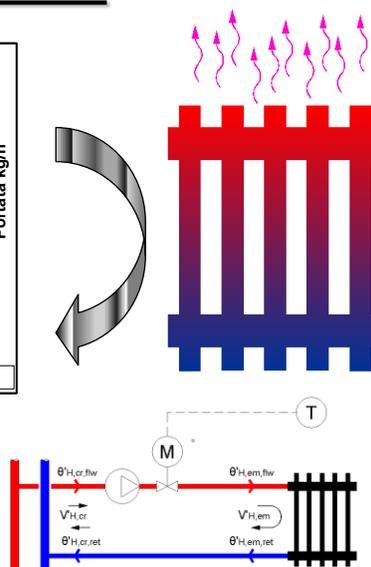
Energia: contano anche i dettagli

84

## Regolazione ON-OFF



**La portata è variabile "ad impulsi"**  
**In caso di regolazione di zona, occorre ancora il bilanciamento idraulico.**

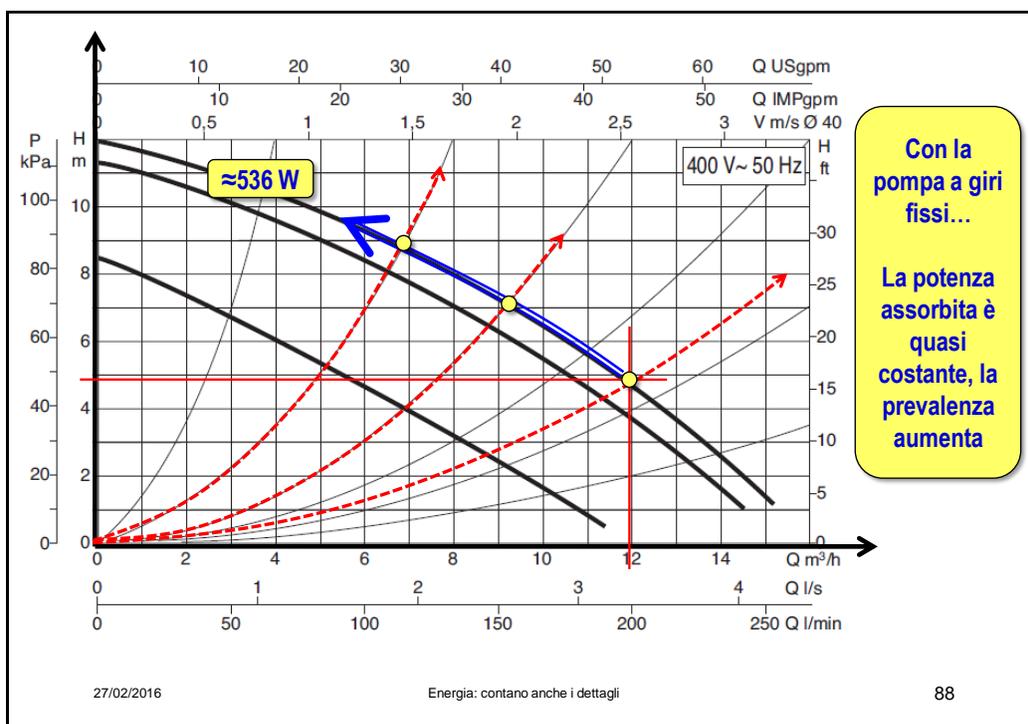


27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

85

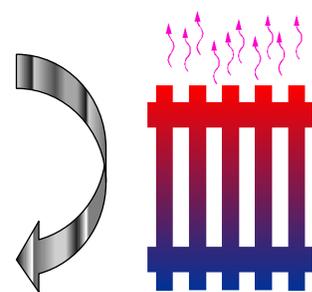
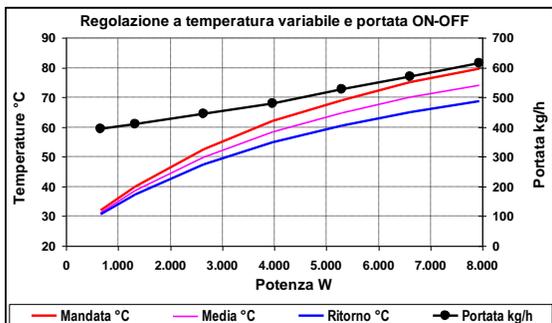




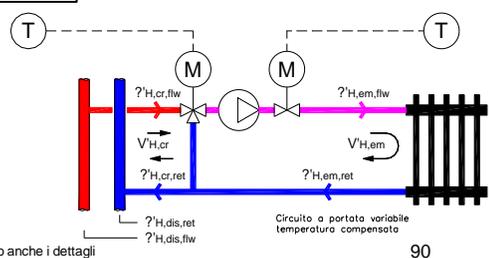
## A seconda della scelta del circuito e della pompa

- Se la **portata è costante**, i consumi elettrici sono sempre pari a quelli massimi:
  - Solo compensazione climatica
  - Valvole a tre vie
- Se la **portata è variabile** le **perdite di carico** sono **molto variabili**:
  - **ma se la pompa è a giri fissi**
    - la potenza assorbita cambia pochissimo
  - **se invece la pompa è elettronica** (correttamente impostata)
    - si riduce la potenza assorbita in ragione della prevalenza e della portata richieste,

# Regolazione ON-OFF compensata



**La portata è variabile "ad impulsi"**  
**Con la compensazione climatica**  
**si può diminuire la temperatura di ritorno**  
**La temperatura di mandata deve essere**  
**maggiore di quella per compensazione**  
**climatica per dare autorità ai termostati**

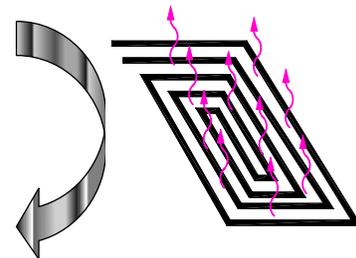
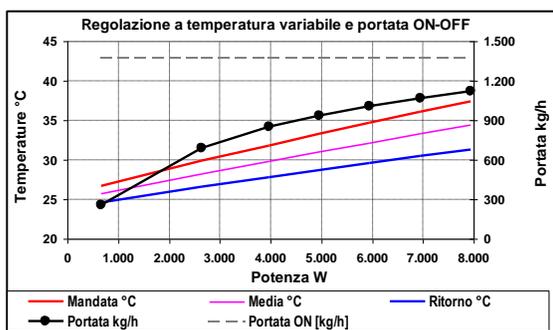


