

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria delle Costruzioni Edili e dei Sistemi ambientali

Corso di "Impianti Tecnici per l'Edilizia"

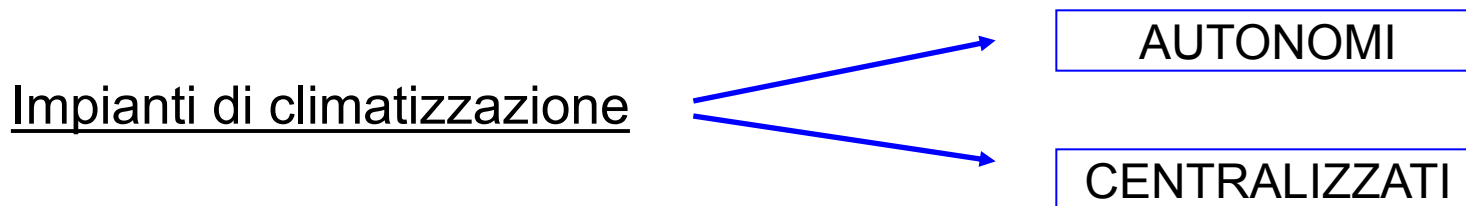
GLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E DI CLIMATIZZAZIONE

Impianti di riscaldamento e climatizzazione

Gli impianti di riscaldamento e climatizzazione hanno la stessa configurazione di impianto, ma nel secondo caso si invia nelle tubazioni e negli elementi terminali alternativamente acqua calda o acqua refrigerata, a seconda delle stagioni.

Il fluido termovettore è acqua, riscaldata o raffreddata in centrale e quindi distribuita mediante pompe di circolazione e attraverso una rete di tubazioni.

Gli elementi terminali nei singoli ambienti possono essere ventilconvettori (fan-coils), "radiatori", pannelli radianti (a pavimento o a soffitto)



1. CENTRALIZZATI

1. Impianti centralizzati condominiali: la caldaia è collocata in un locale dedicato, chiamato **centrale termica**, da cui si snoda la rete;
2. Impianti per quartiere o comprensorio: **teleriscaldamento** con acqua surriscaldata o vapore come fluido termovettore e scambiatori di calore.

Vantaggi: rendimento globale più elevato rispetto a quelli autonomi;

Svantaggi: la regolazione non può essere modellata secondo le esigenze specifiche di ciascuna singola utenza

1. Impianti centralizzati condominiali

Si ha un generatore di calore che produce acqua calda ad una temperatura inferiore a 100°C.

I primi impianti realizzati erano quasi tutti a *circolazione naturale*;

Ad oggi la circolazione dell'acqua avviene per mezzo di pompe, si parla dunque di ***circolazione forzata***;

l'acqua circola fra la caldaia ed i corpi scaldanti mediante reti di tubazioni in acciaio nero, in rame o in materiale plastico.

Le caratteristiche dimensionali e costruttive della centrale termica, sono regolate da norme volte soprattutto a garantire la sicurezza.

Sistemi di distribuzione del fluido termovettore

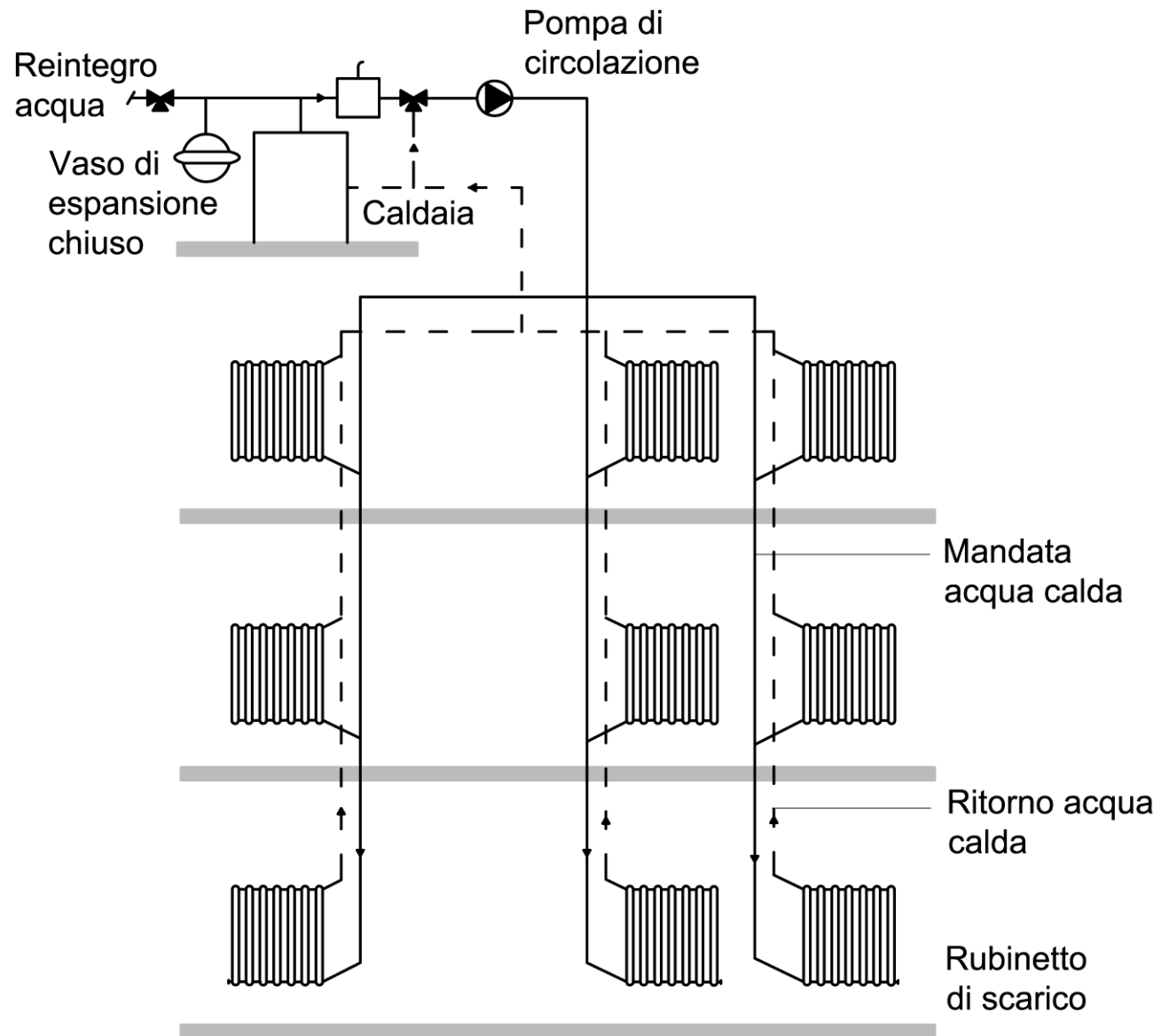
1. A colonne montanti

1. A sorgente
2. A cascata

2. Complanare:

1. Ad anello a due tubi
2. A collettori complanari

Impianti centralizzati

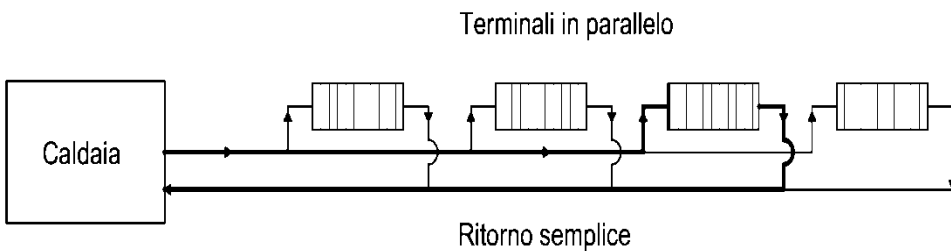


Schema di impianto centralizzato a colonne montanti a cascata.

- Gli impianti a sorgente e a cascata, sono abbandonati; ciò è dovuto al fatto che, per molti aspetti, non rispondono alle nuove normative.
- Infatti esse richiedono che la **tariffazione** sia individuale, valutata in relazione alle calorie effettivamente consumate dal singolo utente; occorre pertanto individuare, relativamente a ciascuna unità immobiliare, la portata d'acqua e le temperature di ingresso e di uscita.
- In un impianto a sorgente o a cascata tutto ciò risulta complesso, in quanto occorrerebbe inserire un contacalorie per ciascun radiatore ed un totalizzatore; si preferisce installare impianti ad anello o a collettori complanari dove è sufficiente un contacalorie per ogni anello o collettore, quindi per ciascuna unità immobiliare.

Impianti ad anello a due tubi:

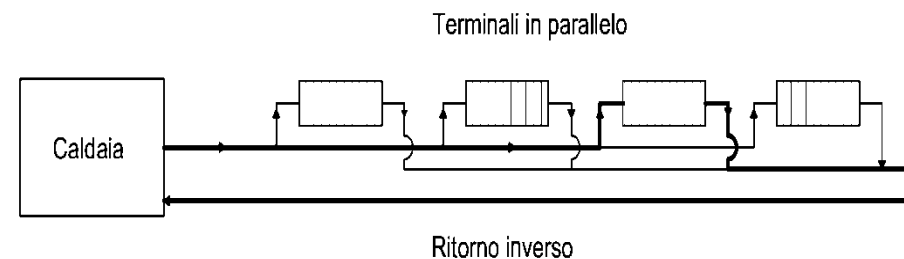
Consente un minor impiego di tubazioni senza precludere la possibilità di regolare il singolo terminale; **consiste nel servire in serie e parallelo con due tubi i diversi terminali, che prendono il fluido dal tubo di mandata e lo scaricano su quello di ritorno.** Il ritorno di un terminale non va quindi a quelli successivi.



Schema di impianto a due tubi a ritorno semplice.

–Le portate sono diverse nelle diverse zone di distribuzione; **ad ogni uscita verso un terminale, la portata diminuisce nel tubo di mandata**, che verrà quindi dimensionato con diametri decrescenti, in modo da avere perdite di carico costanti per unità di lunghezza.

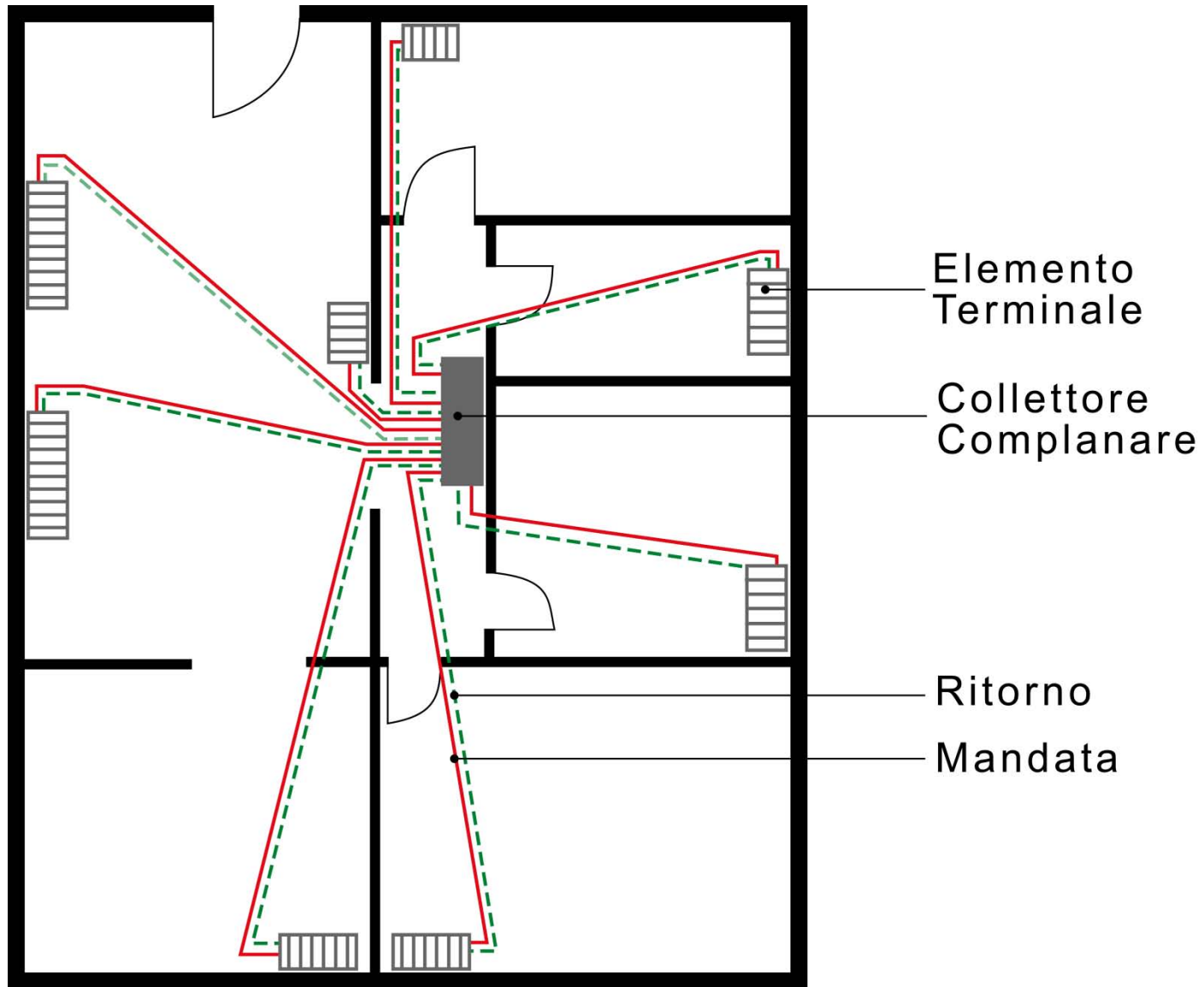
–**L'ultimo terminale sarà soggetto a perdite molto più alte del primo**, per la maggior lunghezza dei tubi di mandata e ritorno.

