

L'ESPANSIONE DELL'ACQUA NEGLI IMPIANTI TERMOTECNICI

Di seguito esamineremo i principali aspetti (d'ordine teorico, normativo e pratico) relativi **all'espansione dell'acqua negli impianti termici**: relativi cioè al fatto che l'acqua, come quasi tutte le sostanze presenti in natura, se riscaldata aumenta il suo volume.

ASPETTI TEORICI

Se liberi di espandersi, i liquidi variano il loro volume secondo la seguente legge:

$$E = V_0 \cdot k \cdot (t - t_0) \quad (1)$$

dove:

E = volume di espansione, l

V_0 = volume alla temperatura iniziale, l

k = coefficiente di espansione del liquido,

t = temperatura finale,

t_0 = temperatura iniziale.

variano, cioè, il loro volume in modo lineare rispetto al **variare della temperatura e al valore del coefficiente di espansione**: coefficiente che dipende dal tipo di liquido: c'è un coefficiente specifico per l'alcool, un altro per la benzina e un altro ancora per il gasolio.

L'acqua, invece, **si comporta in modo diverso** ed in particolare, **rispetto agli altri liquidi, presenta due anomalie**:

la prima riguarda il fatto che essa varia il suo volume non sempre in modo lineare rispetto alle variazioni di temperatura;

la seconda è relativa, invece, al fatto che **essa presenta volume minimo a circa 4°C** (per l'esattezza 3,98°C). Quindi l'acqua si dilata non solo fra 4°C e 100°C, ma anche fra 0°C e 4°C: ossia, **l'acqua può dilatarsi non solo se riscaldata, ma anche se raffreddata**.

Pertanto la relazione (1) utilizzata per gli altri liquidi non va bene.

Per l'acqua ci vuole una formula apposita, e quella che meglio si adatta alle nostre esigenze di Termotecnici è la seguente:

$$E = V_0 \cdot (e - e_0) \quad (2)$$

dove:

E = volume di espansione, l

V_0 = volume alla temperatura iniziale, l

e = coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura finale,

e_0 = coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura iniziale.

Nella tabella che segue sono riportati i **valori dei coefficienti di espansione dell'acqua**.

Coefficienti di espansione dell'acqua rispetto a T=4°C

T	e	T	e
0°C	0,0001	5°C	0,0000
10°C	0,0003	15°C	0,0009
20°C	0,0018	25°C	0,0030
30°C	0,0043	35°C	0,0058
40°C	0,0078	45°C	0,0098
50°C	0,0121	55°C	0,0145
60°C	0,0170	65°C	0,0198
70°C	0,0227	75°C	0,0258
80°C	0,0290	85°C	0,0324
90°C	0,0359	95°C	0,0396
100°C	0,0434		

Con la formula (2) si può calcolare anche come **l'acqua varia in percentuale il suo volume** al variare della temperatura.

Alcune di tali variazioni sono sotto riportate e servono a darci un'idea, sufficientemente precisa e facile da ricordare, delle grandezze normalmente in gioco con l'espansione dell'acqua.

Percentuali di espansione dell'acqua rispetto al volume minimo: T = 4°C

T	e %	T	e %
0°C	0,01%	5°C	0,00%
10°C	0,03%	15°C	0,09%
20°C	0,18%	25°C	0,30%
30°C	0,43%	35°C	0,58%
40°C	0,78%	45°C	0,98%
50°C	1,21%	55°C	1,45%
60°C	1,70%	65°C	1,98%
70°C	2,27%	75°C	2,58%
80°C	2,90%	85°C	3,24%
90°C	3,59%	95°C	3,96%
100°C	4,34%		

Esempio di calcolo:

Determinare il volume di espansione dell'acqua considerando quali condizioni iniziali:

$$V_0 = 1.000 \text{ l}$$

$$t_0 = 10^\circ\text{C}$$

e quali temperature finali: $t = 60^\circ\text{C}$ e $t = 90^\circ\text{C}$.