27/02/2016

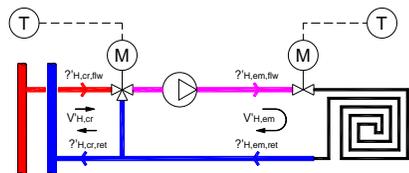
Energia: contano anche i dettagli

90

# Regolazione ON-OFF compensata



**La portata è variabile "ad impulsi"**  
**La compensazione climatica (o il punto fisso)**  
**si usa per avere una**  
**temperatura di mandata indipendente**



27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

91

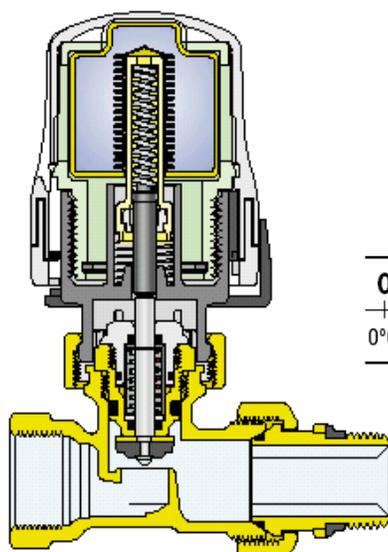
## Una termostatica

- E' un regolatore della temperatura ambiente che agisce sulla portata
- Quando la temperatura ambiente aumenta e si avvicina alla temperatura impostata dall'utente sulla ghiera (1...5):
  - La valvola si chiude
  - Diminuisce la portata
  - Diminuisce la temperatura di ritorno
  - Diminuisce la temperatura media del radiatore
  - Diminuisce la potenza erogata dal radiatore

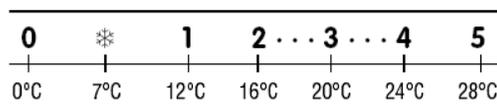
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

92



## Valvola termostatica a liquido



27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

93

## La valvola termostatica

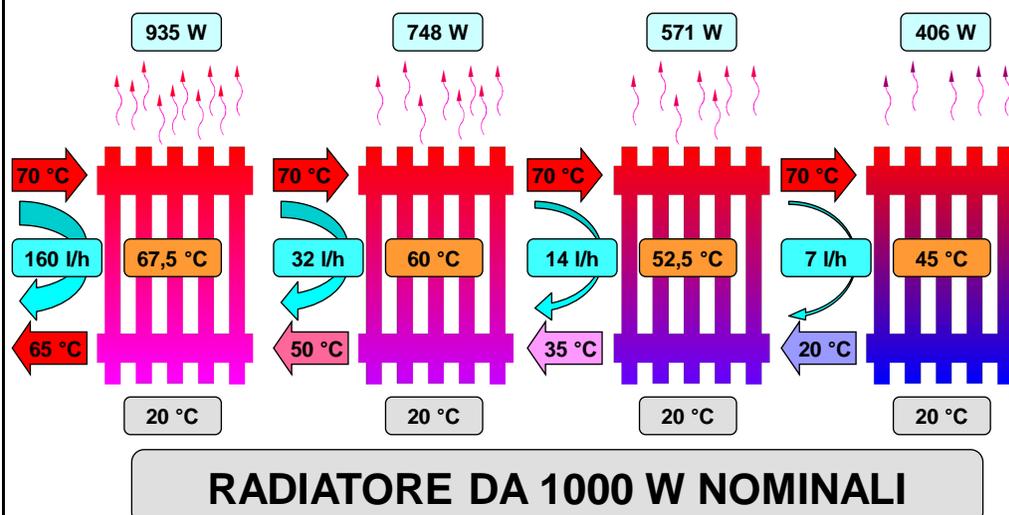
- **E' una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra:**
  - Temperatura impostata dall'utente sulla ghiera
  - Temperatura ambiente misurata
  - Quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata sulla ghiera, la valvola termostatica è completamente chiusa
- **Caratteristiche del corpo valvola:**
  - $k_v$  in funzione dell'errore di temperatura (quanta acqua fa passare)
  - **Pressione differenziale massima** (altrimenti la valvola diventa rumorosa)
- **Caratteristiche della testa termostatica**
  - Tecnologia del sensore: **cera**, **liquido**, **gas**

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

94

## Regolazione a portata variabile

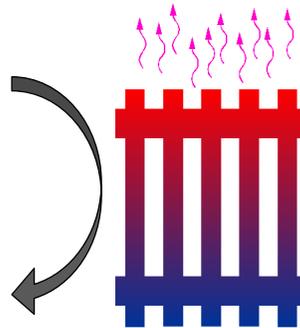
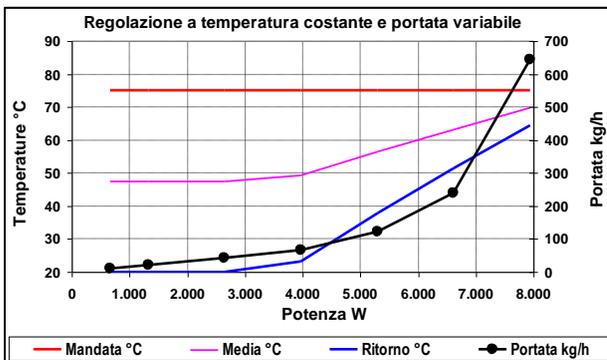


27/02/2016

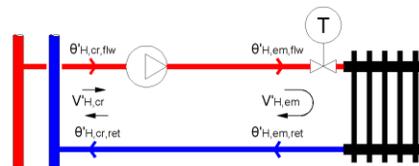
Energia: contano anche i dettagli

95

### Regolazione a portata variabile



**Ai bassi carichi il radiatore stratifica molto (si "rimpicciolisce")**  
**Calcolo vero a regime: nei transitori le portate aumentano (avviamento) o diminuiscono (forti apporti gratuiti)**