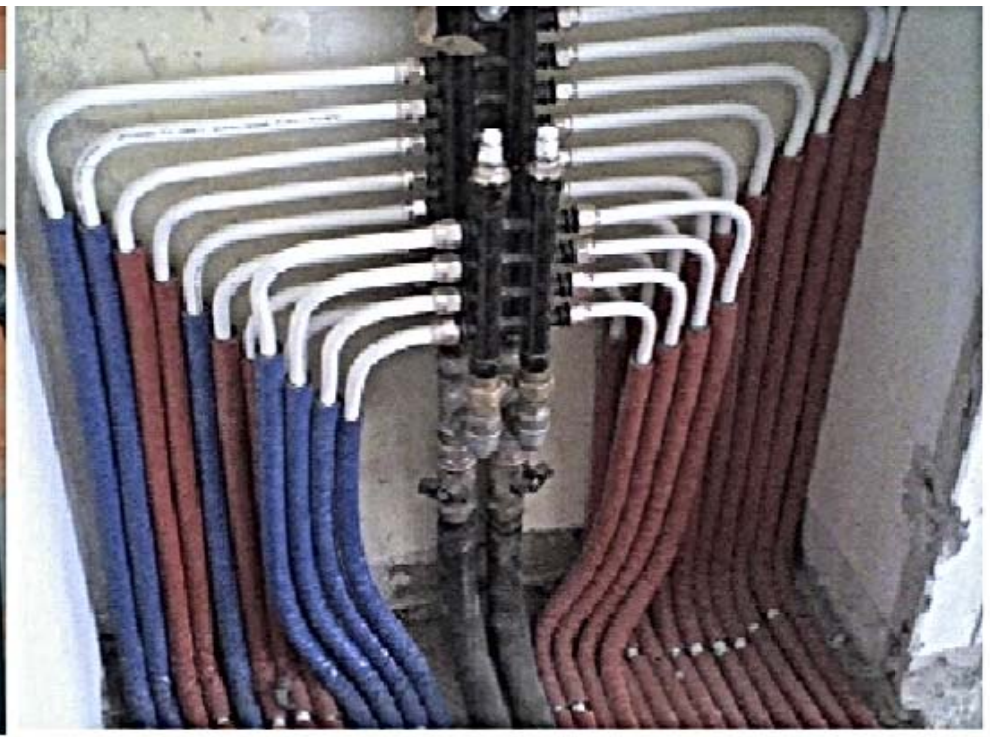


Schema di impianto a due tubi a ritorno inverso.

–Se l'impianto è molto lungo, **con il ritorno inverso tutti i terminali sono soggetti a perdite di carico simili**, anche se a livello impiantistico occorre utilizzare una tubazione di ritorno più lunga.

Impianti a collettori complanari





Impianti a collettori complanari

I terminali sono dimensionati in base alla ripartizione del carico termico nei diversi ambienti e la distribuzione dell'acqua calda avviene indipendentemente per ciascun radiatore.

Dal collettore partono tanti tubi quanti sono gli elementi terminali (uno per la mandata e uno per il ritorno); **si tratta di tubi di diametro molto piccolo, in genere <16 mm, in rame**, senza pezzi speciali; sono installati stendendoli sul massetto e proteggendoli dallo schiacciamento.

Per limitare lo sviluppo dei circuiti interni, è solitamente consigliabile disporre i collettori in zona baricentrica rispetto ai terminali da servire.

2.IMPIANTI AUTONOMI

- Ogni utenza è servita da un generatore di calore, con una taglia media di circa **25 - 35 kW termici**.
- La grande diffusione degli impianti autonomi è stata determinata dalla possibilità di **farli funzionare secondo le esigenze dell'utente**; il rendimento globale è più basso rispetto agli impianti centralizzati con maggiori costi di esercizio.
- La distribuzione dell'acqua calda avviene con le stesse modalità viste per gli impianti centralizzati (ad anello monotubo o collettore complanare)

CRITERI DI PROGETTO PER IMPIANTI DI RISCALDAMENTO

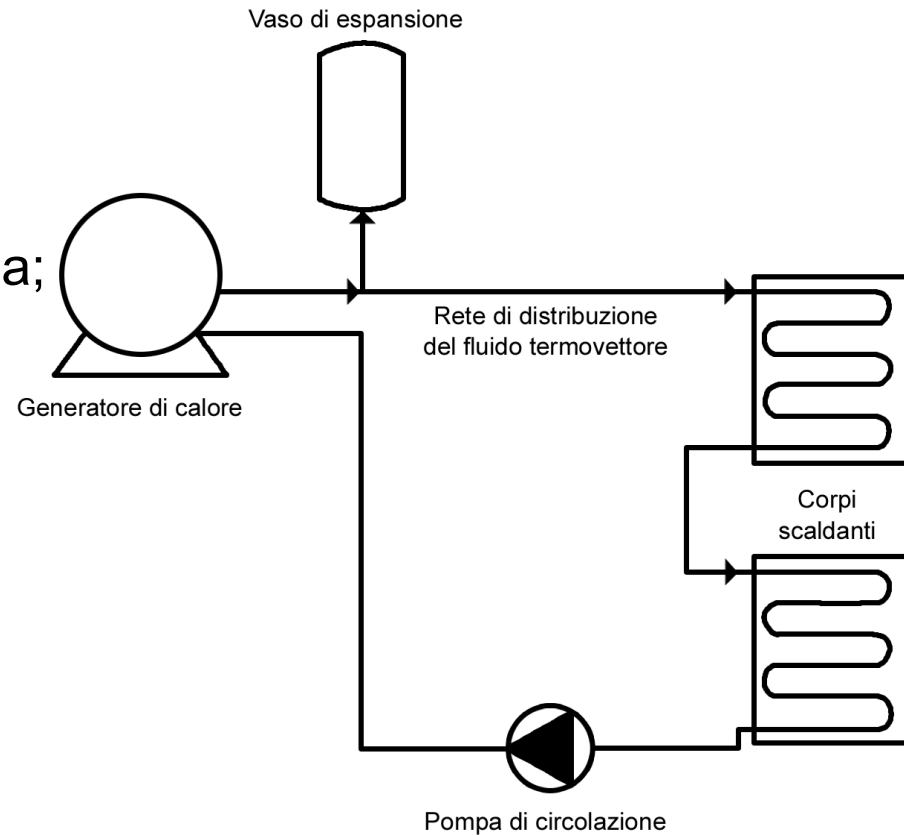
DEFINIZIONE

Un impianto di riscaldamento è quel complesso di elementi e di apparecchiature atti a realizzare e mantenere in determinati ambienti valori della temperatura maggiori di quelli esterni.

Consentono di controllare solo la temperatura dell'aria nell'ambiente riscaldato; non sono controllate l'umidità relativa (che tende a diminuire all'aumentare della temperatura dell'aria), la temperatura media radiante (anche se, col passare del tempo, la differenza di temperatura tra le pareti e l'aria tende a diventare trascurabile) e la velocità dell'aria.

COMPONENTI PRINCIPALI:

- 1) elementi terminali o corpi scaldanti;
- 2) rete di distribuzione dell'acqua calda;
- 3) vaso di espansione;
- 4) pompa di circolazione;
- 5) generatore di calore.



L'acqua presente nella rete di distribuzione circola, per mezzo di una pompa, all'interno del generatore di calore, dove viene scaldata ed inviata agli elementi terminali che scambiano calore con l'aria ambiente, mantenendone la temperatura al valore di progetto.

Il vaso di espansione presente nel circuito serve ad assorbire le dilatazioni termiche dell'acqua dalle condizioni di volume minimo, ad impianto spento, a quelle di volume massimo, ad impianto acceso.

ELEMENTI TERMINALI

Hanno il compito di fornire all'ambiente da riscaldare l'energia termica necessaria a soddisfare il carico termico.

Negli impianti di riscaldamento i tipi di elementi terminali sono:

- radiatori;
- ventilconvettori;
- pannelli radianti.

Radiatori

I radiatori sono ancora gli elementi terminali più diffusi; sono alimentati quasi esclusivamente ad acqua calda, con una temperatura di ingresso di **circa 75÷85°C**.

I radiatori scambiano calore principalmente per **irraggiamento ed in misura minore per convezione**.

Radiatori

L'installazione ottimale è sotto le finestre o lungo le pareti esterne.



Vantaggi:

- **buone condizioni di benessere termoigrometrico**, limitando il fenomeno dell'asimmetria radiante, bilanciando il flusso termico verso superfici fredde (le finestre);
- si contrastano gli effetti delle correnti che si formano in prossimità delle superfici fredde (finestre o pareti esterne) sfruttando le stesse correnti per aumentare lo scambio termico per convezione.

Radiatori

Svantaggi:

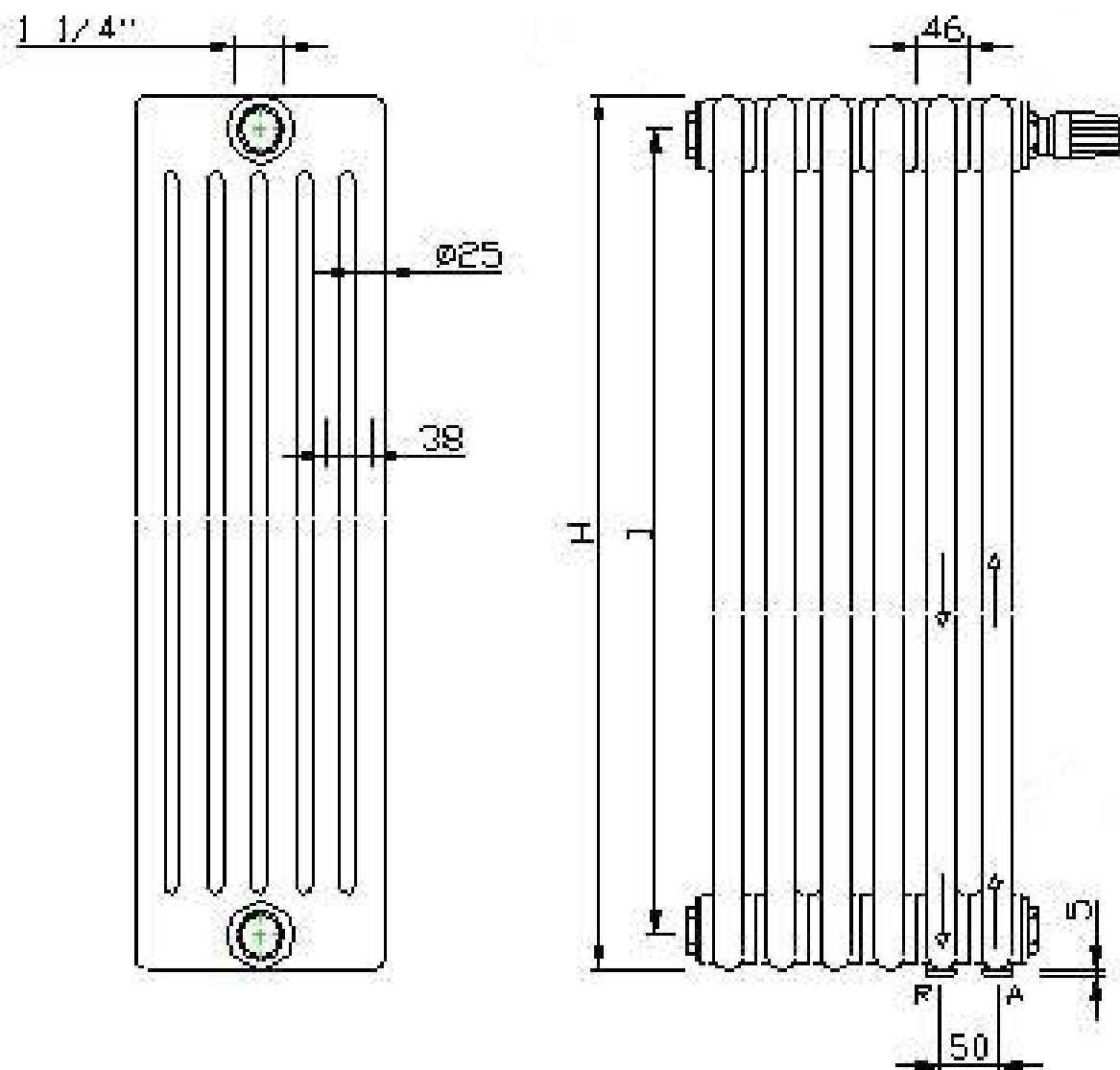
presenza di superfici radianti a temperatura diversa da quella dell'aria: queste possono dar luogo anche alla **combustione del pulviscolo** per effetto delle elevate temperature con conseguente annerimento della parete al di sopra del radiatore.