In base alla formula (2) e al valore dei coefficienti di espansione dell'acqua riportati nella tabella a lato, risulta:

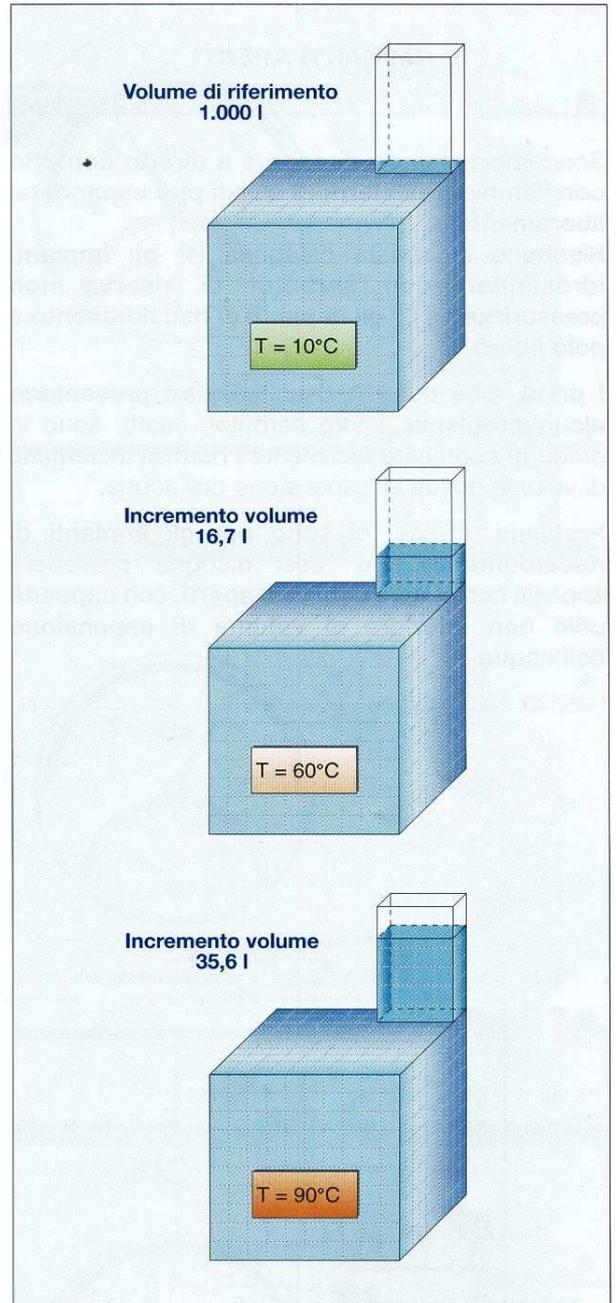
- **Calcolo del volume di espansione per $t = 60^\circ\text{C}$**

$$E = 1.000 \cdot (0,0170 - 0,0003) = 16,7 \text{ l}$$

- **Calcolo del volume di espansione per $t = 90^\circ\text{C}$**

$$E = 1.000 \cdot (0,0359 - 0,0003) = 35,6 \text{ l}$$

Il disegno riportato nella colonna di destra rappresenta i valori dell'esercizio svolto e serve a darci un'idea (questa volta grafica) di come cresce il volume dell'acqua al crescere della temperatura.



Di seguito **analizzeremo i problemi connessi all'espansione dell'acqua** prendendo in esame separatamente:

1. **gli impianti aperti,**
2. **gli impianti chiusi senza mezzi di espansione,**
3. **gli impianti chiusi con mezzi di espansione.**

IMPIANTI CHIUSI SENZA MEZZI DI ESPANSIONE

In questi impianti l'acqua non può espandersi. Al crescere della temperatura, essa può solo aumentare la sua "spinta" contro le pareti che delimitano gli impianti, facendo così aumentare la pressione all'interno degli impianti stessi.

Non è facile determinare per via teorica la correlazione che sussiste in questi impianti fra gli incrementi di temperatura e quelli di pressione. Bisogna, infatti, considerare non solo l'azione dell'acqua, ma anche l'espansione volumetrica dei tubi, dei bollitori, ecc....

Comunque, per avere un'idea sufficientemente precisa di questi incrementi, è possibile procedere sperimentalmente con mezzi molto semplici.

Ad esempio, si può utilizzare un normale bollitore - senza valvola di sicurezza, - con intercettazioni chiuse sulle reti sanitarie, - con spurgo in alto, per evitare sacche d'aria. Si può, quindi, mandare in temperatura il bollitore così predisposto e misurare come crescono le pressioni al crescere delle temperature.