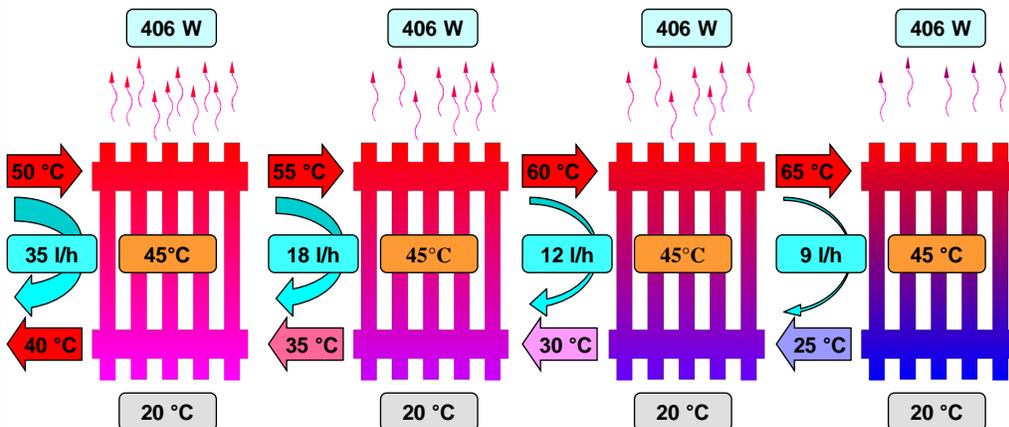


27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

96

### Effetto della variazione di temperatura



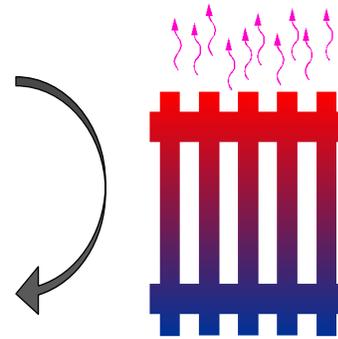
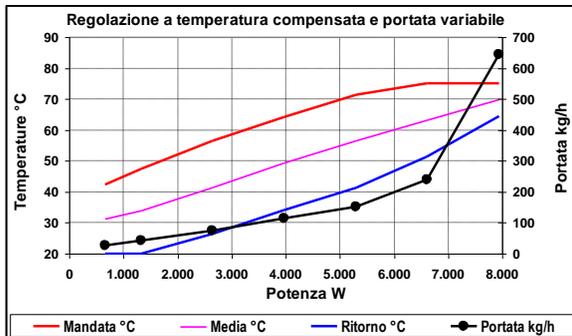
**RADIATORE DA 1000 W NOMINALI**

27/02/2016

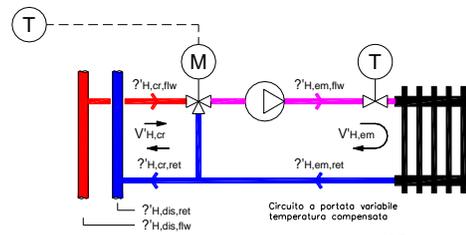
Energia: contano anche i dettagli

97

## Regolazione a portata variabile con temperatura compensata



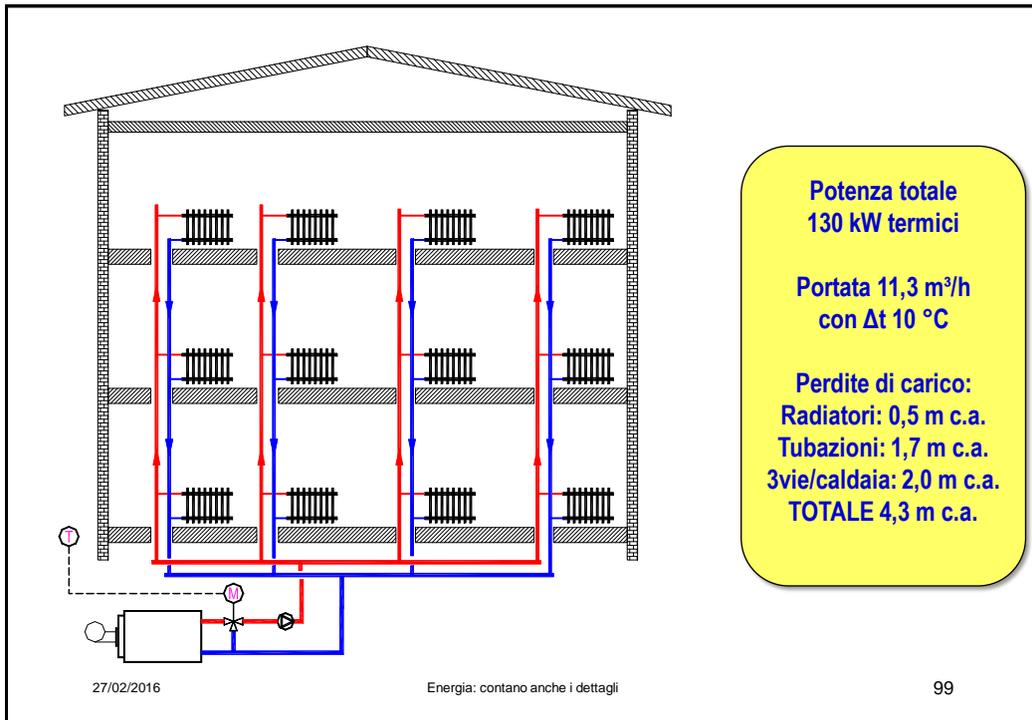
**Ai carichi elevati, il limite di temperatura di mandata causa un aumento della portata**  
**Calcolo vero a regime: nei transitori le portate aumentano (avviamento) o diminuiscono (forti apporti gratuiti)**



