



UNIONE EUROPEA
UNION EUROPEENNE

Obiettivo Cooperazione territoriale europea
Objectif Coopération territoriale européenne
2007 - 2013



Programma ALCOTRA
Alpi latine cooperazione transfrontaliera
Italia - Francia



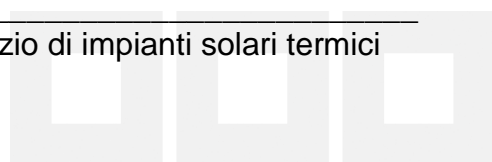
persil

Performance Solari e Industria Locale



**Linee guida alla progettazione,
installazione e all'esercizio di
impianti solari termici**

1	SOLARE TERMICO.....	3
1.1	Tecnologia solare termica	4
1.1.1	Quali applicazioni per gli impianti solari termici?	4
1.1.2	Il funzionamento e le tipologie di impianto	5
1.2	Linee Guida per la progettazione di impianti solari termici	8
1.2.1	La radiazione solare e la disposizione dei collettori	10
1.2.2	Il dimensionamento della superficie captante e degli altri componenti dell'impianto	13
1.2.2.1	La superficie dei collettori	13
1.2.2.2	Il volume di accumulo	13
1.2.2.3	Gli altri componenti	14
	<i>La pressione di esercizio e il vaso di espansione</i>	<i>14</i>
	<i>Il fluido termovettore</i>	<i>16</i>
	<i>La portata del circuito primario</i>	<i>16</i>
1.3	Linee Guida per l'installazione di impianti solari termici	17
1.3.1	Premessa: sicurezza sul lavoro e criteri generali	17
1.3.2	Il montaggio dei collettori e le tipologie di installazione	17
1.3.3	Il collegamento idraulico tra i collettori.....	20
1.3.4	Il serbatoio di accumulo.....	21
1.3.5	Il circuito solare e le sue protezioni	23
1.3.5.1	Tubazioni di collegamento, coibentazioni e ricircolo.....	23
1.3.5.2	Protezione del circuito	25
1.3.6	Il collegamento al sistema convenzionale.....	26
1.4	Linee Guida per il collaudo e la manutenzione di impianti solari termici.....	28
1.4.1	Risciacquo e pulizia del circuito	28
1.4.2	Prova di tenuta a pressione e svuotamento del circuito	28
1.4.3	Riempimento del circuito.....	29
1.4.4	Impostazione della portata	30
1.4.5	Esercizio e manutenzione	30
1.4.5.1	Cosa e come controllare.....	31
1.4.5.2	Le operazioni di manutenzione e la garanzia.....	32

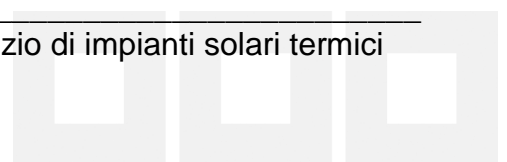




1 SOLARE TERMICO

A cura dell'Istituto di Ricerche Ambientitalia

**Dott. Ing. R. Battisti
Dott. M. Calderoni
Dott. A. Siciliano
Dott. R. Pasinetti**





persil



1.1 Tecnologia solare termica

1.1.1 Quali applicazioni per gli impianti solari termici?

Gli impianti solari termici sono basati su una tecnologia matura, affidabile e con ormai molti anni di prove sul campo alle spalle.

Anche le applicazioni di questi impianti, nonostante spesso siano impiegati per la sola produzione di acqua calda sanitaria, sono invece numerose e variegate.

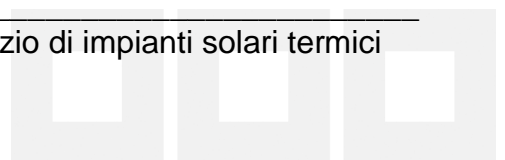
Il maggiore settore di utilizzo, comunque, risulta essere proprio quello della preparazione di acqua calda sanitaria (ACS), dove il risparmio energetico conseguente all'adozione di un impianto solare è compreso tra il 50% e il 90% del totale.

Il primo "passo in avanti" rispetto ai sistemi per sola ACS è quello degli impianti combinati, sistemi che producono acqua calda dal sole sia per usi sanitari sia per il riscaldamento degli ambienti. L'impianto di riscaldamento che meglio si sposa con il solare è quello a pannelli radianti a pavimento. Tale sistema richiede, infatti, acqua a 30÷35 °C, permettendo così di sfruttare al meglio i pannelli solari, che, a basse temperature, funzionano con efficienza molto elevata e, allo stesso tempo, di utilizzare generatori di calore integrativi a basso consumo, quali pompe di calore e caldaie a condensazione. Un'altra caratteristica positiva degli impianti a pannelli radianti, dovuta al loro posizionamento nel blocco pavimento, è il loro ruolo di volano termico. Ciò consente di avere un ridottissimo raffreddamento dell'abitazione anche dopo diverse ore di spegnimento dell'impianto. I sistemi combinati sono già estremamente diffusi in Germania, Austria e Francia, dove la più lunga stagione di riscaldamento li rende estremamente appetibili.