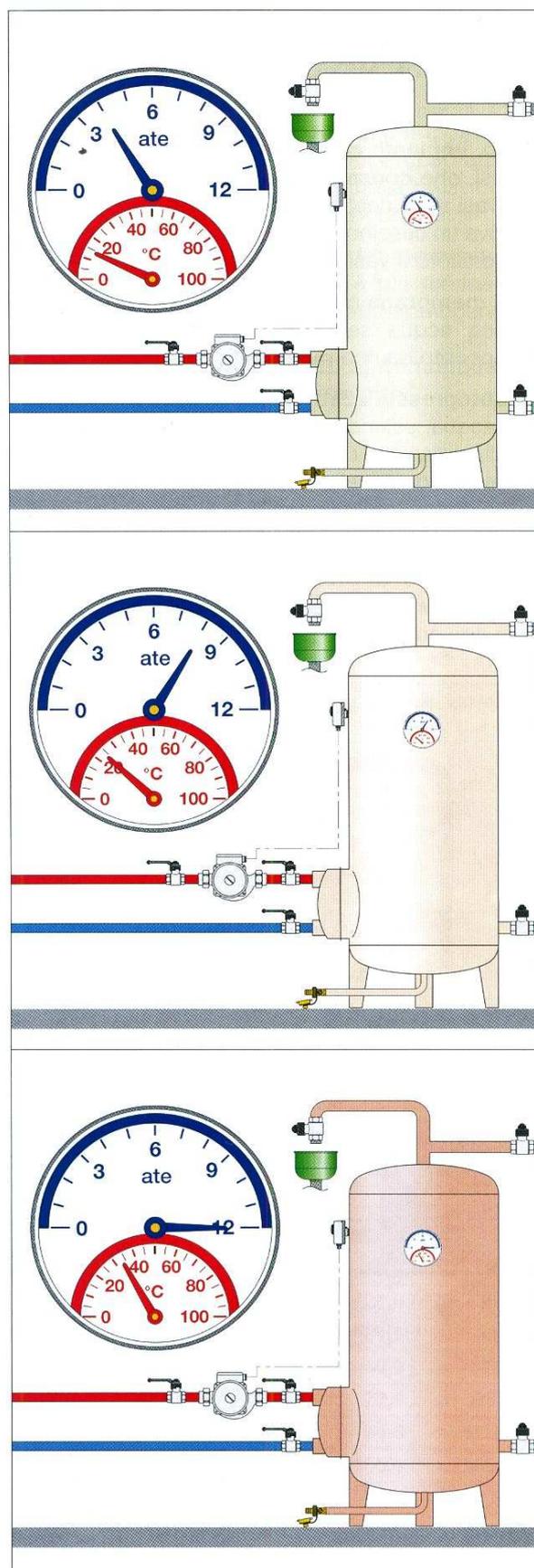
Procedendo in tal modo, con un bollitore di 150 l, abbiamo ottenuto i seguenti valori:

<i>misura 1:</i>	$t = 14^{\circ}\text{C}$		$P = 4,0 \text{ ate}$
<i>misura 2:</i>	$t = 18^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 4^{\circ}\text{C}$	$P = 6,0 \text{ ate}$
<i>misura 3:</i>	$t = 23^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 9^{\circ}\text{C}$	$P = 8,0 \text{ ate}$
<i>misura 4:</i>	$t = 27^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 13^{\circ}\text{C}$	$P = 10,0 \text{ ate}$
<i>misura 5:</i>	$t = 33^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 19^{\circ}\text{C}$	$P = 12,0 \text{ ate}$

Come è facile notare, si tratta di pressioni molto elevate, tali da causare (1) il continuo intervento delle valvole di sicurezza, oppure (2) la rottura dei materiali più deboli dell'impianto.

L'apertura delle valvole di sicurezza è da evitarsi, in quanto queste valvole non sono idonee ad aprire e chiudere con continuità: basta un pò di sporco o qualche piccola impurità a provocare perdite. Negli impianti di riscaldamento, inoltre, il continuo reintegro dell'acqua può comportare (dipende dalla durezza dell'acqua stessa) una forte crescita delle incrostazioni con tutti gli inconvenienti connessi.

Di seguito vedremo come negli impianti termici è possibile tener sotto controllo gli incrementi di pressione connessi all'espansione dell'acqua.



IMPIANTI CHIUSI CON MEZZI DI ESPANSIONE

Sono impianti con appositi mezzi, detti **vasi chiusi**, che consentono all'acqua di espandersi. Tali vasi sono costituiti da contenitori al cui interno si trova un cuscino di fluido comprimibile: in genere aria o azoto. I vasi chiusi possono essere:

- **a membrana** (ved. schemi sotto riportati):
con acqua separata dal fluido comprimibile appunto da una membrana;
- **autopressurizzati**:
l'acqua, salendo nel vaso, comprime l'aria fino alla pressione del battente idrostatico. In fase di esercizio, il livello dell'aria è poi mantenuto da un apposito separatore;
- **pressurizzati**:
il cuscino di fluido si realizza e si mantiene immettendo nel vaso aria o azoto con bombole o con compressori.