In base al materiale con cui sono costruiti possono essere classificati nei seguenti tipi: in **ghisa**, in **acciaio**, in **alluminio**.

GHISA

Modulari con elementi a colonne o piastre di conseguenza si possono realizzare corpi scaldanti di potenzialità adeguata alle esigenze dell'ambiente in cui devono essere installati; resistenti alla corrosione con una vita utile molto lunga.

Sono **molto pesanti e hanno un'elevata inerzia termica**: da un lato, l'ambiente si mantiene caldo per un certo periodo di tempo dopo lo spegnimento dell'impianto, dall'altro, la temperatura interna dell'ambiente si porta a regime con un ritardo superiore rispetto al caso in cui si impieghino radiatori in acciaio o alluminio.



Disegno schematico di un radiatore in ghisa.

Radiatori

ACCIAIO

Sono costituiti da elementi saldati (piastre, lamelle, colonne), pertanto **non sono componibili**, ma le proprietà meccaniche dell'acciaio permettono la realizzazione di radiatori di forme e dimensioni tali da risultare **più leggeri** e meno costosi rispetto a quelli in ghisa.

Lo svantaggio principale è che sono soggetti a **corrosione** pertanto hanno una vita utile più breve rispetto a quelli in ghisa.

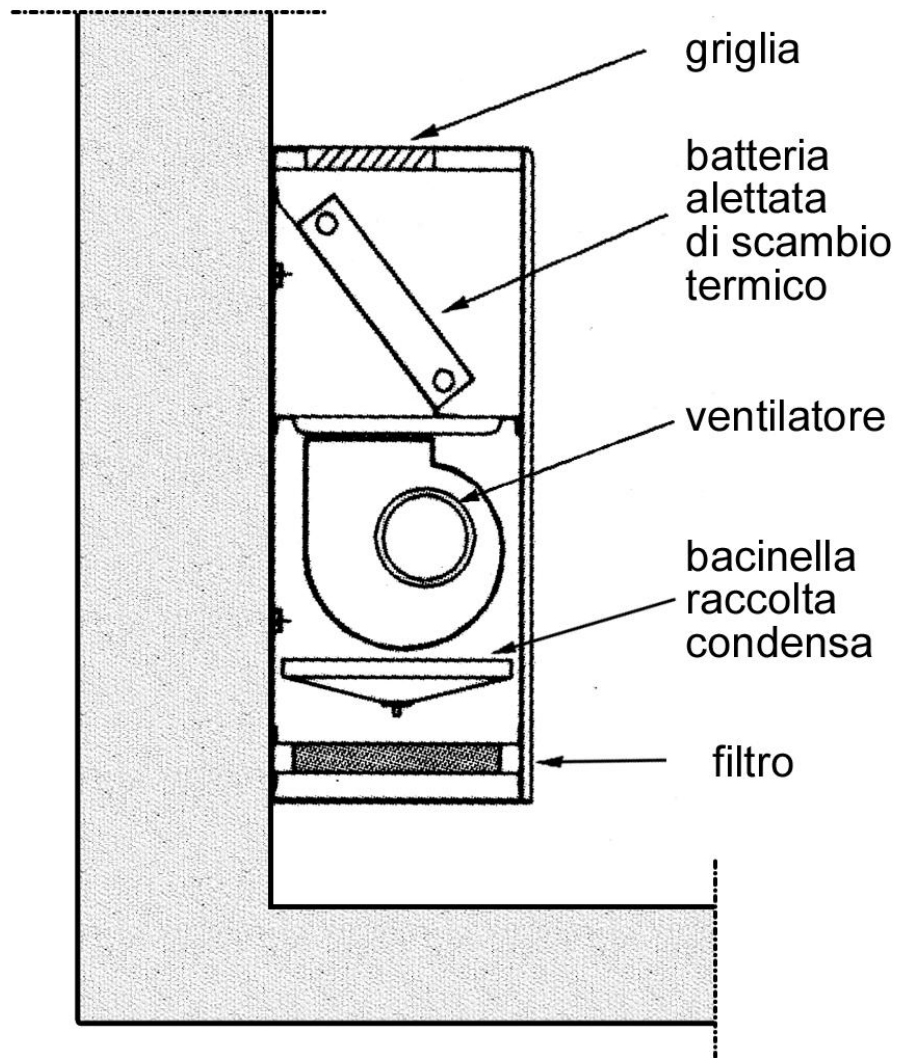
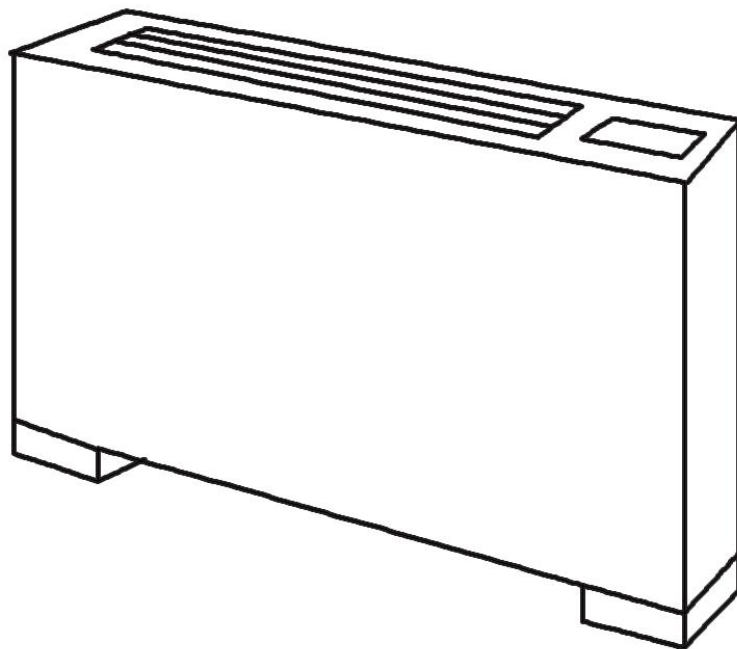
ALLUMINIO

Si caratterizzano per la leggerezza e la resistenza alle corrosioni esterne; sono costituiti da **elementi componibili realizzati per estrusione o pressofusione e assemblati tramite nipples.**

Sono leggermente più costosi rispetto ai radiatori in acciaio e possono essere soggetti a corrosioni interne nel caso in cui l'acqua sia troppo addolcita; **hanno un'inerzia termica molto bassa.**

Ventilconvettori

- ✓ Sono costituiti da un **carter metallico contenente un filtro, una batteria alettata rame-alluminio e un ventilatore a più velocità.**
- ✓ Normalmente la struttura esterna è di forma parallelepipedica e provvista di due aperture: una in basso per l'ingresso dell'aria da riscaldare ed una in alto per la fuoriuscita dell'aria calda.
- ✓ Se è presente un sistema per la raccolta della condensa, il ventilconvettore può essere impiegato anche per il raffrescamento.
- ✓ Sono commercializzati nel modello verticale (a pavimento) e nel modello orizzontale (a soffitto), con o senza mobiletto.
- ✓ Possono funzionare a tutt'aria di ricircolo oppure mediante una serrandina che consente l'immissione di aria esterna, fino ad un 30% circa della portata totale.



Schema costruttivo di un ventilconvettore.

Ventilconvettori

Il flusso d'aria, spinto dal ventilatore, investe la batteria alettata riscaldandosi (o raffreddandosi nel caso estivo) per convezione forzata. La potenza termica q_c scambiata è pari a:

$$q_c = S \cdot h_c \cdot (T_{H_2O} - T_a)$$

dove:

q_c = potenza termica scambiata (W);

S = superficie di scambio termico (m²);

h_c = coefficiente globale di scambio termico per convezione (W/m²K);

T_{H_2O} = temperatura media dell'acqua all'interno della batteria (K);

T_a = temperatura dell'aria all'ingresso al ventilconvettore (K).

Ventilconvettori

Lavorano con temperature dell'acqua inferiori rispetto ai radiatori, dell'ordine di **40-60 °C**.

Vantaggi:

- possono essere alimentati con acqua calda dai collettori solari;
- le perdite di calore lungo la rete di distribuzione sono più basse;
- non si ha formazione di zone nere sulla superficie della parete;
- possono essere impiegati per il raffrescamento estivo;
- a volte sono meno costosi rispetto ai radiatori.

Pannelli radianti

Sono superfici molto estese che scambiano calore per **irraggiamento**; possono essere realizzati come parte integrante delle strutture oppure costruiti separatamente e poi installati nell'ambiente da riscaldare.

Nel primo caso si tratta di soluzioni in cui il corpo scaldante è parte dello stesso circuito di distribuzione del fluido termovettore; infatti le **parti terminali delle tubazioni del circuito sono annegate nella struttura del pavimento, delle pareti o del soffitto, e cedono calore per radiazione alle pareti affacciate sul locale riscaldato.**

Tra questi i più comuni sono gli impianti a pavimento radiante, con tubazioni in materiale plastico poste al di sopra di uno strato di materiale isolante e ricoperte dal massetto e dal pavimento.



Esempio di pannello radiante a pavimento.

Pannelli radianti

Devono essere alimentati con acqua a temperature di **28-35 °C**; a temperature superiori i pannelli procurano sensazioni di malessere.

Vantaggi:

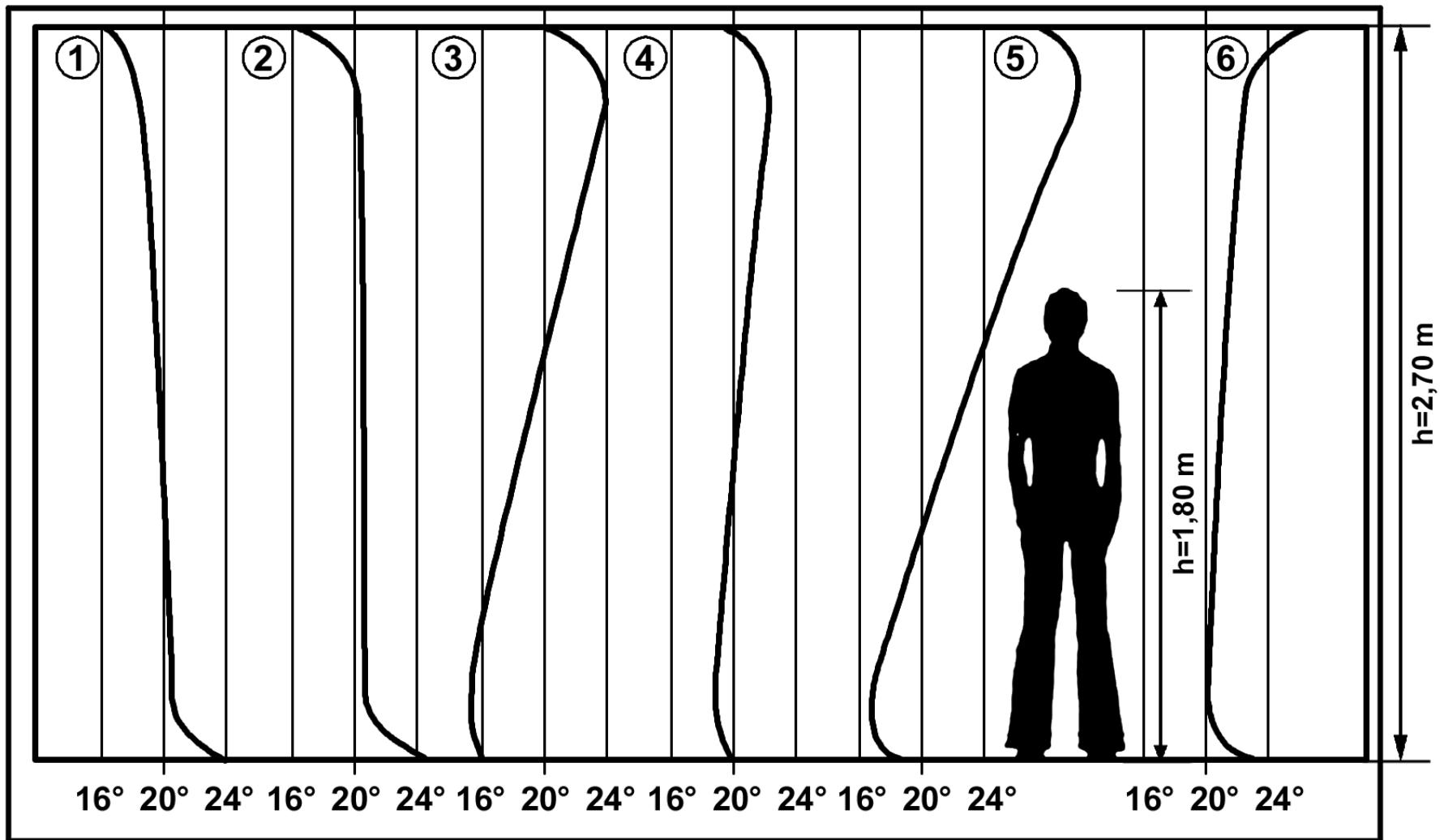
- buone condizioni di benessere, evitano la formazione di discontinuità e disuniformità di temperatura (gradiente termico verticale minimo);
- non formano correnti d'aria;
- evitano la combustione del pulviscolo atmosferico;
- sono abbinabili a tecnologie per il risparmio energetico (collettori solari, caldaie a condensazione, ecc.);
- assenza di elementi terminali.