Non bisogna tralasciare, poi, le applicazioni del solare termico per produrre acqua calda sanitaria per uso collettivo diverso dal residenziale. Numerosi sono ormai gli impianti solari che funzionano proficuamente in alberghi, ospedali, case di riposo e perfino qualche carcere.

Le piscine si configurano come un ulteriore interessante obiettivo per il solare termico, in quanto richiedono notevoli quantità di acqua calda a temperatura contenuta (solitamente inferiore ai 30 °C) e presentano il loro picco di utilizzo proprio nella stagione estiva, quando è massima la disponibilità di energia solare.

Spostando l'attenzione verso il settore industriale, ci accorgiamo che, anche in questo caso, il solare termico può intervenire efficacemente abbattendo le bollette di combustibile. I settori industriali e i processi nei quali il solare termico può essere utilizzato proficuamente sono quelli dove la domanda di calore è continua e costante e dove la temperatura richiesta non è troppo elevata (fino a 150-200 °C). I settori più promettenti, quindi, sono quello alimentare (preparazione cibi in scatola, trasformazione della carne, caseifici, ecc.), delle bevande (birra, bibite gassate, distillazione vini e liquori, ecc.), tessile, cartiero, equipaggiamento per i mezzi di trasporto e alcuni comparti dell'industria chimica. Oggi in Italia esistono diversi impianti che operano con successo nell'industria casearia, enologica, ecc.



Anche il mondo agricolo può trarre benefici dall'impiego del solare termico, sia per utenze di tipo ricettivo (p.es. acqua calda per docce, cucine o lavaggi in agriturismi e campeggi), sia per applicazioni agro-industriali, come i già citati caseifici.

Questa panoramica di applicazioni trova forse il suo punto più affascinante nel cosiddetto "Solar Cooling", cioè fare freddo con il calore del sole! In questo caso, l'energia solare termica attiva un ciclo termodinamico per la produzione di acqua refrigerata o per il trattamento dell'aria destinata al condizionamento degli ambienti o ai processi di refrigerazione, limitando il consumo di energia elettrica al solo funzionamento di pompe e organi di controllo. L'Italia, come molti altri paesi industrializzati, a causa della sempre crescente domanda di condizionamento, ha ormai un picco di richiesta elettrica maggiore in estate che in inverno, con un conseguente rischio di black-out. Per queste ragioni, il tema del "Solar Cooling" si fa di giorno in giorno più interessante.

L'applicazione più avveniristica, infine, sebbene esistano diversi esempi funzionanti in Germania ormai da una decina di anni, è quella del "district heating", il riscaldamento di quartiere. Impianti solari di grande dimensione (migliaia di m²) producono, assistiti da una caldaia a gas o a biomasse, acqua calda che alimenta una rete di teleriscaldamento. Molti di questi sistemi sono dotati di un accumulo stagionale di calore, cioè un enorme serbatoio capace di restituire nella stagione fredda quanto immagazzinato in estate.

1.1.2 Il funzionamento e le tipologie di impianto

Un impianto solare termico non è costituito dal solo collettore solare (a volte indicato come "pannello solare"), ma da altri elementi altrettanto importanti, tra i quali:

il serbatoio di accumulo, che ha la funzione di rendere disponibile acqua calda all'utenza a prescindere dal momento della giornata o dalle condizioni meteorologiche, raccogliendo l'acqua calda man mano che viene riscaldata dai collettori e la mantiene alla temperatura di utilizzo fino al momento della richiesta dell'utenza;

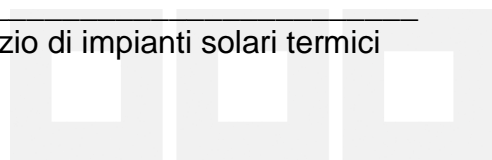
il sistema ausiliario (tipicamente caldaia a metano o scaldabagno elettrico), necessario per sopperire all'aleatorietà della fonte solare e alla minore disponibilità invernale senza dover sovradimensionare l'impianto solare;

il vaso di espansione, capace di accogliere una eccessiva dilatazione termica del fluido termovettore, evitando che si creino pericolose sovrappressioni;

dispositivi di sicurezza e controllo dell'impianto (valvole di sfiato, valvole di sicurezza, valvole di intercettazione, termostati, etc.).

Una prima classificazione degli impianti solari termici è la seguente:

sistemi aperti, in cui il fluido che circola all'interno del collettore è la stessa acqua destinata all'utenza;



sistemi chiusi, dove coesistono due circuiti perfettamente separati per il fluido termovettore e l'acqua da scaldare.

Il pregio dei sistemi a circuito aperto risiede nella semplicità di realizzazione del circuito idraulico e dalle limitate perdite termiche. I problemi che limitano drasticamente l'adozione di soluzioni a circuito aperto sono due: il possibile congelamento dell'acqua e la deposizione di calcare nelle tubazioni del collettore. In entrambi i casi il collettore può risultare danneggiato fino ad arrivare al fuori servizio.

Anche in località caratterizzate da clima mite e temperature mediamente elevate, non è possibile escludere completamente l'eventualità di una gelata notturna che, a causa dell'aumento di volume dell'acqua quando solidifica, potrebbe sottoporre le tubazioni a sforzi tali da provocarne la rottura.