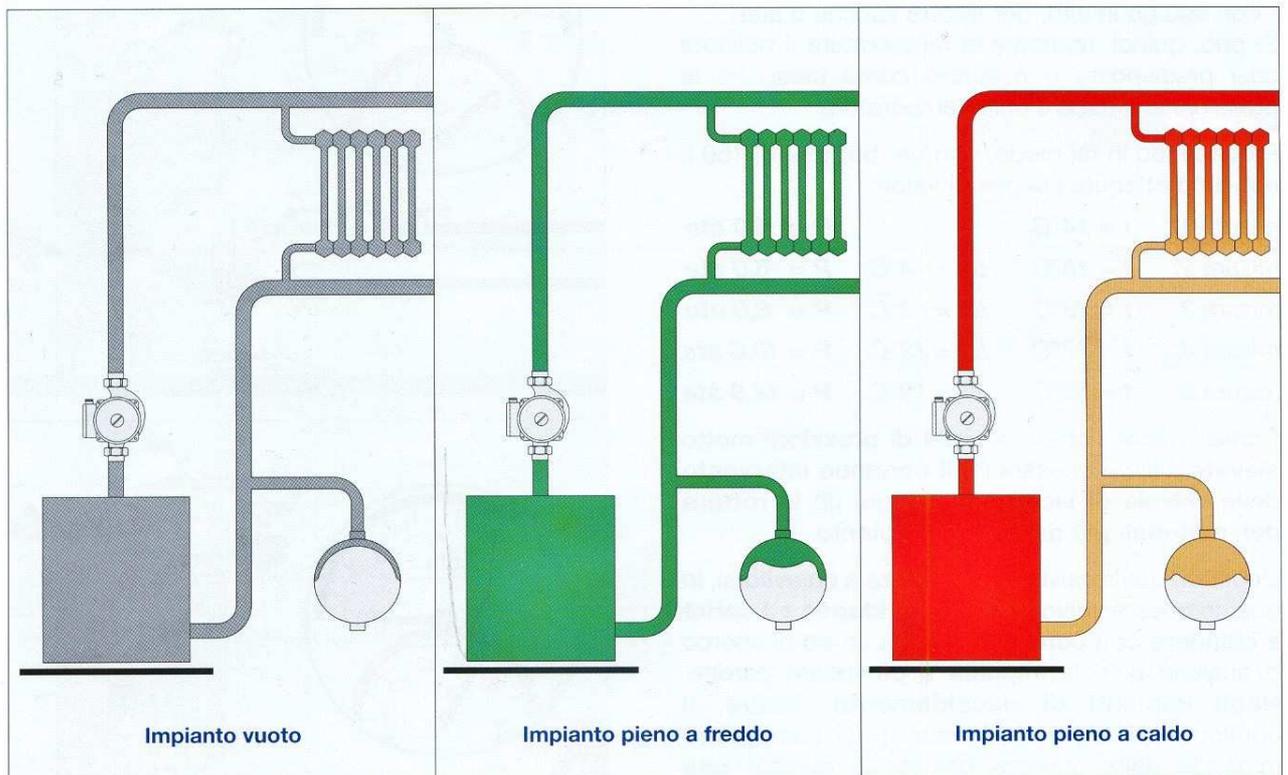
Naturalmente **i vasi chiusi** non consentono all'acqua di espandersi liberamente: ciò può avvenire solo negli impianti aperti.

Tuttavia, essi consentono, di **tener sotto controllo l'espansione dell'acqua**, evitando l'insorgere di pressioni troppo elevate.

Consentono, in altri termini, di **mantenere le pressioni dell'impianto al di sotto dei valori d'esercizio previsti**: vale a dire, al di sotto dei valori che "fanno aprire" le valvole di sicurezza.

Sussiste, pertanto, **una precisa correlazione fra la scelta dei vasi chiusi e quella delle valvole di sicurezza**.

Di seguito ci soffermeremo su **tale correlazione per quanto riguarda i vasi a membrana**: vasi ormai utilizzati nella quasi totalità dei casi, in quanto sono poco costosi, facili da installare e non richiedono particolari interventi di manutenzione. Inoltre, sono vasi ormai di sicuro affidamento, **con membrane capaci di resistere ad alte pressioni e di invecchiare senza deteriorarsi**.