27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

98



**Potenza totale 130 kW termici**

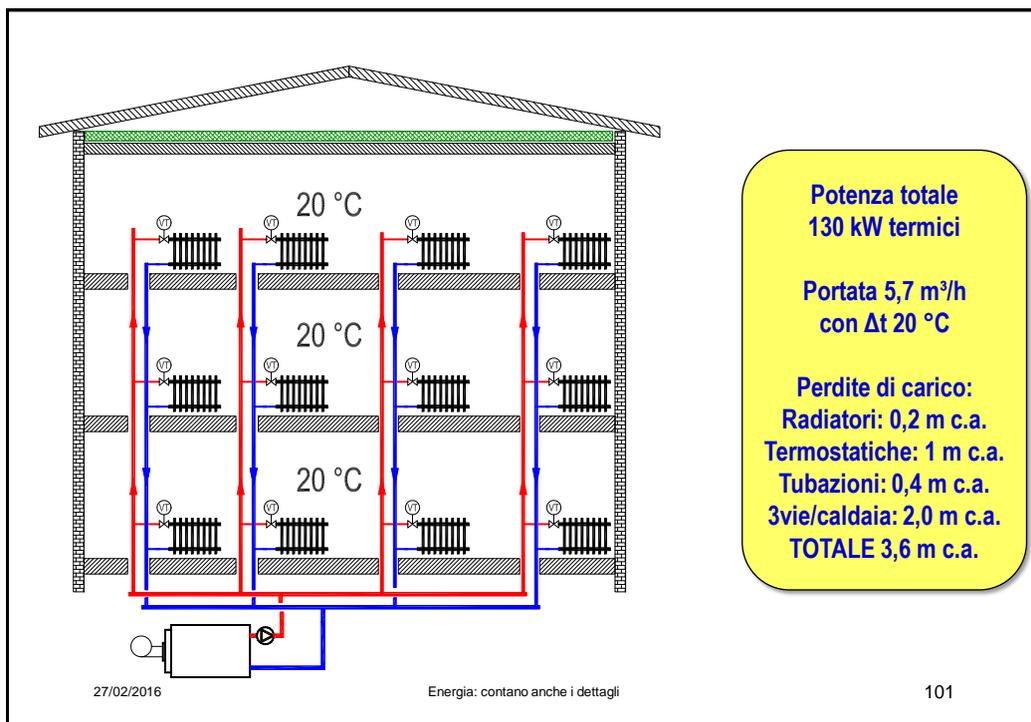
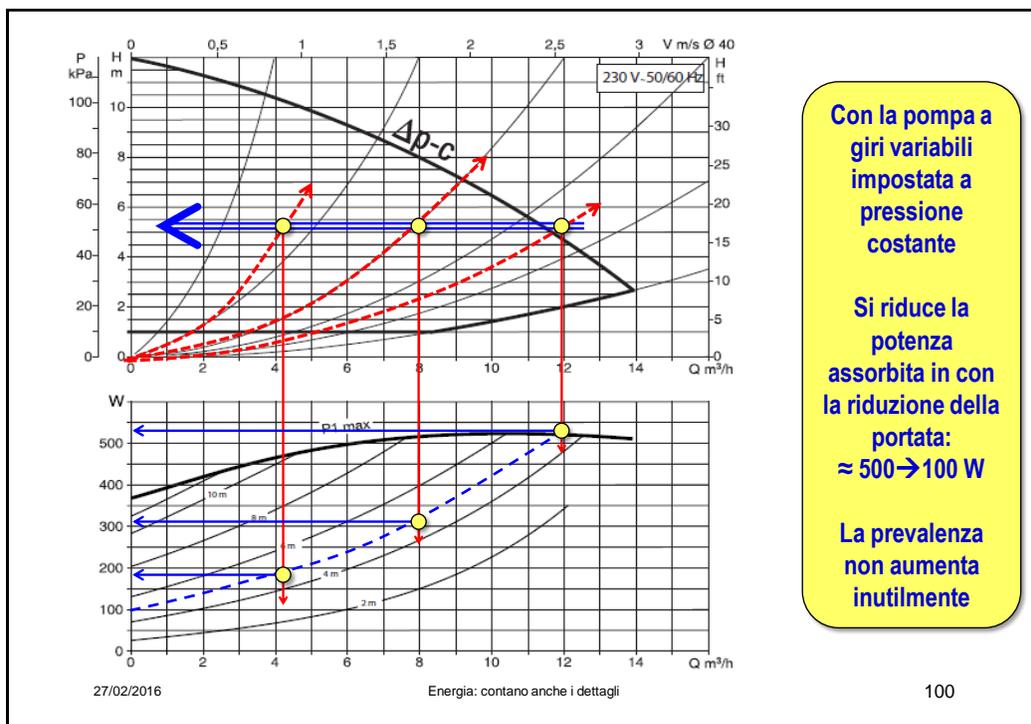
**Portata 11,3 m<sup>3</sup>/h con Δt 10 °C**

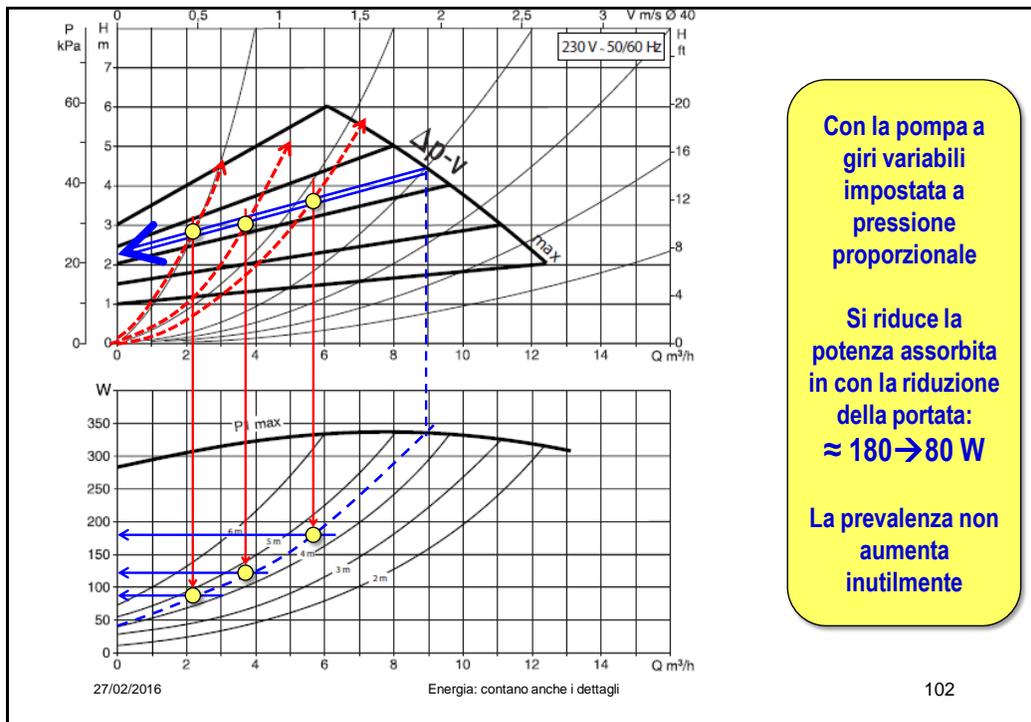
**Perdite di carico:**  
 Radiatori: 0,5 m c.a.  
 Tubazioni: 1,7 m c.a.  
 3vie/caldaia: 2,0 m c.a.  
**TOTALE 4,3 m c.a.**