Pur di non rinunciare alla semplicità del circuito aperto, sono state messe a punto diverse ipotesi per la salvaguardia dei collettori, come lo svuotamento notturno o la predisposizione di un periodico ricircolo di acqua calda finalizzato al mantenimento della temperatura del collettore al di sopra di "valori pericolosi".

Il problema del calcare non viene arginato se non dall'introduzione nel circuito di un opportuno filtro addolcitore, dispositivo relativamente costoso le cui prestazioni sono subordinate ad una attenta manutenzione.

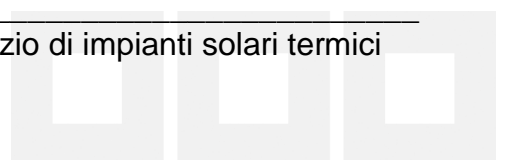
Il calcare rende meno efficace il trasferimento di calore al fluido termovettore, riducendo progressivamente l'efficienza del sistema. Al crescere delle incrostazioni, inoltre, aumentano le perdite di carico e si possono presentare problemi di progressiva ostruzione delle tubazioni fino all'inutilizzabilità del collettore.

A fronte di questi problemi difficilmente arginabili, come accennato, la realizzazione di impianti a circuito aperto ha dovuto cedere il passo a soluzioni più complesse; ciononostante, esistono alcuni casi per i quali la semplicità di questi impianti può essere ugualmente sfruttata:

sistemi con collettori non vetrati per utenze estive: eliminato alla radice il problema del congelamento, infatti, anche la deposizione del calcare risulta fortemente limitata dalle temperature di esercizio, normalmente non superiori ai 40÷45 °C;

sistemi ad accumulo integrato: utilizzati in zone dal clima mite, sono dispositivi in cui la notevole massa d'acqua presente subirà difficilmente un completo congelamento e, allo stesso tempo, in cui l'assenza di tubazioni dalla sezione molto ristretta renderà meno pericolose eventuali incrostazioni.

Il ricorso al circuito chiuso è senza dubbio la soluzione più diffusa, nella quale si distinguono due diversi circuiti idraulici: il circuito primario, destinato esclusivamente alla circolazione del fluido termovettore (soluzione di acqua e antigelo) e il circuito secondario, percorso dall'acqua proveniente dalla rete idrica e destinata all'utenza.



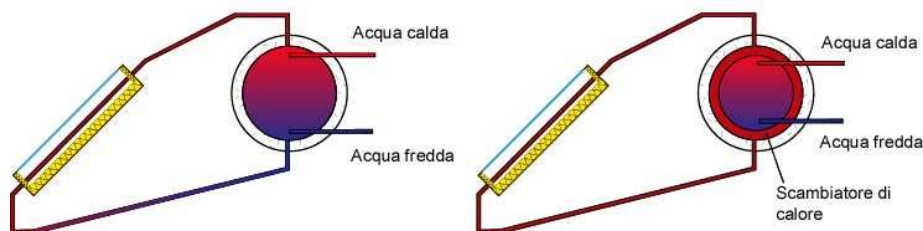
In questo caso, il compito del fluido termovettore è quello di sottrarre energia termica alla piastra captante e trasferirla in massima parte all'acqua da scaldare, grazie a uno scambiatore di calore.

Una seconda classificazione degli impianti solari termici riguarda le modalità di circolazione del fluido termovettore:

circolazione naturale: la movimentazione del fluido all'interno del collettore si stabilisce autonomamente grazie all'innescarsi di moti convettivi;

circolazione forzata: si rende necessario, per la regolazione del flusso, l'inserimento di un sistema automatico (circolatore e centralina di controllo).

Negli impianti a circolazione naturale la circolazione tra collettore e serbatoio di accumulo è determinata dal principio di gravità, senza energia addizionale. Il fluido termovettore si riscalda all'interno del collettore, facendosi più leggero del fluido freddo all'interno del serbatoio. Proprio a causa di questa differenza di densità, si instaura una circolazione naturale. Il fluido riscaldato cede il suo calore all'acqua contenuta nel serbatoio e ricade nel punto più basso del circuito del collettore. Negli impianti a circolazione naturale il serbatoio si deve trovare, quindi, in posizione sopraelevata rispetto al collettore.