Svantaggi:

- costosi;
- personale specializzato per l'installazione;
- in caso di guasto occorre rimuovere il pavimento per la riparazione.

Pannelli radianti

Se impiegati per il raffrescamento estivo, devono essere accompagnati da un **sensore anticondensa** che controlli la temperatura superficiale del pavimento, facendo in modo che si mantenga sempre superiore alla temperatura di rugiada dell'aria ambiente.



- 1) Riscaldamento teoricamente ottimale
- 2) Riscaldamento a pavimento
- 3) Riscaldamento con radiatori (parete interna)

- 4) Riscaldamento con radiatori (parete esterna)
- 5) Riscaldamento con ventilconvettori
- 6) Riscaldamento a soffitto radiante

Andamento verticale della temperatura con diverse tipologie di elementi terminali.

DIMENSIONAMENTO

- ✓ Il dimensionamento degli elementi terminali è sviluppato con l'ausilio dei cataloghi delle ditte produttrici dove sono riportati i dati necessari ai calcoli: *potenza termica sviluppata, perdite di carico imputabili all'elemento, portata del fluido termovettore, temperature d'esercizio.*
- ✓ Conoscendo le dimensioni del locale servito e calcolando il contributo dei diversi carichi termici, è possibile ottenere una prima stima sulla potenza termica richiesta in ambiente.

DIMENSIONAMENTO

Nelle schede tecniche degli elementi terminali fornite dai costruttori, in base alle caratteristiche di potenza prossime alle esigenze del locale, si individua preliminarmente la tipologia di corpo scaldante:

- per i **radiatori** sono fornite le potenze termiche rese da ciascun elemento, pertanto si determina il numero di elementi dividendo la potenza richiesta per la potenza di ciascun elemento e arrotondando all'intero superiore; le rese sono riferite a valori stabiliti del ΔT tra acqua nel radiatore e aria ambiente e possono essere appositamente corretti per valori diversi;
- per i **ventilconvettori** sono fornite la potenza termica e frigorifera globalmente rese da diversi modelli nelle diverse taglie, basta selezionare il modello di taglia pari (se disponibile) o appena superiore a quella richiesta in ambiente;
- per i **pannelli radianti** sono fornite le potenze termiche rese per unità di superficie al variare del diametro e dell'interasse delle tubazioni, è sufficiente individuare e selezionare la configurazione la cui potenza, moltiplicata per la superficie dell'ambiente, fornisce la potenza richiesta.

DIMENSIONAMENTO

Per il dimensionamento dell'elemento si considera la potenza termica nominale riferita alla differenza tra la temperatura media dell'acqua nell'elemento terminale e la temperatura ambiente (ΔT); ΔT è un valore fissato, pari a 50°C , ma lo si può ottenere anche mediando il valore di temperatura dell'acqua in ingresso e quello in uscita dall'elemento terminale (ad esempio per i radiatori $T_{\text{H}_2\text{O in}} = 75^\circ\text{C}$; $T_{\text{H}_2\text{O out}} = 65^\circ\text{C}$; $T_{\text{H}_2\text{O media}} = 70^\circ\text{C}$; $T_a = 20^\circ\text{C}$, $\Delta T = 50^\circ\text{C}$).

Per ΔT diversi da quello di riferimento, la potenza dell'elemento (Q) si ricava mediante la relazione seguente:

$$Q = K_m \cdot \Delta T^n$$

dove K_m [$\text{W}/^\circ\text{C}$] e n sono coefficienti il cui valore è tabulato nei dati tecnici del singolo modello.

Modello	Dimensioni in mm.				Ø attacchi	Peso a vuoto Kg circa	Contenuto acqua in litri	Potenza termica UNI EN 442				Esponente n.	Coefficiente Km
	A	B	C	D				ΔT 50°C		ΔT 60°C			
	altezza totale	lunghezza	profondità	interasse				Watt	*Kcal/h	Watt	*Kcal/h		
VOX 800	890	80	95	800	1"	2,21	0,56	181	156	231	200	1,33709	0,97001
VOX 700	790	80	95	700	1"	1,95	0,53	164	142	209	180	1,32938	0,90292
VOX 600	690	80	95	600	1"	1,68	0,50	146	126	185	160	1,31199	0,86156
VOX 500	590	80	95	500	1"	1,45	0,46	127	110	161	139	1,30495	0,76989
VOX 350	440	80	95	350	1"	1,12	0,35	95	82	120	103	1,28445	0,62313

* 1 Watt = 0,863 Kcal/h

La potenza termica dei radiatori GLOBAL è quella risultante dalle prove effettuate dal Dipartimento di Energetica presso la Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Milano secondo la Norma UNI EN 442.

Esempio di calcolo per ΔT diverso da 50° C

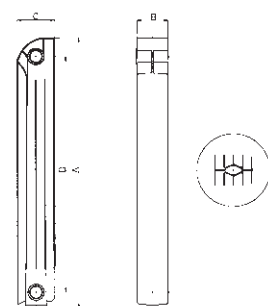
Per calcolare la potenza termica (P) di un radiatore per valori di ΔT diversi da 50° C si deve utilizzare l'equazione caratteristica: $P = Km \cdot \Delta T^n$

Ad esempio per il modello 600 a ΔT= 60° C

$$P = 0,86156 \cdot 60^{1,31199} = 185 \text{ Watt}$$

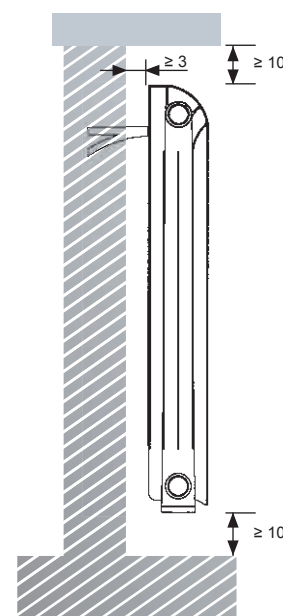
Valori di potenze termiche con ΔT diverso da 50° C

Modello	ΔT20°C	ΔT 25°C	ΔT 30°C	ΔT 35°C	ΔT 40°C	ΔT 45°C	ΔT 50°C	ΔT 55°C	ΔT 60°C
VOX 800	53	72	92	113	135	157	181	206	231
VOX 700	48	65	83	102	122	142	164	186	209
VOX 600	44	59	75	91	109	127	146	165	185
VOX 500	38	51	65	80	95	111	127	144	161
VOX 350	29	39	49	60	71	83	95	107	120



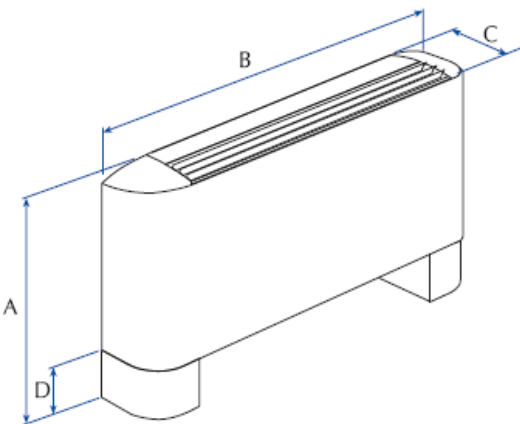
corretta installazione

- I radiatori modello VOX trovano utile impiego in tutti gli impianti ad acqua calda e vapore fino a 110° C con pressione di esercizio fino a 600 K Pascal - 6 Bar.
- Possono essere installati indifferentemente negli impianti con tubazioni in ferro, rame o materiali termoplastici.
- Nella posa dei radiatori si ottiene la resa termica prevista osservando le distanze di seguito precisate:
 - ≥ cm 3 dalla parete
 - ≥ cm 10 dal pavimento
 - ≥ cm 10 dalla mensola o sottofinestra
 Per evitare che le dilatazioni termiche dell'impianto provochino rumorosità in corrispondenza dei corpi scaldanti si consiglia l'impiego di mensole plastificate per il sostegno dei radiatori (artt. 4, 25, 27, o 29 del nostro catalogo).
- Al fine di preservare gli impianti da processi di incrostazione e corrosione si consiglia di controllare il pH dell'acqua (che deve essere preferibilmente tra 6,5 e 8) e di introdurre un inibitore passivante tipo Cillit-Hs 23 Al o similari in quantità pari a 1 litro ogni 200 litri di acqua circolante nell'impianto.
- Si consiglia di installare valvole di sfogo aria automatiche o manuali su ogni radiatore.
- Come misura precauzionale si eviti di chiudere completamente le valvole di intercettazione dei radiatori per eliminare possibili sovrappressioni. Qualora si voglia escludere una o più batterie dal circuito è opportuno montarvi valvole automatiche di sfogo aria.
- Per una buona conservazione della verniciatura è necessario che i radiatori, prima e dopo l'installazione, non vengano tenuti in ambienti molto umidi. Un'eventuale distacco di vernice in un punto del radiatore potrebbe favorire la formazione dell'ossido di alluminio e far staccare completamente la vernice.
- Nella pulizia del radiatore è sconsigliato l'uso di prodotti corrosivi.



DIMENSIONAMENTO- ventilconvettori

Dati tecnici



Mod. Omnia		UL 11	UL 16
Potenza termica	W (max.)	2010	2910
	W (med.)	1460	2120
	W (min.)	1060	1540
Potenza termica (acqua ingresso 50°C)*	W (E)	1150	1700
Portata acqua	l/h	173	250
Perdite di carico acqua	kPa	1,6	3,7
Potenza frigorifera totale	W (max.) (E)	840	1200
	W (med.)	650	950
	W (min.)	490	690
Potenza frigorifera sensibile	W (max.) (E)	700	990
	W (med.)	530	750
	W (min.)	390	520
Portata acqua	l/h	144	206
Perdite di carico acqua	kPa (E)	1,9	4,8
	m³/h (max.)	180	240
	m³/h (med.)	120	160
Portata d'aria	m³/h (min.)	80	110
	dB (A) (max.)	37,5	39,5
	dB (A) (med.)	28,5	34,5
Pressione sonora	dB (A) (min.)	22,5	25,5
	dB (A) (max.) (E)	46,0	48,0
	dB (A) (med.) (E)	37,0	43,0
Potenza sonora	dB (A) (min.) (E)	31,0	34,0
	Contenuto acqua	l	0,4
Potenza max. motore	W (E)	18	32
Corrente max. assorbita	A	0,09	0,15
Attacchi batteria	ø	1/2"	1/2"

Riscaldamento:

- temperatura aria ambiente 20 °C;
- temp acqua in ingresso 70 °C; velocità massima;
- Δt acqua 10 °C;
- per media e minima velocità portata acqua come alla massima.

Riscaldamento*:

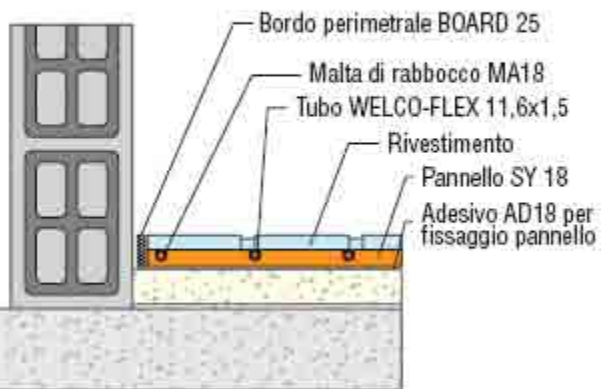
- temperatura aria ambiente 20 °C;
- temp acqua in ingresso 50 °C; velocità massima;
- portata acqua come in raffreddamento.

Raffrescamento:

- temperatura aria ambiente 27 °C B.S., 19 °C B.U.;
- temp. acqua in ingresso 7 °C; velocità massima;
- Δt acqua 5 °C.
- per media e minima velocità portata acqua come alla massima.