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

99



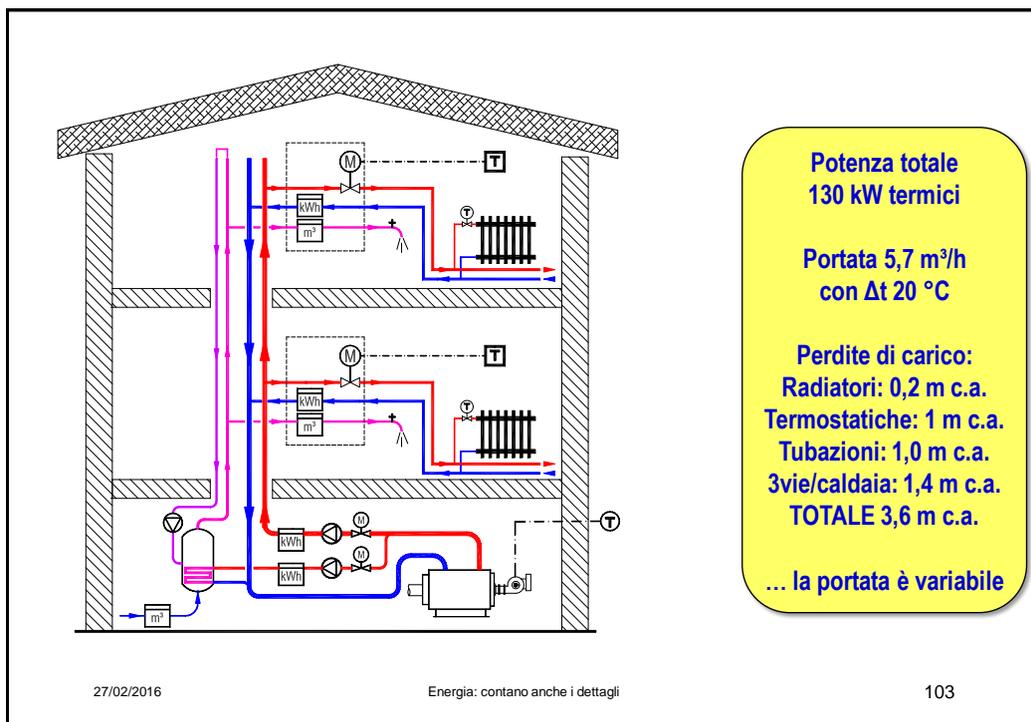


Con la pompa a giri variabili impostata a pressione proporzionale

Si riduce la potenza assorbita in con la riduzione della portata:  
 $\approx 180 \rightarrow 80 \text{ W}$

La prevalenza non aumenta inutilmente

102



Potenza totale  
 130 kW termici

Portata 5,7 m<sup>3</sup>/h  
 con  $\Delta t 20 \text{ }^\circ\text{C}$

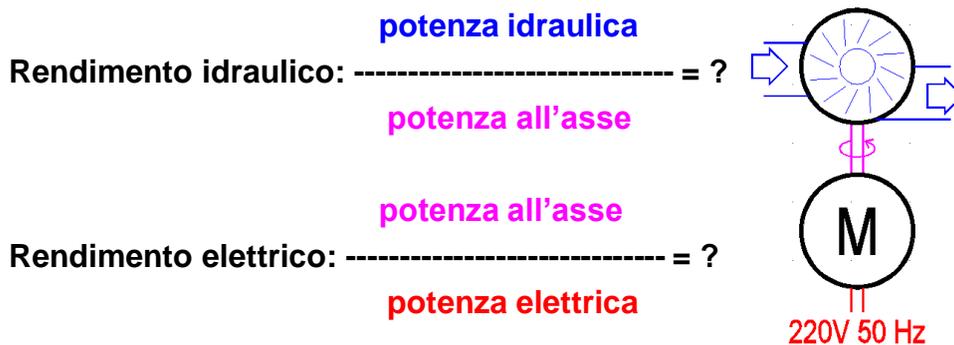
Perdite di carico:  
 Radiatori: 0,2 m c.a.  
 Termostatiche: 1 m c.a.  
 Tubazioni: 1,0 m c.a.  
 3vie/caldaia: 1,4 m c.a.  
 TOTALE 3,6 m c.a.

... la portata è variabile

103

## Rendimento circolatore

$$P_{idr} = \Delta P \times Q \rightarrow W = Pa \times m^3/s$$



27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

104

### Rendimento di un vecchio circolatore a giri fissi

Portata	Prevalenza	Portata	Prevalenza	Potenza idraulica	Potenza elettrica	Rendimento
m <sup>3</sup> /h	m c.a.	m <sup>3</sup> /s	Pa	W	W	
0,2	3,75	6E-05	37.500	2,1	50	4,2%
0,4	3,55	1E-04	35.500	3,9	52	7,6%
0,8	3,25	2E-04	32.500	7,2	54	13,4%
1,2	2,8	3E-04	28.000	9,3	55	17,0%
1,6	2,3	4E-04	23.000	10,2	56	18,3%
2	1,9	6E-04	19.000	10,6	57	18,5%
2,4	1,45	7E-04	14.500	9,7	57	17,0%
2,8	1	8E-04	10.000	7,8	57	13,6%

27/02/2016

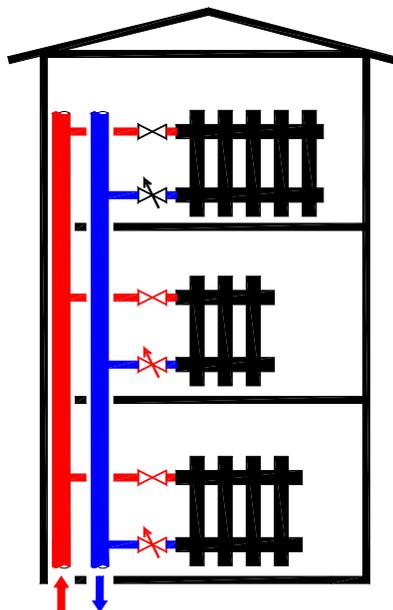
Energia: contano anche i dettagli

105

## Bilanciamento

**Bilanciare l'impianto** vuol dire:

1. **Immettere il calore dove serve**
2. **Distribuire i corpi scaldanti**  
in base alla potenza delle dispersioni
3. **Distribuire le portate di acqua** in base alle potenze dei radiatori
  - Controllo temperatura di ritorno
  - Agire sui detentori?