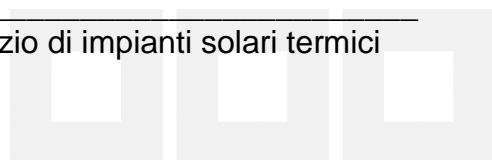


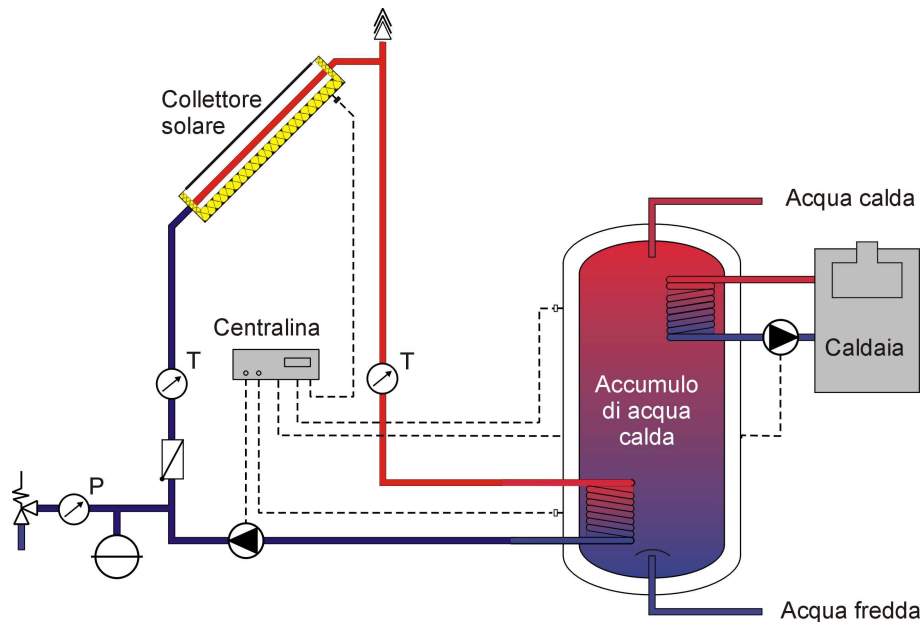
Impianto a un circuito

Impianto a doppio circuito

Schema di funzionamento di un impianto a circolazione naturale

Un **impianto a circolazione forzata** è formato da collettori solari connessi, attraverso un circuito, a un serbatoio localizzato nell'edificio. La pompa di circolazione del circuito solare è attivata da un regolatore differenziale di temperatura, nel momento in cui la temperatura all'interno del collettore è superiore alla temperatura di riferimento impostata nel serbatoio di accumulo. Il calore viene quindi trasportato al serbatoio di accumulo e ceduto all'acqua sanitaria mediante uno scambiatore di calore.





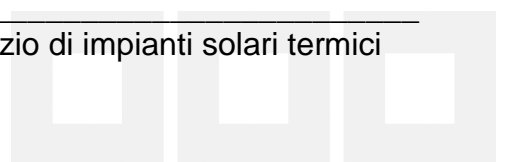
Schema di funzionamento di un impianto a circolazione forzata (Grafica: DGS/target)

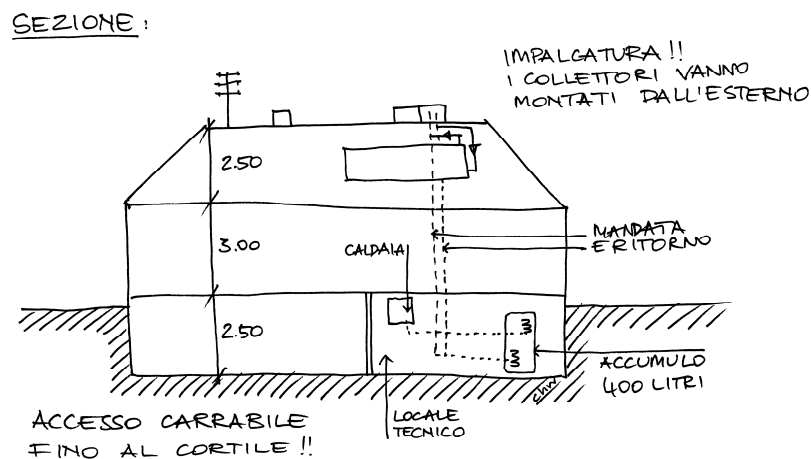
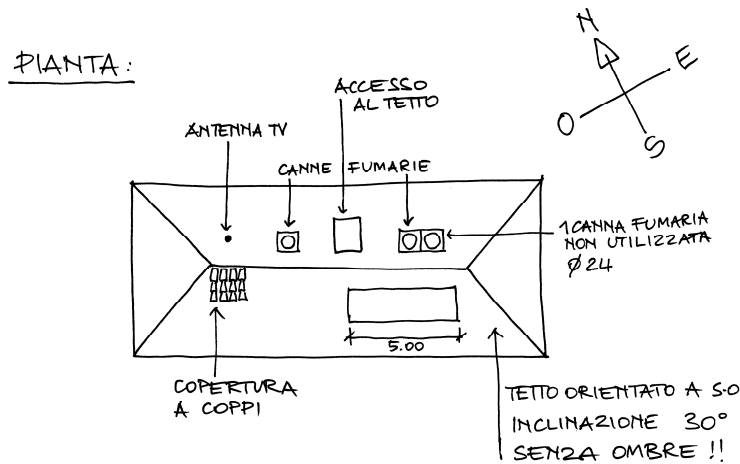
1.2 Linee Guida per la progettazione di impianti solari termici

Per un impianto domestico, non è solitamente necessario effettuare un accurato dimensionamento dell'impianto per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. È possibile, infatti, eseguire un calcolo indicativo, basato su valori di riferimento, oppure riferirsi ai kit predimensionati di diversa taglia forniti dai produttori.

Per impianti più complessi, la progettazione ha inizio con un rilievo in loco, con lo scopo di verificare la fattibilità dell'intervento. L'elemento più importante per il dimensionamento è la definizione del fabbisogno di acqua calda, in riferimento al quale si determinano i due parametri fondamentali per la taglia di un impianto solare, vale a dire la superficie dei collettori e il volume del serbatoio. I passi successivi sono costituiti dalla definizione della portata e del diametro delle tubazioni nel circuito del collettore, dalla scelta della pompa di circolazione, nonché dal dimensionamento del vaso di espansione e della valvola di sicurezza.