DIMENSIONAMENTO – pannelli radianti a pavimento

SEZIONE IMPIANTO A PANNELLI SYSTEM SY 18 POSA A SECCO



Tab. 1 • Emissione di calore pannelli SY 18 • $R_{\lambda,B} = 0,00 \text{ m}^2\text{C/w}$ (p.e. piastrelle)

Salto termico ΔT 8°C		Temperature ambiente ta							
		15°C		18°C		20°C		22°C	
Temp. mandata °C	Intersse in cm	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C
35	10	103,9	22,4	85,8	23,7	73,7	24,5	61,6	25,2
40	10	134,0	24,5	116,0	26,1	103,9	26,8	91,8	27,9
45	10	164,0	26,5	146,0	28,0	134,0	29,0	122,0	29,7

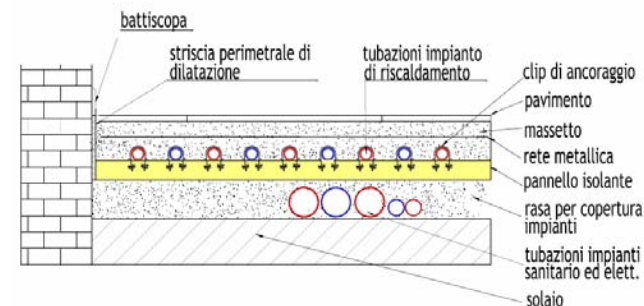
Tab. 2 • Emissione di calore pannelli SY 18 • $R_{\lambda,B} = 0,05 \text{ m}^2\text{C/w}$ (parquet, linoleum)

Salto termico ΔT 8°C		Temperature ambiente ta							
		15°C		18°C		20°C		22°C	
Temp. mandata °C	Intersse in cm	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C
35	10	75,9	20,0	62,6	21,6	53,7	23,2	44,9	24,12
40	10	97,7	22,0	84,6	23,4	75,8	24,8	66,9	26,19
45	10	119,7	23,9	106,5	25,6	97,7	26,6	89,0	27,5

Tab. 3 • Emissione di calore pannelli SY 18 • $R_{\lambda,B} = 0,05 \text{ m}^2\text{C/w}$ (moquette, parquet alto spessore > 10mm)

Salto termico ΔT 8°C		Temperature ambiente ta							
		15°C		18°C		20°C		22°C	
Temp. mandata °C	Intersse in cm	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C	Resa in W/m²	Temp. Media pav.°C
35	10	59,7	19,3	49,2	20,8	42,3	22,1	35,4	23,3
40	10	77,1	20,8	66,8	22,6	59,76	23,7	52,9	24,9
45	10	94,4	22,2	84,0	24,0	77,1	25,3	70,2	26,1

PARTICOLARE IMPIANTO A PAVIMENTO



DIMENSIONAMENTO

Noto il carico termico Q del locale e determinato il ΔT , si calcola la portata di fluido necessaria ad alimentare il corpo scaldante mediante la seguente relazione:

$$g = \frac{Q}{\gamma_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} \cdot \Delta T_{H_2O}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

g = portata di acqua (m^3/s);

Q = potenza termica richiesta in ambiente (kW);

γ_{H_2O} = calore specifico dell'acqua, ($\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$);

ρ_{H_2O} = densità dell'acqua, (kg/m^3);

ΔT_{H_2O} = differenza tra la temperatura dell'acqua in ingresso e in uscita dall'elemento scaldante ($^\circ\text{C}$) ($5 \div 20$ $^\circ\text{C}$).

DIMENSIONAMENTO

La potenza termica Q in realtà deve essere corretta calcolando il cosiddetto **fattore di resa** di ogni corpo scaldante, in base alle diverse tipologie.

La potenza termica scambiata effettivamente con l'ambiente nelle condizioni di funzionamento può essere infatti calcolata mediante la seguente relazione:

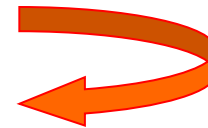
$$Q_{\text{eff}} = Q_{\text{nom}} \cdot F$$

dove:

Q_{eff} = potenza termica effettiva (W);

Q_{nom} = potenza termica nominale (W);

F = fattore correttivo globale (adimensionale).



Il fattore correttivo computa in sé una serie di contributi identificabili in diverse relazioni, a seconda che ci si trovi a dimensionare radiatori, ventilconvettori o aerotermi.

RETE DI DISTRIBUZIONE

I principali fluidi termovettori impiegati nella distribuzione del calore sono **acqua** e **aria**; l'acqua presenta dei vantaggi che ne fanno generalmente il vettore preferito a tale scopo: ha un calore specifico superiore di quattro volte rispetto a quello dell'aria ($\gamma_{H_2O} = 4.186 \text{ kJ/kg K}$, $\gamma_a = 1.004 \text{ kJ/kg K}$) e ha un coefficiente di convezione più elevato.

Tubazioni: tipologie e dimensionamento

Sono generalmente realizzate in rame, acciaio o plastica.

Tubazioni: tipologie e dimensionamento

Vantaggi del rame: marcata manovrabilità e lavorabilità (piegatura a mano) e la possibilità di trovare in commercio anche tubi con diametri ridotti. Sono impiegate quasi esclusivamente laddove sono necessari **piccoli diametri delle tubazioni (inferiori a 20 mm)**.

La possibilità di adattare le tubazioni in rame alle esigenze dell'edificio consente una riduzione dei pezzi speciali; quando necessari, i raccordi sono realizzati in bronzo, per poi essere saldati al rame mediante brasatura

Svantaggi: soprattutto negli ultimi anni il costo ha subito un innalzamento considerevole, (possibilità di riciclo della materia prima).



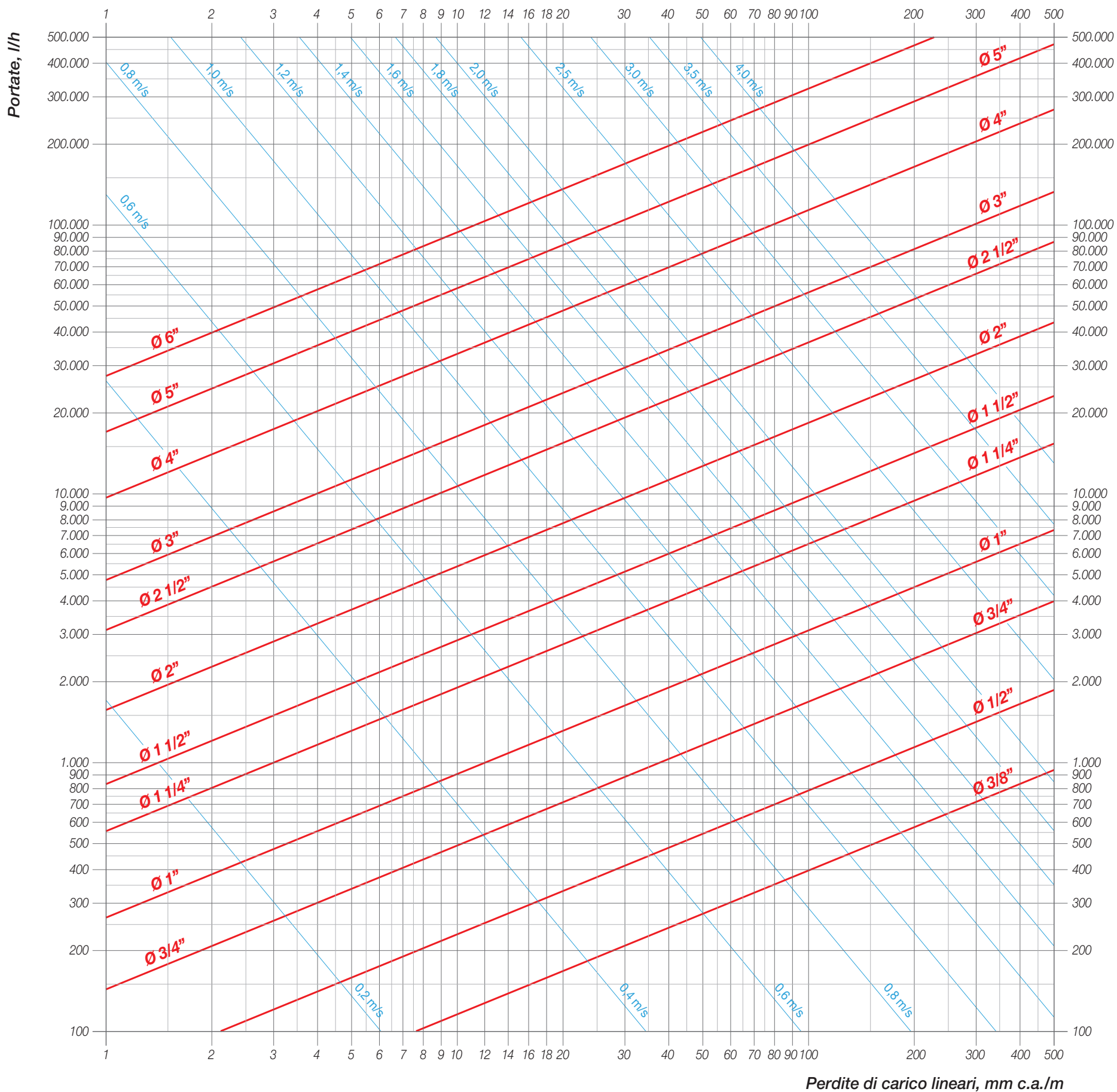
Tubazioni: tipologie e dimensionamento

Per le **tubazioni di diametro superiore a 20 mm** in genere si usa l'acciaio, per il quale risulta più agevole la realizzazione di pezzi speciali.

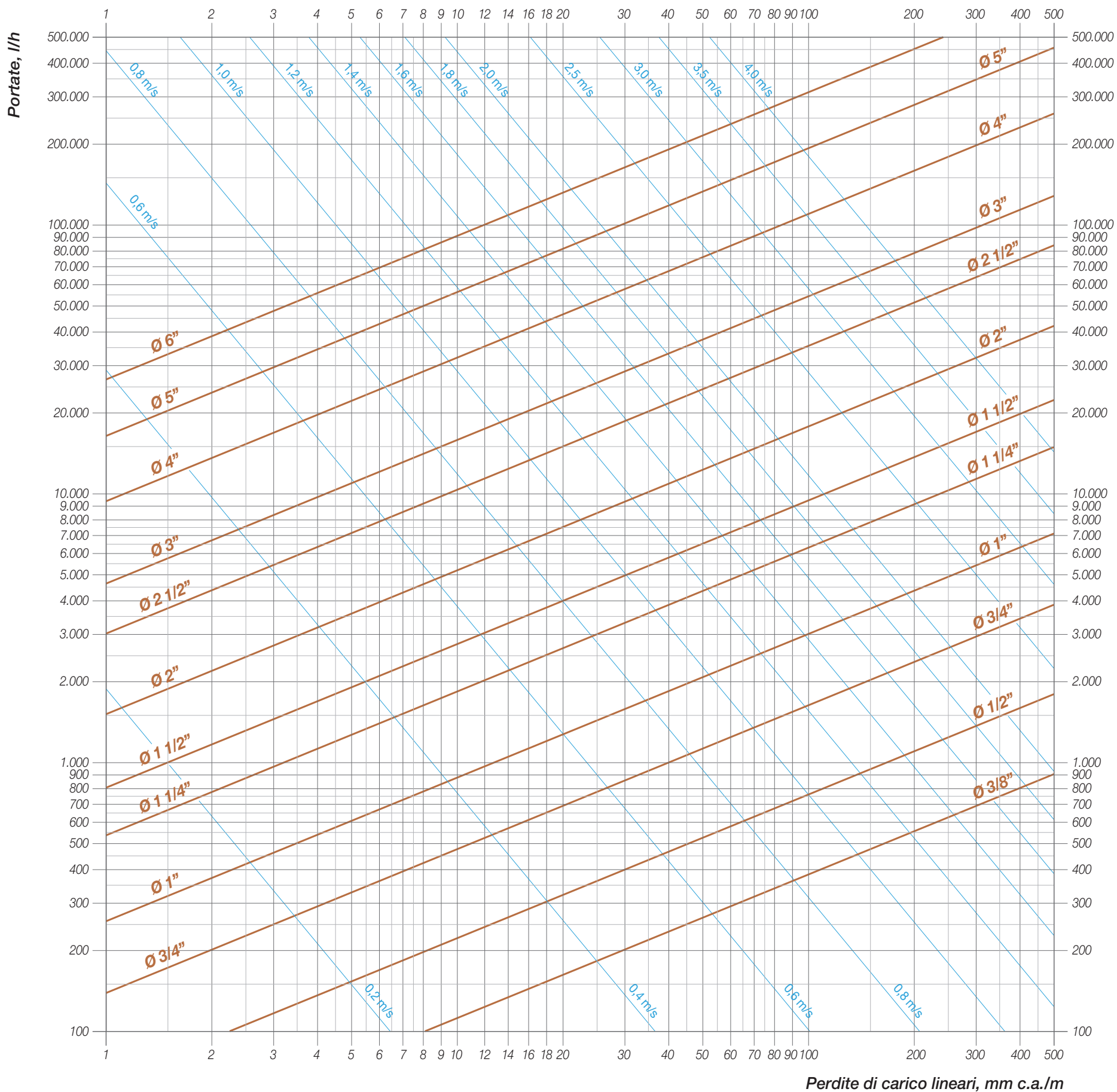
Tra i diversi tipi di acciaio, quello senza saldature è da ritenersi il migliore a scopi impiantistici; per curve, angoli, raccordi, sono in commercio appositi pezzi speciali da installarsi con filettatura (richiusa con teflon) o saldatura.

Per il dimensionamento delle tubazioni si ricorre a diagrammi che legano le portate e le perdite di carico alla velocità e al diametro delle tubazioni.