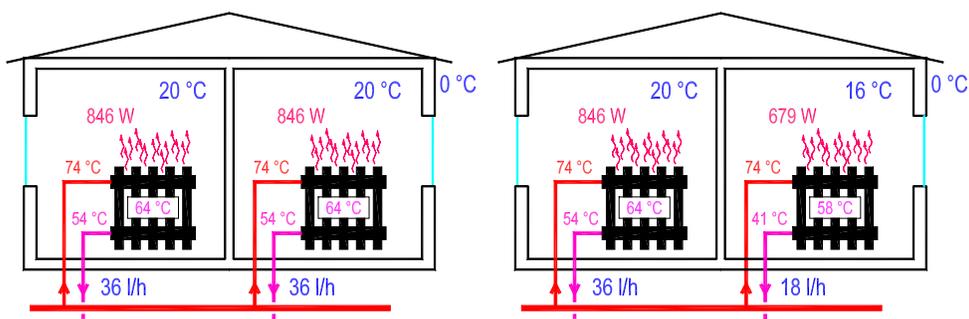


27/02/2016

Termoregolazione e contabilizzazione

106

## Bilanciamento corretto



Se le portate sono corrette (cioè quanto basta!),  
lo sbilanciamento idraulico ha effetti disastrosi

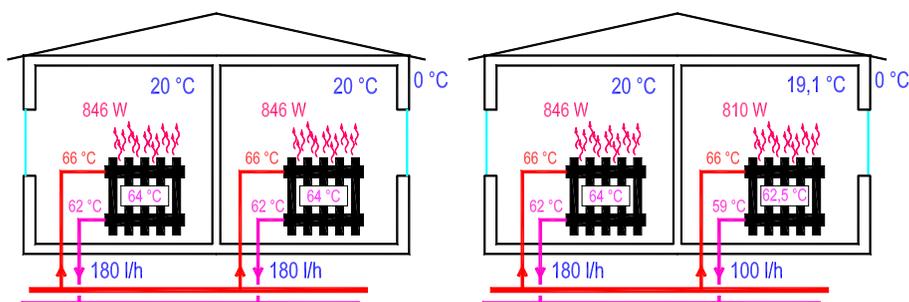
**Esempio XLS → 2 colonne**

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

107

## Bilanciamento all'italiana



Se le portate sono molto elevate, anche se la portata nel radiatore di destra si riduce a poco più della metà, lo sbilanciamento ha effetti modesti

**Consumi elettrici KO, pompe costose, impianti disperdenti**

*Esempio XLS → 1 colonna*

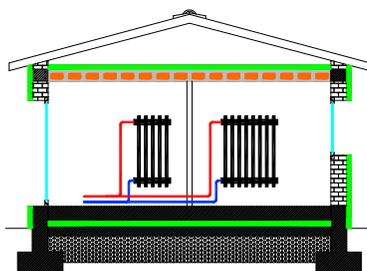
27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

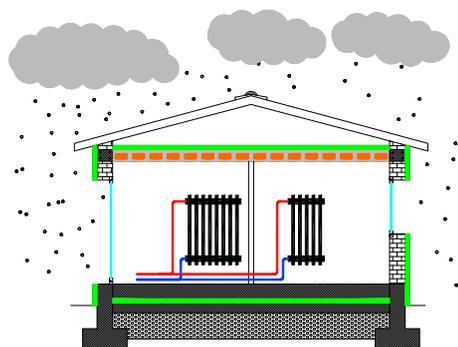
108

## Sbilanciamento continuo

Casa "passiva": ampie finestre a sud



**Con il sole  
il locale a sud è caldo**



**Senza sole  
il locale a sud è freddo**

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

109

## Bilanciamento idraulico

- **Manuale con detentori**
  - Ci vuole troppo tempo: non verrà mai fatto
  - Se viene fatto sarà distrutto al primo smontaggio dei radiatori
- **“All’italiana”, con portata esagerata**
  - Produce elevati consumi elettrici
  - Aumento del diametro delle tubazioni → maggiori dispersioni
- **Automatico con regolazione per singolo ambiente**
  - Con valvole termostatiche
    - si riducono al minimo le portate
    - fornisce anche una regolazione modulante della portata
    - non consente di gestire degli orari
  - Con valvole elettrotermiche
    - consentono di gestire orari e profili di temperatura
    - aggiungono consumi elettrici

27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

110

## Bilanciamento ...tedesco



27/02/2016

Ing. SOCAL - Circuiti idraulici

111

## Valvole di regolazione

Agiscono con una sezione di passaggio

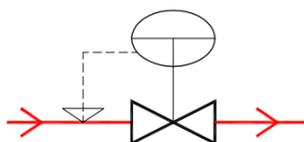
- **Orifizio calibrato fisso**
- **Regolazione della sezione di passaggio e del Kv** (detentore)
- Regolazione della pressione a valle
- Regolazione della pressione a monte
- **Regolazione della pressione differenziale**
- **Regolazione (limitazione) della portata**

*Vengono spesso strumentate con delle prese per fare una misura di  $\Delta P$  e ricavare la portata conoscendo la posizione dell'otturatore.*

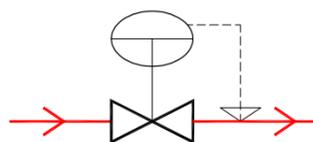
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

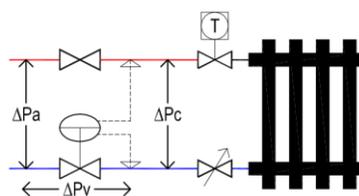
112



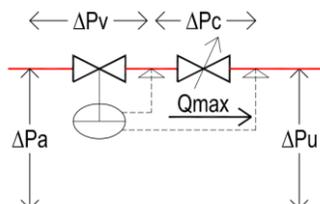
Regolazione pressione a monte  
Valvola di sfioro



Regolazione pressione a valle  
Regolatore di pressione



Regolazione DP  
Bilanciamento dinamico



Regolazione DP su orifizio  
Regolatore di portata

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

113

## Punti di attenzione delle valvole

- **Pressioni differenziali massime**
  - Instabilità di funzionamento (effetto Venturi → oscillazioni)
  - Impedimento alla chiusura (forza su otturatore)
  - Impedimento all'apertura (forza su otturatore)
  - Rumorosità del flusso sull'otturatore
- **Pressioni differenziali minime**
  - Quando richiesto dal funzionamento della valvola
- **Trafilamento** → piccole portate grandi potenze!!
- **Autorità** → questo dipende dal progettista!