A tale scopo, risulta di estremo aiuto un rilievo, cioè un disegno a mano che riporti le dimensioni essenziali e le caratteristiche del manufatto edilizio sul quale installare l'impianto.





Esempio di rilievo

Le domande cruciali alle quali rispondere per verificare la possibilità di installazione di un impianto solare sono:

Esiste un impianto centrale per il riscaldamento dell'acqua sanitaria o si può pensare di installare un impianto simile?

La superficie del tetto a disposizione è sufficiente?

Il tetto ha una inclinazione e un orientamento adeguati?

Il tetto subisce fenomeni di ombreggiamento da parti di edificio, alberi o altro?

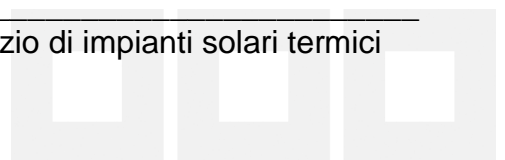
Lo stato del tetto permette l'installazione?

Il tetto presenta possibilità di accesso ai collettori per una successiva manutenzione?

Le dimensioni di porte, scale e altro permettono il trasporto e il passaggio del serbatoio?

Esistono vincoli paesaggistici o di altra natura sull'edificio?

Negli edifici residenziali, il fabbisogno termico per la produzione di acqua calda resta circa costante nel corso dell'anno. Una indicazione sul fabbisogno di acqua calda è data dal numero di persone che abitano l'edificio. Solitamente il consumo giornaliero pro capite di acqua calda a 45 °C viene stimato intorno a queste cifre:





persil

comfort basso	35	l/(persona/giorno)
comfort medio	50	l/(persona/giorno)
comfort alto	75 l/(persona/giorno)	



Nel caso si vogliano collegare all'impianto solare anche la lavatrice e la lavastoviglie, il fabbisogno deve essere aumentato di:

lavatrice	20 l/giorno	(1 lavaggio al giorno)
lavastoviglie	20 l/giorno	(1 lavaggio al giorno)

Esempio

Una famiglia di quattro persone necessita, per avere un comfort medio, di circa (50 litri x 4 =) 200 l/giorno di acqua calda. Considerando anche la lavatrice, si calcolano circa 230 l/giorno.

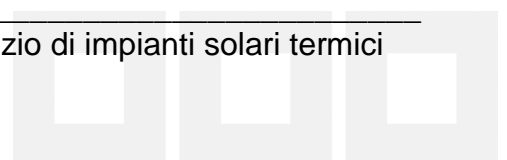
Negli edifici con funzione ricettiva, il fabbisogno di acqua calda è strettamente dipendente dalla presenza di clienti. Il calcolo del fabbisogno giornaliero viene eseguito sulla presenza media di persone nel periodo compreso tra maggio e agosto e su questo dato si effettua il dimensionamento dell'impianto. I valori di riferimento per il fabbisogno giornaliero medio pro capite sono qui riportati:

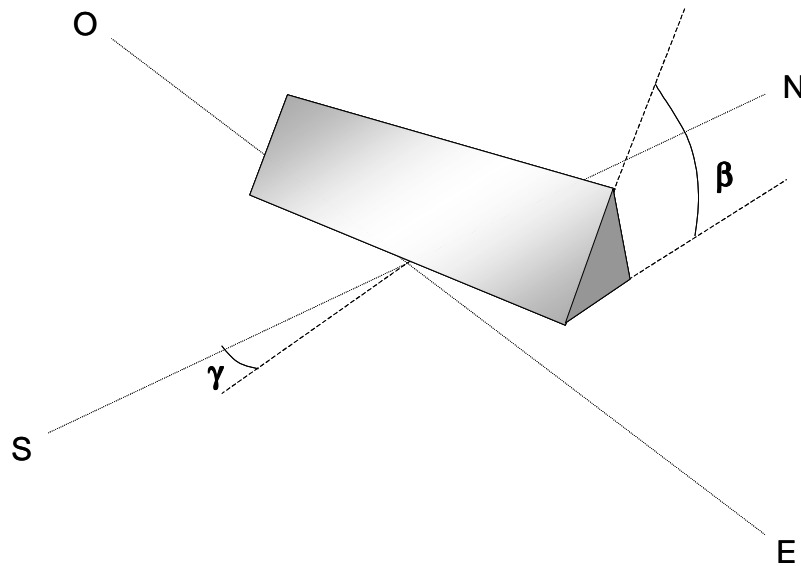
ostello	35	l/(persone e giorno)
standard semplice	40	l/(persone e giorno)
standard alto	50	l/(persone e giorno)
standard molto alto	80	l/(persone e giorno)

Se la struttura offre anche servizio cucina, il fabbisogno di acqua calda aumenta indicativamente di 10-15 l/(giorno e pasto).

1.2.1 La radiazione solare e la disposizione dei collettori

La disposizione dei pannelli solari in termini di inclinazione e orientamento influenza la quantità di energia che è possibile raccogliere e trasformare in acqua calda.