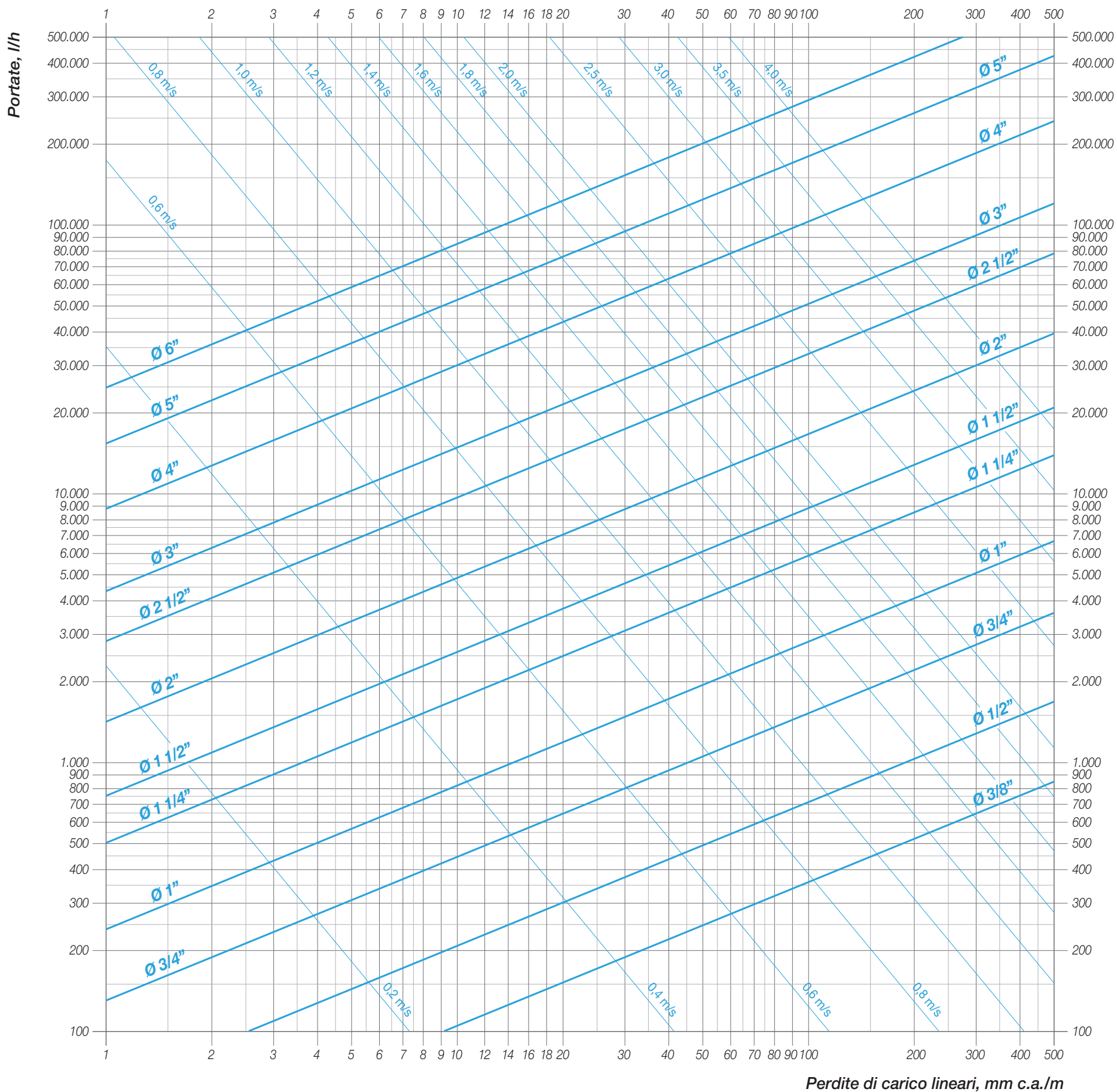
Perdite di carico continue TUBI IN ACCIAIO (pollici) - Temperatura acqua = 80°C



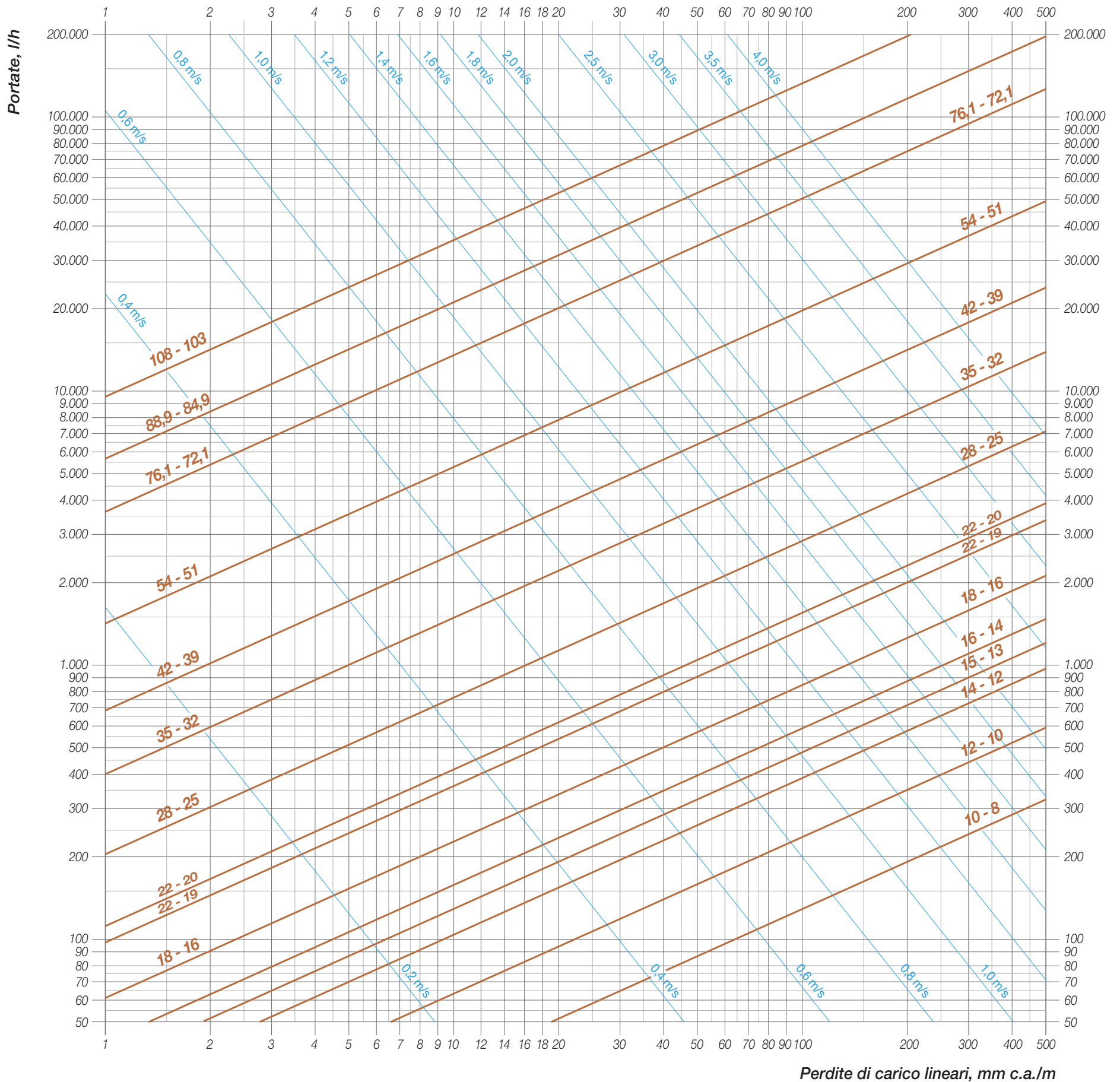
Perdite di carico continue TUBI IN ACCIAIO (pollici) - Temperatura acqua = 50°C



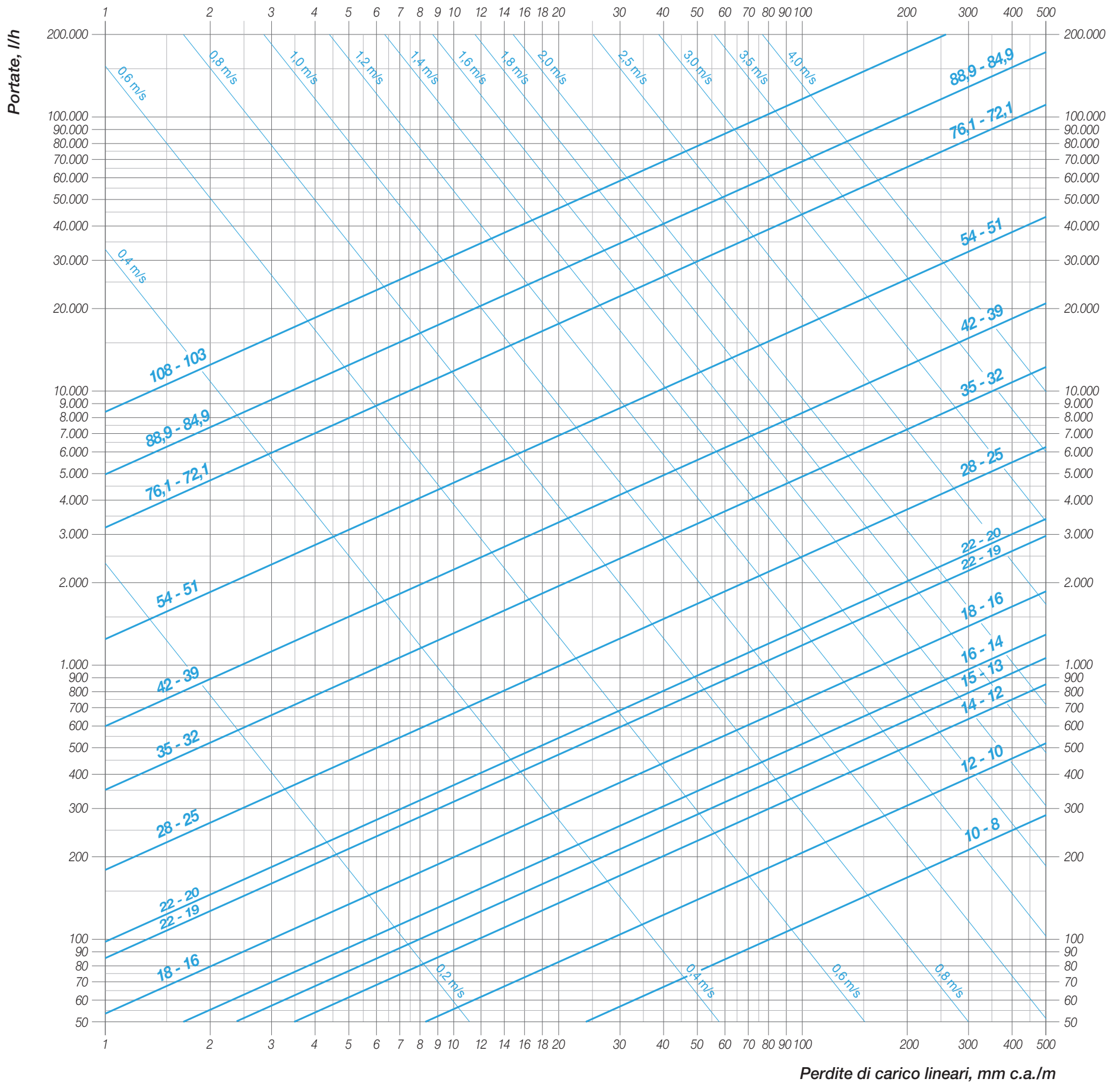
Perdite di carico continue TUBI IN ACCIAIO (pollici) - Temperatura acqua = 10°C



Perdite di carico continue TUBI IN RAME - Temperatura acqua = 50°C



Perdite di carico continue TUBI IN RAME - Temperatura acqua = 10°C



Tubazioni: tipologie e dimensionamento

Per ottenere il massimo trasferimento di energia termica con il minimo diametro, **si aumenta la velocità**: come conseguenza aumentano le perdite di carico e la prevalenza richiesta alla pompa.

Si cerca pertanto una soluzione in grado di ottimizzare le opposte esigenze e, lavorando a favore di sicurezza, nella pratica impiantistica si impiegano come dati di ingresso al diagramma i seguenti:

➤ perdite di carico inferiori a 150 Pa/m;

➤ velocità inferiori a $1 \div 1.5$ m/s.

Per portate < 10 m³/h si predilige come parametro la perdita di carico; oltre tale valore si usa la velocità.

Tubazioni: tipologie e dimensionamento

Una volta determinata la portata “g” si entra in un diagramma del tipo di quelli appena visti; a seconda della tipologia di tubazione e assegnando il valore della perdita di pressione e portata si determina il diametro e la velocità.

Note le quattro grandezze per ogni tratto di tubazione, il circuito è dimensionato; **il calcolo della perdita di pressione totale per il dimensionamento della pompa, si effettua individuando il circuito più sfavorito ed impiegando la relazione:**

$$R_d = \sum_{i=1}^n L_i \cdot R_{di} \quad (\text{Pa})$$

in cui:

R_d = perdita di pressione distribuita del circuito più sfavorito (Pa);

L_i = lunghezza del tratto i-esimo del circuito più sfavorito (m);

R_{di} = perdita di pressione per unità di lunghezza del tratto i-esimo del circuito più sfavorito (Pa/m).

Tubazioni: tipologie e dimensionamento

Le *perdite di pressione concentrate* sono dovute ad irregolarità presenti all'interno della tubazione, che causano una riduzione del carico. Irregolarità tipiche sono: brusche variazioni di sezione, curve, gomiti, giunzioni, valvole e in generale la presenza di qualunque apparecchiatura attraversata dal fluido.

Le perdite di carico concentrate si trovano tabulate in abachi e possono essere fornite sia direttamente, come caduta di pressione, sia come coefficienti di perdita di pressione localizzata.

Lunghezza di un tratto di tubazione lungo cui si ha perdita di carico distribuita uguale a quella prodotta dalla discontinuità in esame.