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

114

## Regolazione della portata in un ramo

- **«Regolazione» statica**
  - Inserimento di un elemento puramente passivo con Kv fisso
  - Detentore → mentre lo manovro serve autorità!
- **Regolazione dinamica**
  - Inserimento di un elemento attivo che modifica il suo Kv
  - Deve avere autorità altrimenti il regolatore va in difficoltà perché aumenta il guadagno
  - Altri effetti → pressione disponibile variabile

27/02/2016

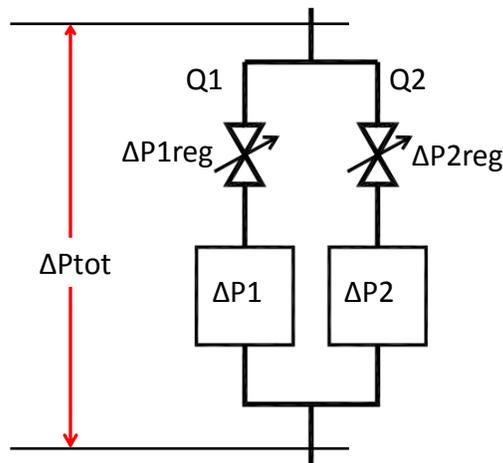
Energia: contano anche i dettagli

115

## Bilanciamento statico

- Inserimento di una perdita di carico regolabile su ciascun ramo per distribuire le portate

$$\Delta P_{ireg} = \Delta P_{tot} - \Delta P_i$$



27/02/2016

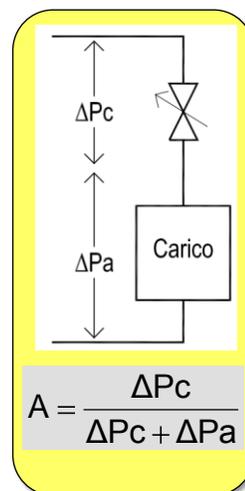
Energia: contano anche i dettagli

116

## Regolazione della portata in un ramo

- Temperatura: dipende dai circuiti
- Obiettivo: portata corretta nel ramo
- Ipotesi: si dispone di una pressione costante
- Autorità: con valvola spalancata, rapporto fra
  - perdita di carico nella valvola
  - perdita di carico totale nel circuito controllato

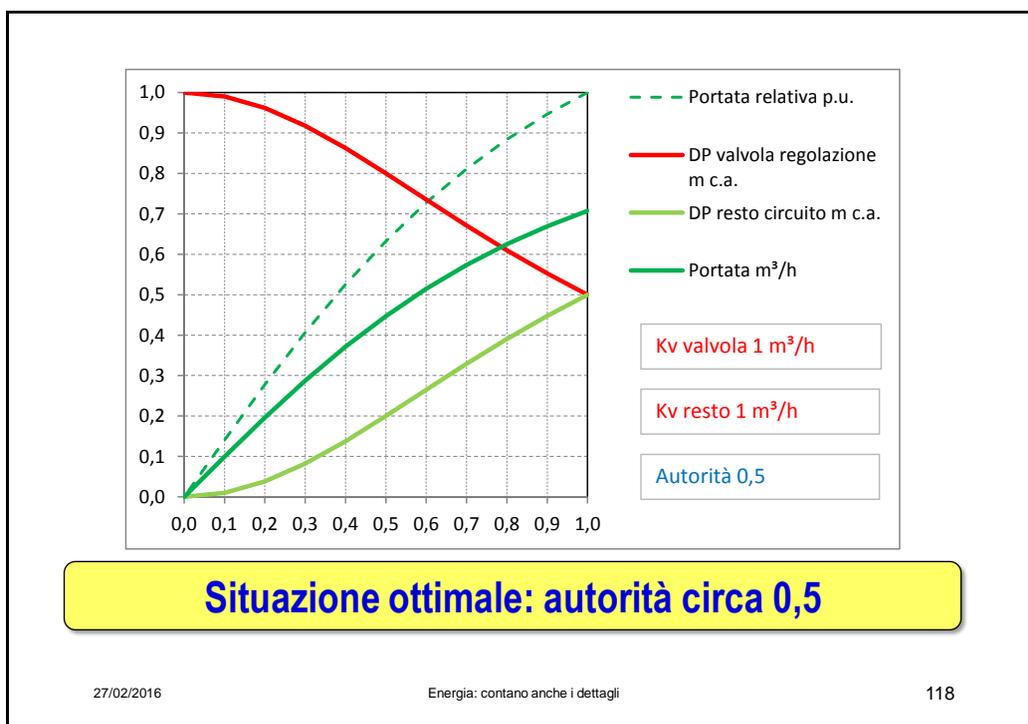
**Esempio XLS → autorità**



27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

117



## Perché l'autorità è importante

- **Autorità eccessiva:**
  - Spreco di energia ( $\Delta P$  inutile)
  - Rischio di non fare portata
- **Autorità insufficiente**
  - Il comportamento non è più lineare  
*(in alcuni casi gli otturatori sono profilati per compensare questo effetto)*
  - La corsa utile è solo una frazione di quella totale
  - **Regolazione manuale:** diventa poco precisa, basta un piccolo ritocco per cambiare tutto
  - **Regolazione automatica:** aumento del guadagno della regolazione, che diventa instabile → spreco energetico

## Non sempre è così facile...

Per regolare esattamente la portata nei circuiti utenti, occorre

- Una valvola di regolazione con **autorità** corretta
- Una **pressione stabile** ai capi del circuito  
*Chiudo la valvola → portata diminuisce → prevalenza aumenta!*

**Strategie** possibili:

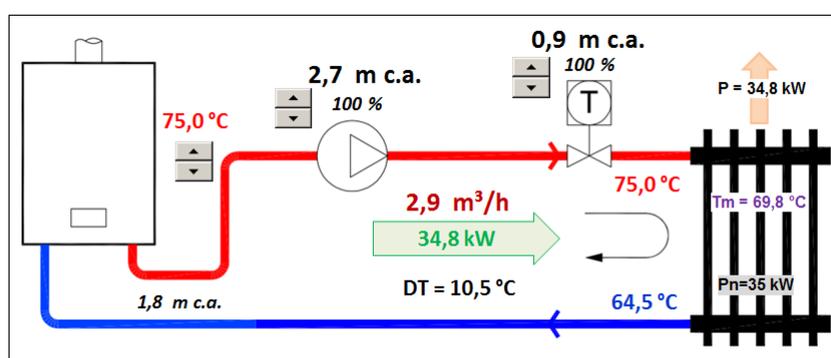
- **Generare solo la prevalenza che serve** con una pompa a giri variabili, costante o proporzionale a seconda dell'entità delle perdite di carico  
→ **attenzione a non eccedere sulle valvole favorite!**
- **Generare una prevalenza più alta e «tagliarla»** ai capi dei rami  
→ **attenzione ad avere pressione sulle valvole sfavorite!**
- Attenzione alle interferenze fra i vari rami...