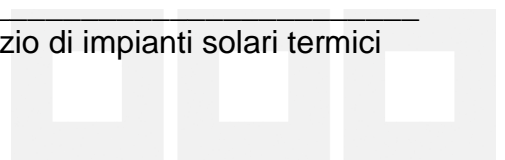
Inclinazione e orientamento di un pannello solare

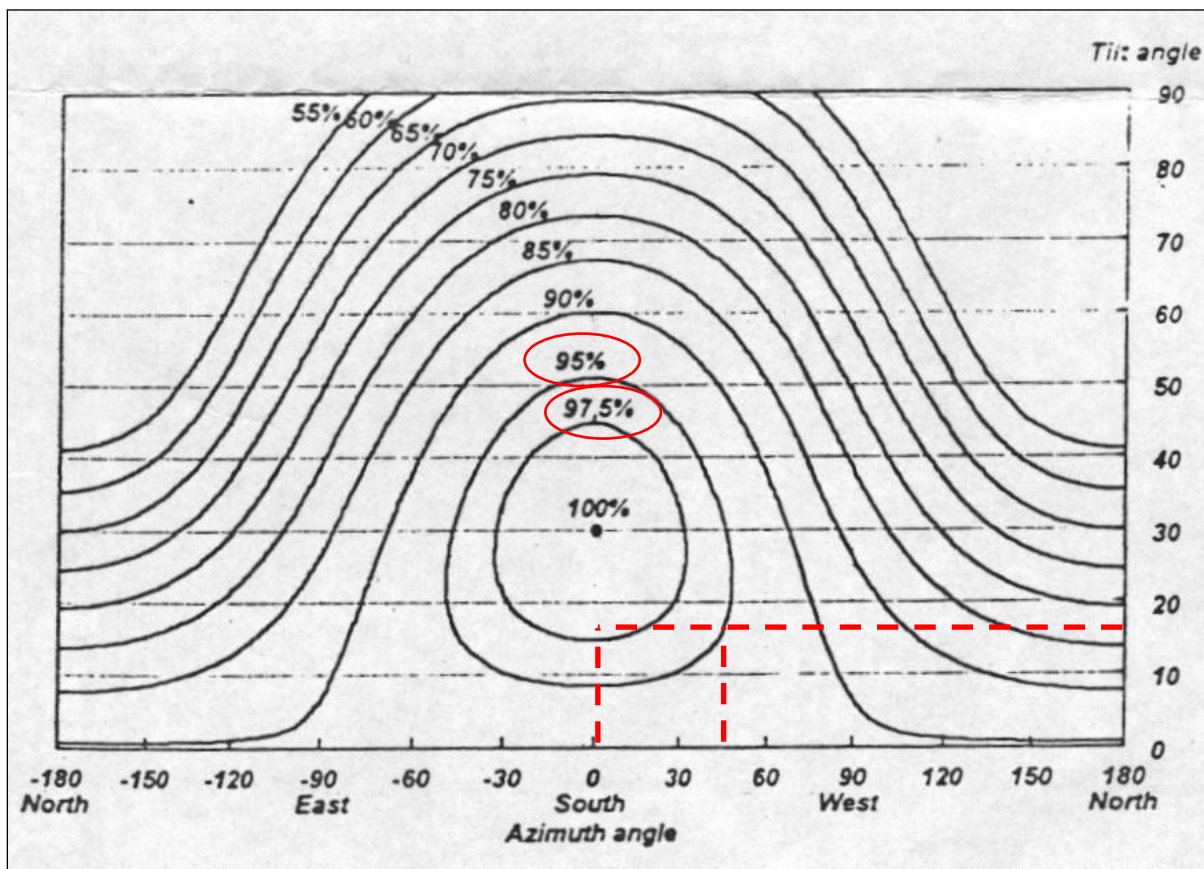
Mentre il migliore orientamento possibile è sempre quello verso sud, l'inclinazione più vantaggiosa dipende dall'applicazione. Per assicurare il massimo della resa media annuale per la produzione di acqua calda sanitaria, alle nostre latitudini è opportuno disporre i collettori con un angolo di circa 30° rispetto all'orizzontale. Angoli più grandi (45° o 60°) sono preferibili, invece, quando l'impianto solare deve provvedere anche al riscaldamento degli ambienti, in modo che sia privilegiata la producibilità in inverno.

Quando un impianto solare è disposto a terra o su un tetto piano, è possibile disporre le superfici captanti secondo gli angoli ora indicati. Spesso accade, però, che sia necessario rinunciare alla disposizione ottimale. La circostanza più comune è quella dei tetti a falda inclinata, dove preferenze estetiche del proprietario o specifiche disposizioni della Regione o del Comune potrebbero forzare il progettista a installare l'impianto a filo con il tetto.

Per stimare le conseguenze di questa scelta obbligata sull'energia prodotta, si può fare riferimento alla figura che segue, dove sono evidenziate le curve con medesima percentuale di energia solare raccolta rispetto al valore massimo, in funzione di inclinazione e orientamento dei pannelli.