VASI DI ESPANSIONE A MEMBRANA NEGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO

Per il calcolo di questi vasi, le norme ISPEL prevedono l'uso della seguente formula:

$$V_V = \frac{V_0 \cdot (e - e_0)}{1 - (P_I / P_F)} \quad (3)$$

dove:

V_V = volume del vaso di espansione, l

V_0 = contenuto di acqua dell'impianto, l

e = coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura finale,

e_0 = coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura iniziale,

P_I = pressione assoluta di carica del vaso, bar
deve superare la pressione statica nel punto in cui è installato il vaso di espansione di almeno 0,15 bar (sono consigliabili incrementi di 0,3 ÷ 0,4 bar)

P_F = pressione assoluta massima di esercizio riferita al vaso, bar

I valori della pressione (P_F) si devono determinare **sommando algebricamente** le seguenti pressioni:

P_{VS} = pressione assoluta di taratura della valvola di sicurezza, bar

$P_{\Delta H}$ = pressione corrispondente al dislivello tra vaso di espansione e valvola di sicurezza, bar
(in merito si ricorda che il dislivello di un metro corrisponde a circa 0,1 bar)

con **somma algebrica** che deve essere così effettuata:

$P_F = P_{VS} + P_{\Delta H}$ se il vaso è più basso della valvola,
 $P_F = P_{VS} - P_{\Delta H}$ se il vaso è più alto della valvola.

Per i coefficienti di espansione, si può assumere:

$e = 0,0359$ per $t = 90^\circ\text{C}$ (temperatura massima),

$e_0 = 0,0009$ per $t = 15^\circ\text{C}$ (temperatura a freddo),

valori in base a cui la (3) può essere così scritta:

$$V_V = \frac{V_0 \cdot 0,035}{1 - (P_I / P_F)} \quad (4)$$

Le norme ISPEL prevedono, inoltre, che il volume del vaso scelto sia contenuto in una tolleranza del $\pm 10\%$ rispetto al volume calcolato.

La logica è questa:

- vasi troppo piccoli comportano pressioni troppo alte,
- vasi troppo grandi comportano, invece, pressioni troppo basse, insufficienti ad attivare gli strumenti di sicurezza legati alla pressione, e cioè: i pressostati e valvole di sicurezza.

In vero, la rigorosa correlazione tra temperature e pressioni negli impianti termici è più teorica che reale, in quanto richiede temperature omogenee in tutte le zone dell'impianto.

Quanto richiesto dall'ISPEL è, comunque, un sicuro e valido punto di riferimento.

Esempio di calcolo:

Determinare il vaso di espansione chiuso richiesto da un impianto di riscaldamento con le seguenti caratteristiche:

- 1.000 l = volume di acqua contenuto nell'impianto,
- 1,5 bar = pressione di carica del vaso,
- 3,5 bar = pressione della valvola di sicurezza,
- 1 m = dislivello valvola sicurezza/vaso, vaso a quota inferiore rispetto alla valvola

In base a tali dati risulta:

$$P_I = (1,5 + 1) \text{ bar} = 2,5 \text{ bar}$$

$$P_F = (3,5 + 0,1 + 1) \text{ bar} = 4,6 \text{ bar}$$

e applicando la formula (4) si ottiene:

$$V_V = \frac{1.000 \cdot 0,035}{1 - (2,5 / 4,6)} = 76,67 \text{ l}$$

Valore che comporta la scelta di un vaso commerciale da 80 l (ved. tabella sotto riportata).

Vasi di espansione a membrana disponibili in commercio

5 l	per volumi teorici richiesti da	4,5 l	a	5,5 l
8 l	"	"	"	7,2 l a 8,8 l
12 l	"	"	"	10,8 l a 13,2 l
18 l	"	"	"	16,2 l a 19,8 l
24 l	"	"	"	21,6 l a 26,4 l
35 l	"	"	"	31,5 l a 38,5 l
50 l	"	"	"	45,0 l a 55,0 l
80 l	"	"	"	72,0 l a 88,0 l
105 l	"	"	"	94,5 l a 115,5 l
150 l	"	"	"	135,0 l a 165,0 l
200 l	"	"	"	180,0 l a 220,0 l
250 l	"	"	"	225,0 l a 275,0 l
300 l	"	"	"	270,0 l a 330,0 l