Tubazioni: tipologie e dimensionamento

La perdita di pressione localizzata totale del tratto più sfavorito è data da

$$R_{loc} = \frac{1}{2} \rho u_m^2 \sum_{i=1}^n \xi_i \quad (\text{Pa})$$

R_{loc} perdita di pressione localizzata del circuito







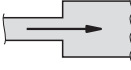
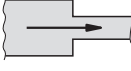
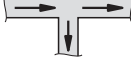
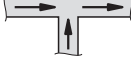
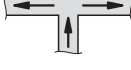
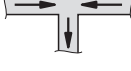




u_m velocità media del circuito

ξ coefficiente di perdita di pressione localizzata

La perdita di pressione totale del circuito si determina infine sommando le perdite di pressione distribuite e quelle localizzate:

$$R_{tot} = R_d + R_{loc} \quad (\text{Pa})$$

Valori del coefficiente di perdita localizzata ξ (reti di distribuzione)

<i>Diametro interno tubi in acciaio inox, rame e materiale plastico</i>		8 ÷ 16 mm	18 ÷ 28 mm	30 ÷ 54 mm	> 54 mm
<i>Diametro tubi in acciaio</i>		3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"
<i>Tipo di resistenza localizzata</i>	<i>Simbolo</i>				
Curva stretta a 90° <i>r/d = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Curva normale a 90° <i>r/d = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Curva larga a 90° <i>r/d > 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Curva stretta a U <i>r/d = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Curva normale a U <i>r/d = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Curva larga a U <i>r/d > 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Allargamento		1,0			
Restringimento		0,5			
Diramazione semplice con T a squadra		1,0			
Confluenza semplice con T a squadra		1,0			
Diramazione doppia con T a squadra		3,0			
Confluenza doppia con T a squadra		3,0			
Diramazione semplice con angolo inclinato (45° - 60°)		0,5			
Confluenza semplice con angolo inclinato (45° - 60°)		0,5			
Diramazione con curve d'invito		2,0			
Confluenza con curve d'invito		2,0			

Valori del coefficiente di perdita localizzata ξ (componenti d'impianto)

	Diametro interno tubi in acciaio inox, rame e materiale plastico				
	8 ÷ 16 mm	18 ÷ 28 mm	30 ÷ 54 mm	> 54 mm	
	Diametro esterno tubi in acciaio				
	3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"	
Tipo di resistenza localizzata	Simbolo				
Valvola di intercettazione diritta		10,0	8,0	7,0	6,0
Valvola di intercettazione inclinata		5,0	4,0	3,0	3,0
Saracinesca a passaggio ridotto		1,2	1,0	0,8	0,6
Saracinesca a passaggio totale		0,2	0,2	0,1	0,1
Valvola a sfera a passaggio ridotto		1,6	1,0	0,8	0,6
Valvola a sfera a passaggio totale		0,2	0,2	0,1	0,1
Valvola a farfalla		3,5	2,0	1,5	1,0
Valvola a ritegno		3,0	2,0	1,0	1,0
Valvola per corpo scaldante tipo diritto		8,5	7,0	6,0	—
Valvola per corpo scaldante tipo a squadra		4,0	4,0	3,0	—
Detentore diritto		1,5	1,5	1,0	—
Detentore a squadra		1,0	1,0	0,5	—
Valvola a quattro vie		6,0		4,0	
Valvola a tre vie		10,0		8,0	
Passaggio attraverso radiatore		3,0			
Passaggio attraverso caldaia a terra		3,0			

Vaso di espansione: tipologie e dimensionamento

Nelle reti di distribuzione dell'acqua calda è necessario inserire un vaso di espansione, un dispositivo che serve ad assorbire la variazione di volume dell'acqua causata dall'aumento di temperatura, permettendo il corretto funzionamento di un impianto di riscaldamento in tutte le sue fasi operative ed evitando sovrappressioni che potrebbero danneggiare l'impianto stesso.

Il D.M. 1-12-1975 e le norme ISPEL raccolta R 09 prevedono per il calcolo del volume del vaso di espansione l'uso della seguente relazione:

$$V_v = \frac{V_0 \cdot (e - e_0)}{1 - (P_1 / P_F)} \quad (\text{m}^3)$$

- ✓ V_v = volume del vaso di espansione (litri);
- ✓ V_0 = contenuto di acqua nell'impianto (litri);
- ✓ e = coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura finale;
- ✓ e_0 = coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura iniziale;
- ✓ P_1 = pressione assoluta di carica vaso (bar);
- ✓ P_F = pressione assoluta massima di esercizio del vaso (bar).

Vaso di espansione: tipologie e dimensionamento

- I valori di e ed e_0 sono tabulati,
- P_F è data dalla somma algebrica di due termini, la pressione di taratura della valvola di sicurezza (PVS) e la pressione corrispondente al dislivello tra vaso di espansione e valvola di sicurezza ($P\Delta H$).

Ad esempio: sottoponendo l'acqua ad un $\Delta T = 70^\circ\text{C}$, si osserva un aumento di volume di circa il 3%.

Il dimensionamento del vaso di espansione si determina considerando il volume totale di acqua presente nell'impianto (tubazioni, caldaia, elementi terminali) e applicando al valore ottenuto dalla percentuale un'ulteriore maggiorazione, come fattore cautelativo.

Vaso di espansione: tipologie e dimensionamento

Posizionamento

1. Nel punto più alto dell'impianto (**vaso aperto**), in cui l'acqua arriva attraverso un tubo di sicurezza. Il vaso deve avere una capacità utile non inferiore al volume di espansione dell'acqua ed essere dotato di una protezione contro il gelo, un tubo di sfogo e uno di troppo pieno. Si tratta di sistemi ultimamente abbandonati, anche se il loro impiego è ancora obbligatorio in impianti che bruciano combustibili solidi;

Vantaggi: facilità di installazione.

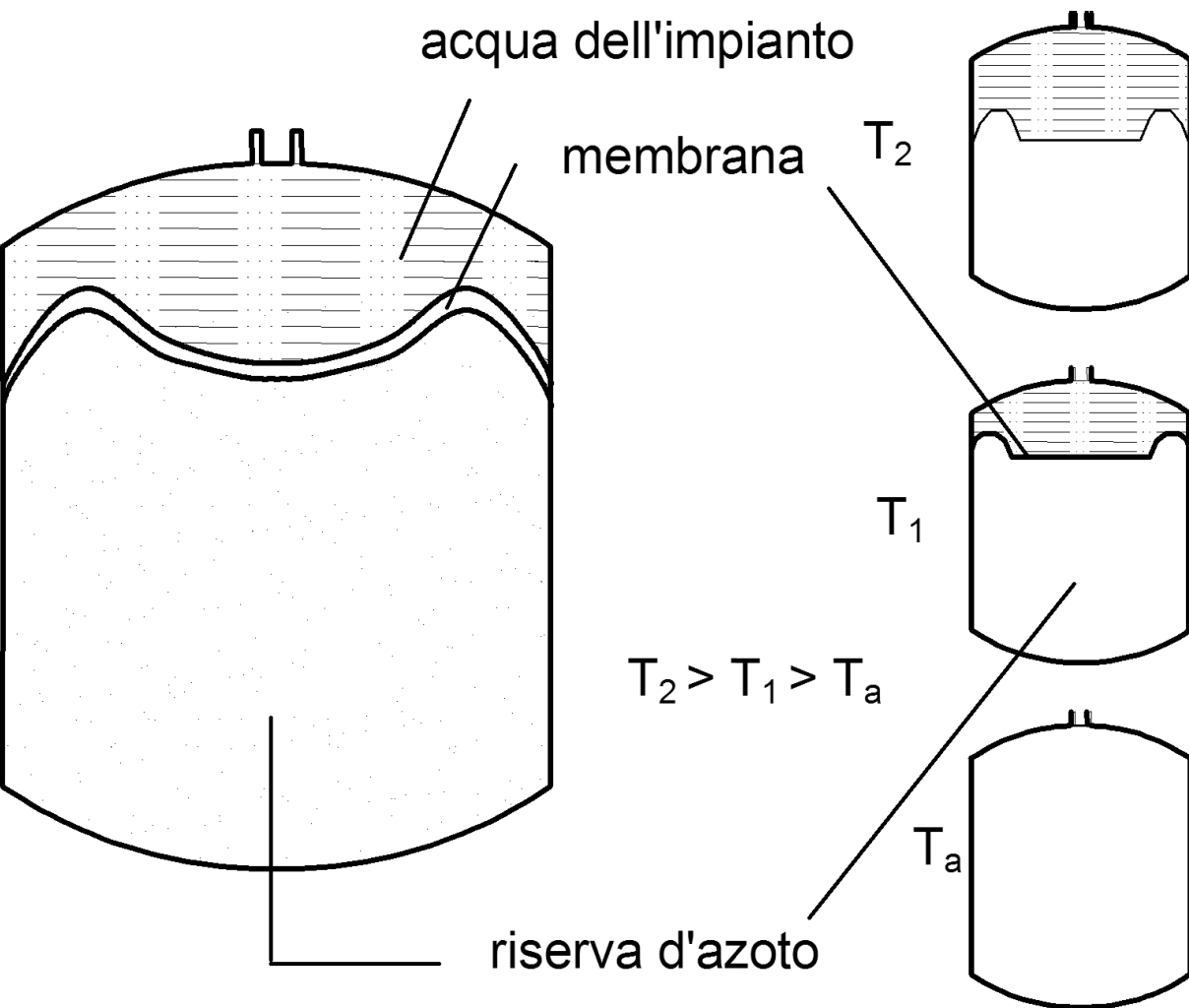
Svantaggi: difficoltà nell'ispezionabilità per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

2. Nel locale caldaia (**vaso chiuso**), in cui l'espansione avviene a pressione maggiore di quella atmosferica. E' realizzato con una membrana che funge da ammortizzatore.

Vantaggi: facilmente accessibile risulta conveniente da un punto di vista economico e i materiali di cui sono costituite le membrane garantiscono una buona resistenza nel tempo

Svantaggi: presenza di un elemento in pressione

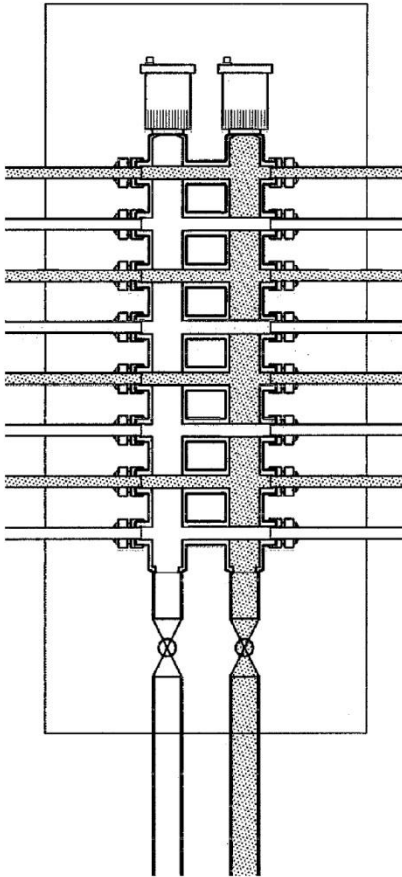
Vaso di espansione: tipologie e dimensionamento



Collettori: tipologie e dimensionamento

I collettori sono tratti di condotto che servono a distribuire e a raccogliere i fluidi di più circuiti.

Si distinguono in *collettori di zona* e *collettori principali* (perché sono installati soprattutto nelle centrali termiche e frigorifere.).



Per il dimensionamento non esistono formule generali, poiché entrano in gioco numerosi fattori; è bene prevedere sezioni abbondanti delle tubazioni che si raccordano: **sezioni eccessivamente piccole potrebbero provocare ripartizioni di fluido non omogenee.**

Schema di un collettore di distribuzione

Collettori: tipologie e dimensionamento

I **collettori di zona** sono collettori interni che collegano la rete principale di distribuzione ai vari elementi terminali.

Sono realizzati in **ottone**, ma **esistono anche in rame o in lega di alluminio** e sono a loro volta suddivisi in:

1. **ciechi**: con **un'estremità chiusa** e l'altra predisposta per l'attacco delle tubazioni; hanno un numero variabile di derivazioni maschio/femmina con cui raccordare gli elementi terminali;
2. **semplici**: hanno **entrambe le estremità aperte** hanno un diverso numero di derivazioni maschio/femmina per il raccordo agli elementi terminali;
3. **complanari** (verticali o orizzontali): **costituiti da un doppio condotto ciascuno con il proprio asse giacente sullo stesso piano dell'altro**; da ciascun condotto si diramano un numero variabile di derivazioni maschio/femmina per il raccordo agli elementi terminali;
4. **con valvole di intercettazione**: stesse caratteristiche dei collettori semplici, ma **ciascuna derivazione è dotata di una valvola per la regolazione del flusso**.



Collettori: tipologie e dimensionamento

I **collettori principali** sono detti anche ***di centrale***, perché sono installati soprattutto nelle centrali termiche e frigorifere.

Possono essere:

1. **a condotti indipendenti**: il fluido caldo e il fluido freddo scorrono in tubi diversi;
2. **a condotti coassiali**: il fluido caldo e il fluido freddo scorrono in uno stesso tubo, opportunamente separati ed isolati;
3. **con attacchi centrali**: i tubi di alimentazione del fluido termovettore provenienti dal generatore sono raccordati ortogonalmente rispetto all'asse del collettore;
4. **con attacchi laterali**: i tubi di alimentazione del fluido termovettore sono raccordati longitudinalmente rispetto all'asse del collettore.