Supponiamo di avere un tetto orientato a sud e inclinato di 15° (inclinazione molto comune in Italia): la perdita di energia, rispetto alle condizioni ottimali, è al di sotto del 3%. Se il tetto non è rivolto a sud, ma verso sud-ovest (azimut di 45°), ci si trova sulla curva del 95%. Ciò significa che, nonostante il tetto in esame non sia ottimale né per la sua inclinazione né per il suo orientamento, la perdita di energia rispetto al caso migliore è solo del 5%. La conseguenza è che il progettista può godere di una discreta libertà nella scelta della disposizione degli impianti che, soprattutto in edifici già costruiti, potrebbe essere imposta o quantomeno limitata da fattori architettonici e/o estetici.



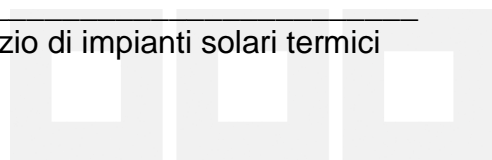


Energia solare media annua che può essere raccolta in funzione di inclinazione e orientamento dei pannelli solari (valori in percentuale rispetto al massimo; latitudine dell'Italia centrale)

In sostanza, perciò, cosa scegliere tra estetica e resa energetica? La decisione finale spetterà al progettista e all'utente, ma si tenga conto che spesso la scelta di installare i pannelli con un angolo di 30° o 45° su una falda con un'inclinazione di 15° permette di guadagnare il 2% o 3% di energia, ma scoraggia i vicini di casa e chi si imbatte nella vista dell'impianto a installare un sistema solare sulla propria abitazione! Bastano tre persone scoraggiate e il conto è presto fatto: abbiamo guadagnato il 3%, ma l'energia solare in Italia ha perso tre potenziali impianti, cioè il 300%.

Tra l'altro, quando si vede un impianto solare montato "storto" rispetto al tetto, si è portati a concludere che una disposizione così esteticamente poco gradevole è dovuta al fatto che una diversa installazione porterebbe a un deciso calo nelle prestazioni del sistema, cosa che, come visto con i numeri sopra riportati, non è assolutamente vera.

È necessario, quindi, che l'utente finale sappia che, anche quando la disposizione non è ottimale, le perdite di energia sono molto contenute. Una corretta informazione è, in questo caso, responsabilità anche del progettista e dell'installatore.



1.2.2 Il dimensionamento della superficie captante e degli altri componenti dell'impianto

1.2.2.1 La superficie dei collettori

Per dimensionare la superficie dei collettori, in condizioni di disposizione ideale (orientamento verso sud e inclinazione di 30°), si possono indicativamente utilizzare i valori di riferimento di seguito riportati, posti in relazione al fabbisogno giornaliero di acqua calda.

Zone in Italia	Valori di riferimento per il dimensionamento
Nord	1,2 m ² /(50 l/giorno)
Centro	1,0 m ² /(50 l/giorno)
Sud	0,8 m ² /(50 l/giorno)

Valori di riferimento per il dimensionamento dei collettori

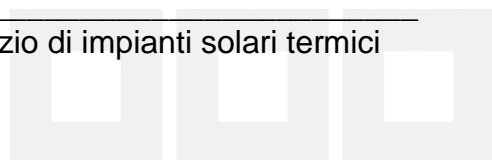
Tali valori permettono di coprire completamente il fabbisogno durante i mesi estivi. In estate, quindi, tutta l'acqua calda sanitaria viene preparata dall'impianto solare. Come media su tutto l'anno, il risparmio energetico ottenuto è compreso tra il 60% e il 90%. I valori in tabella possono essere ridotti fino al 30% nel caso in cui si usino collettori a tubi sottovuoto.

1.2.2.2 Il volume di accumulo

Come già osservato, il serbatoio di accumulo serve a equilibrare la differenza temporale tra la presenza dell'irraggiamento e l'utilizzo dell'acqua calda. Serbatoi dall'ampio volume permettono di superare periodi anche lunghi di brutto tempo, comportando, però, anche maggiori dispersioni di calore.

Come si dimensiona un serbatoio di accumulo? Come si determina il rapporto tra il volume necessario per il serbatoio e la superficie dei collettori?

Per quanto riguarda gli accumuli giornalieri, c'è una differenza tra carichi ad andamento continuo e discontinuo. Quando la richiesta di calore è circa costante durante il giorno, sono sufficienti, solitamente, circa 20 l/m² di collettore, mentre tale valore varia tra 50 e 100 l/m² di collettore per carichi giornalieri discontinui (sia per produzione di ACS sia per riscaldamento), quali ad esempio le utenze residenziali, dove i consumi di acqua per le docce sono concentrati in alcuni momenti della giornata (mattina e/o sera). Un accumulo stagionale, dovendo assicurare una copertura temporale molto più ampia, avrà una capacità compresa tra i 1.500 ed i 2.500 l/m² di collettore. Il caso di accumulo stagionale è raro e adatto esclusivamente a sistemi di riscaldamento centralizzati per grandi utenze.



Al fine di aumentare il fattore di copertura, si possono scegliere valori più elevati per il rapporto tra volume del serbatoio e superficie dei collettori, andando incontro, però, a costi di impianto più elevati.