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

120

## Strategia: prevalenza minima



**Esempio XLS → circuito semplice**

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

121

## Valvole di regolazione dinamiche

- Le valvole di regolazione dinamiche agiscono facendo contrastare due pressioni su una membrana
- Se tengono conto di una sola pressione, la seconda è quella atmosferica

I regolatori autoazionati sono di tipo P → non arrivano mai a segno, riducono le influenze reciproche ma non le eliminano del tutto

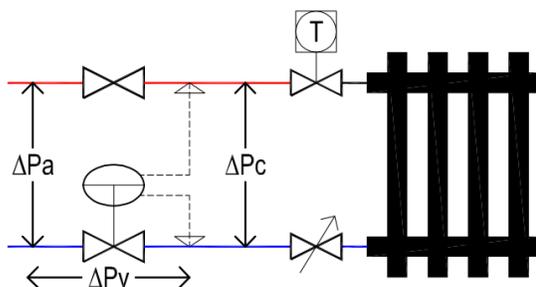
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

122

## Strategia: bilanciamento dinamico

- Generare una prevalenza costante ai capi dei singoli circuiti utenti...



**Il sistema controlla  $\Delta P_c$**   
**Il DN della valvola si**  
**verifica in base a portata**  
**del carico Q e pressione**  
**desiderata  $\Delta P_c$  a valle .**

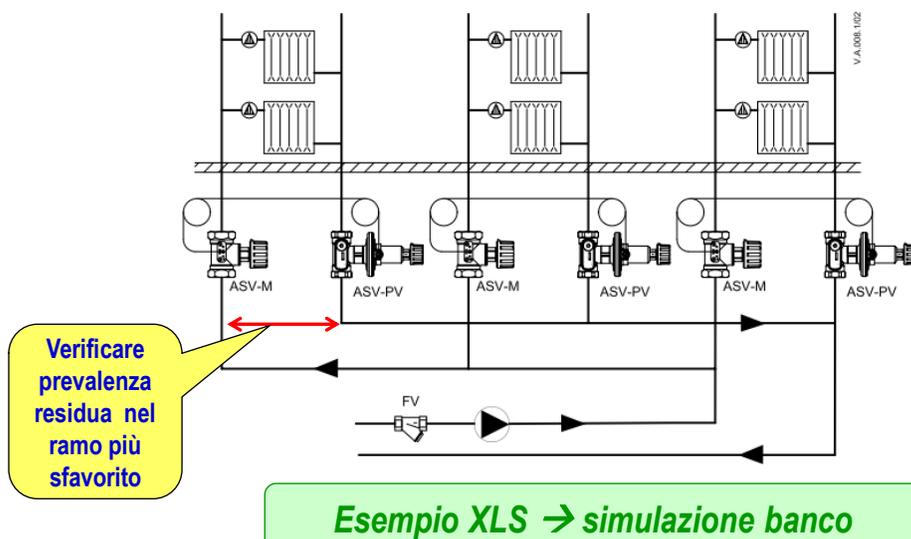
**INOLTRE:**  
 **$\Delta P_a > \Delta P_c + \Delta P_v$**

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

123

## Strategia: bilanciamento dinamico



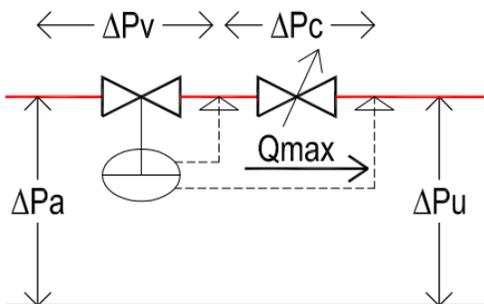
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

124

## Regolazione portata

- Imporre una portata costante in un circuito...



**Il sistema controlla  $\Delta P_c$**   
**Se la valvola di taratura è**  
**fissa, la portata è costante.**  
**Usate come limitatore**

**INOLTRE:**  
 **$\Delta P_a > \Delta P_c + \Delta P_u$**

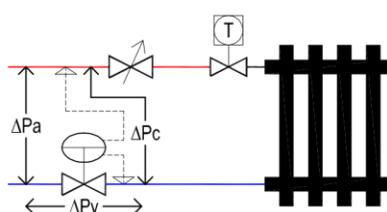
27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

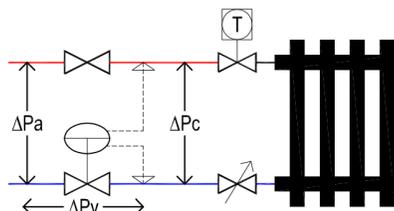
125

## Limitazione portata

- Stabilizzando la pressione ai capi del circuito, il detentore diventa un limitatore di portata.
  - Detentore comune del ramo
  - Detentori singoli corpi scaldanti («prerogolazione»)



Detentore di base colonna incluso nel loop di regolazione pressione



Detentore di base colonna fuori dal loop di regolazione pressione

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

126

## Regole ispezione circuiti

- Differenza di temperatura mandata ritorno
  - Bassa → circolazione acqua abbondante
  - Alta → poca circolazione di acqua
- Fa freddo, potenza insufficiente
  - Circolazione acqua abbondante → alzare temperatura di mandata
  - Poca circolazione di acqua → correggere portata, poi alzare temperatura mandata
- Rumorosità componenti
  - Pressioni differenziali troppo elevate → ridurre prevalenza e verificare bilanciamento mantenuto

27/02/2016

Energia: contano anche i dettagli

127