Collettori: esempi



Pompe di circolazione: tipologie e dimensionamento

Gli **impianti a circolazione naturale**, nei quali il movimento dell'acqua è causato dalle differenze di temperatura, sono ormai in **disuso da anni**, a per la maggiore complessità e per i vincoli sempre più stringenti in materia di risparmio energetico e tutela dell'ambiente.

Gli impianti attualmente in uso sono tutti a circolazione forzata, effettuata mediante pompe. **Trattandosi di sistemi chiusi, l'acqua circolante rimane sempre la stessa, a parte le perdite che si hanno nelle giunzioni.**

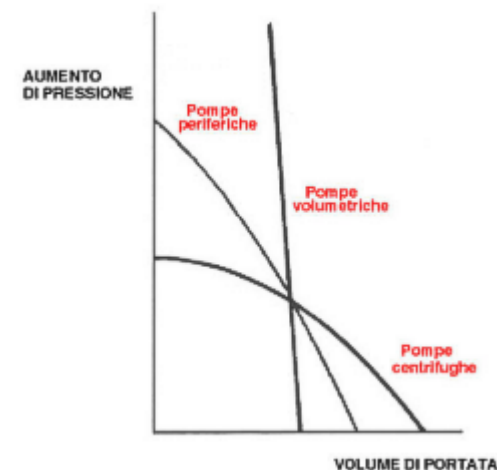
Vantaggi: flusso d'acqua più veloce, con conseguente risparmio di combustibile per la produzione di calore; possibilità di alimentare radiatori posti anche alla stessa quota della caldaia o addirittura inferiore.

Le pompe di circolazione assolvono la funzione di vincere le perdite di carico ripartite e localizzate: in genere si tratta di **elettropompe**, ossia macchine che sfruttano l'energia meccanica fornita da un motore elettrico per sollevare o far circolare il fluido.

Pompe di circolazione: tipologie

In base alle caratteristiche costruttive o alla modalità con cui trasmettono energia all'acqua, le pompe si distinguono in:

- 1. pompe volumetriche:** sfruttano la variazione di volume in una camera per provocare la spinta sul fluido.
- 2. pompe centrifughe:** il fluido viene messo in rotazione da una girante, aspirato assialmente e rinvio in direzione periferica all'estremità delle pale della girante stessa.
- 3. pompe ad elica, o assiali:** sono costituite da un'elica calettata su un albero, che imprime una spinta al fluido che viene aspirato e rinvio sullo stesso asse.



Negli impianti di riscaldamento, la tipologia centrifuga

è quella più impiegata.

Pompe di circolazione: tipologie e dimensionamento

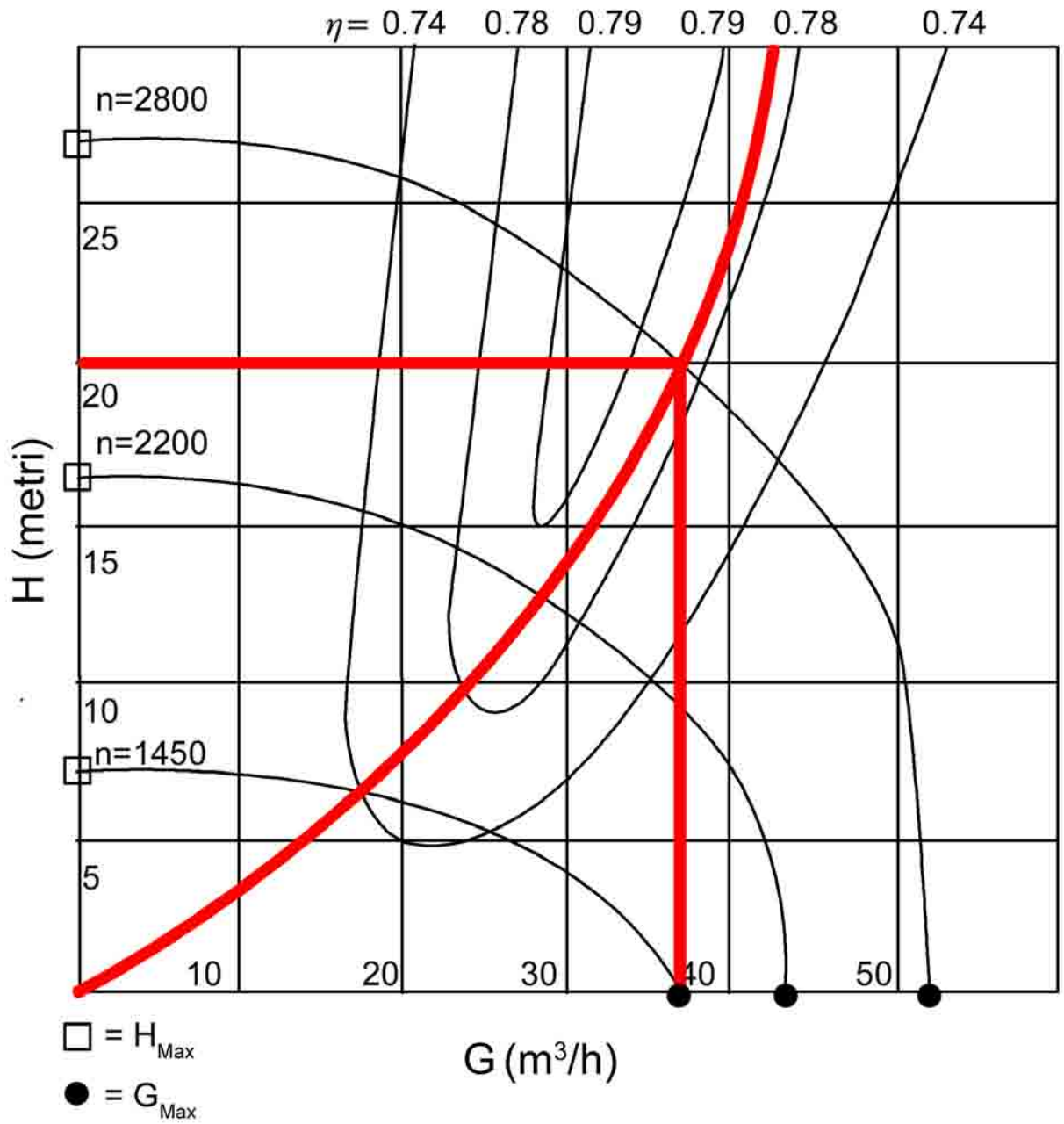
Una pompa è caratterizzata da due parametri: **portata e prevalenza**.

La scelta della pompa è effettuata in base alla curva caratteristica portata/prevalenza.

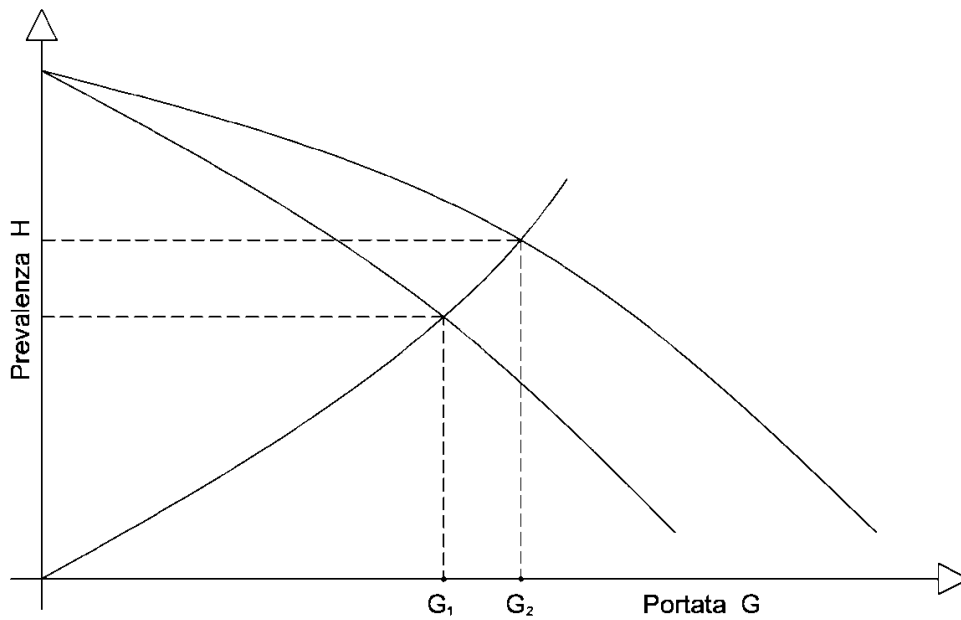
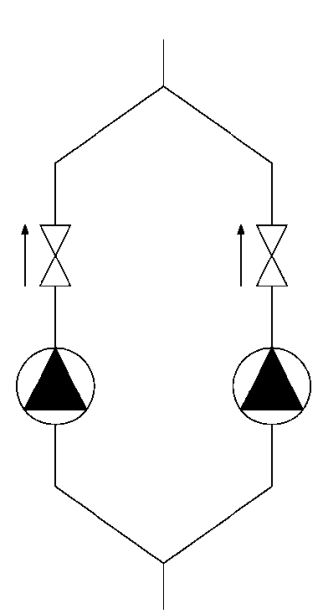
Determinata la portata, si passa allo studio del circuito individuando le diverse perdite di carico e la prevalenza necessaria a vincerle.

Ogni circuito ha una **curva caratteristica**, legata alla sua conformazione e alle singularità: poiché le perdite di carico sono proporzionali al quadrato della velocità, la curva può essere riportata in un diagramma g/H , in cui dall'intersezione della curva caratteristica del circuito e di quella della pompa è possibile individuare il punto di funzionamento.

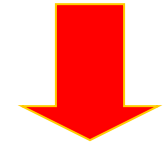
Dopo aver determinato le coordinate del punto di funzionamento, occorre prestare attenzione al fatto che esso ricada nella parte centrale della curva caratteristica, affinché il funzionamento sia ottimale, con rendimenti elevati delle pompe.



Curve caratteristiche di una pompa (al variare del numero di giri) e di un circuito e punti di funzionamento.



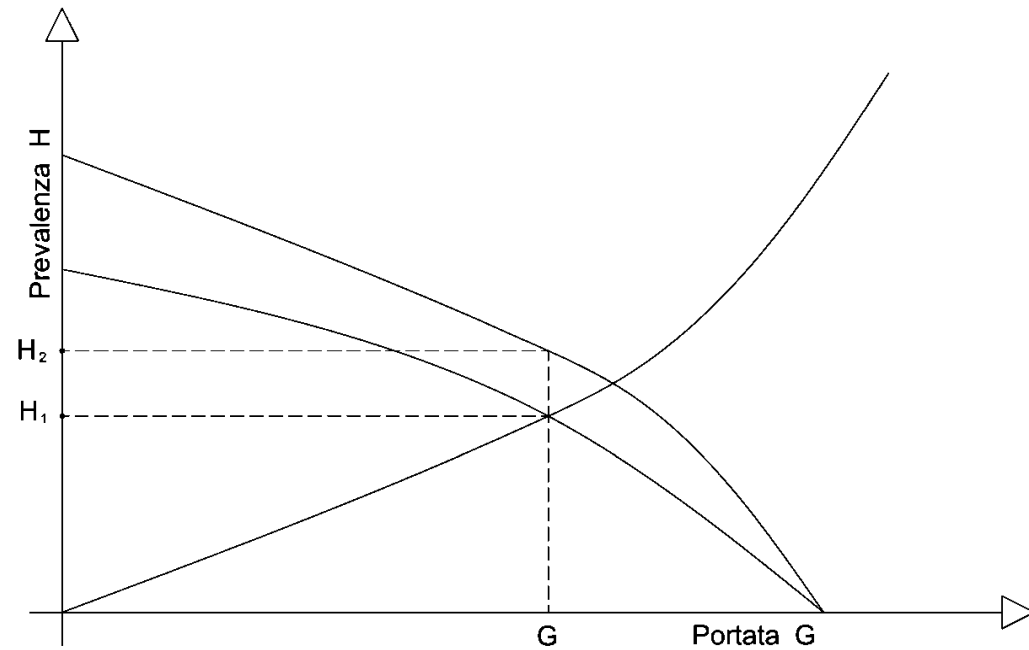
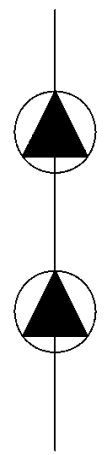
A) Portate maggiori



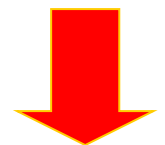
Elettropompe in parallelo

$$H_1 = H_2 = H$$

$$G = G_1 + G_2$$



B) Aumentare la prevalenza



Elettropompe in serie

$$G_1 = G_2 = G$$

$$H = H_1 + H_2$$

Pompe di circolazione: tipologie e dimensionamento

La potenza assorbita da una pompa dipende dalle caratteristiche di lavoro della stessa; noto il rendimento (η), la potenza può essere determinata mediante la seguente relazione:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H}{367.2 \cdot \eta} \quad (\text{kW})$$

in cui:

P = potenza assorbita dalla pompa (kW);

ρ = densità del fluido di lavoro (kg/m³);

g = portata (m³/h);

H = prevalenza (m c.a.);

367.2 = coefficiente numerico di conversione che ingloba la costante di accelerazione universale;

η = rendimento.