TIPOLOGIA DI ACCUMULO ED ANDAMENTO DEL CARICO	VOLUME DI ACCUMULO IN RELAZIONE ALLA SUPERFICIE DEI COLLETTORI (l/m ²)
Accumulo giornaliero e carico costante	20
Accumulo giornaliero e carico discontinuo	50 – 100
Accumulo stagionale	1.500 – 2.500

Volume dell'accumulo in relazione alla superficie dei collettori solari

Negli impianti con riscaldamento ausiliare integrato nel serbatoio (per esempio un secondo scambiatore di calore o una serpentina elettrica) il volume in temperatura, cioè la parte di serbatoio che viene mantenuta sempre alla temperatura desiderata per l'acqua calda, viene calcolato secondo il fabbisogno giornaliero di acqua calda e dovrebbe aggirarsi sui 20 l/persona.

Quando si effettua il dimensionamento di grandi impianti, bisogna calcolare il volume da tenere in temperatura (spesso si tratta di un secondo serbatoio più piccolo) tenendo conto anche della potenza della caldaia.

1.2.2.3 Gli altri componenti

La pressione di esercizio e il vaso di espansione

Un parametro fondamentale da scegliere è la pressione di esercizio dell'impianto. Dal suo valore dipendono, infatti:

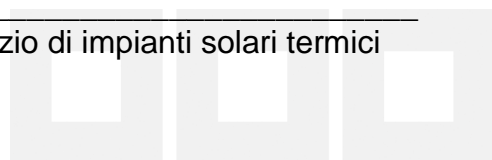
la quantità di fluido termovettore che può evaporare ad una certa temperatura in seguito a un inatteso surriscaldamento e, quindi, la dimensione e la taratura dei dispositivi di sicurezza;

le sollecitazioni meccaniche sui vari componenti del circuito.

La pressione di esercizio deve essere determinata come segue:

La pressione iniziale p_i è la differenza di pressione rispetto all'ambiente all'interno del circuito solare e deve essere raggiunta durante il riempimento del circuito a freddo. È la stessa pressione che si stabilisce di notte, quando la pompa di circolazione del circuito solare non è in funzione. Essa dipende dal dislivello tra il punto più alto del circuito solare e la sede del vaso di espansione. Se la differenza di quota è, per esempio, di 10 m, ciò corrisponde a 10 m di colonna d'acqua = 1 bar. La pressione iniziale dovrebbe quindi, con un supplemento di sicurezza di 0,5 bar, raggiungere almeno il valore $p_i = 1,5$ bar. Il valore consigliato è: $p_i = 2$ bar fino a 15 m di dislivello.

La pressione finale p_f è la differenza teorica rispetto alla pressione dell'ambiente all'interno del circuito solare, che non viene mai superata se l'installazione è corretta. Si calcola sulla tenuta a pressione delle componenti (per esempio i collettori), ma non dovrebbe mai superare 5,5 bar. Il valore consigliato è: $p_f = 5$ bar, se le componenti lo permettono.



La pressione predefinita nel vaso d'espansione p_{VE} dovrebbe essere di circa 0,3 – 0,5 bar al di sotto della pressione iniziale p_I , in modo che, anche a freddo, la membrana del vaso d'espansione sia leggermente in tensione. Il vaso d'espansione può essere acquistato con questa pressione a riposo oppure si può impostare il valore desiderato direttamente sulla valvola. A tale scopo, si può utilizzare un manometro. Il valore consigliato è di $p_{VE} = 1,5$ bar.

La pressione d'intervento della valvola di sicurezza p_{VS} (differenza rispetto alla pressione dell'ambiente) dovrebbe essere almeno 0,5 bar al di sopra della pressione finale, in modo che la valvola di sicurezza, se l'installazione è corretta, non entri mai in funzione. Il valore consigliato è di $p_{VS} = 6$ bar, se le componenti lo permettono.

Il fattore di pressione $D_f = (p_F - p_I) / (p_F + 1)$ del vaso d'espansione non deve essere maggiore di 0,5 perché altrimenti la membrana al suo interno si logora inutilmente.

Il vaso di espansione serve a contenere l'aumento di volume all'aumento della temperatura del fluido termovettore e , in caso di stagnazione dell'impianto, a recepire tutto il fluido contenuto all'interno del collettore.

Il contenuto di fluido V_{FI} all'interno del circuito solare si calcola in questo modo:

contenuto di fluido del circuito $V_{FI} =$ contenuto di fluido nel collettore V_C
 + contenuto di fluido nelle tubature
 + contenuto di fluido nello scambiatore di calore
 + contenuto di fluido in altre componenti

La dilatazione del volume del fluido viene così calcolata:

$\Delta V = e \times V_{FI}$ col coefficiente di dilatazione $e = 0,045$ per l'acqua, $e = 0,07$ per miscela acqua-glicolo

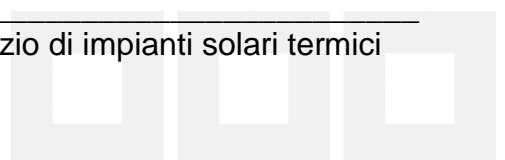
Il volume utile del vaso d'espansione viene poi calcolato con un ulteriore coefficiente di sicurezza (p.es. 10%):

$$V_U = (\Delta V + V_C) \times 1,1$$

Il volume nominale, cioè il volume che viene riportato nei cataloghi dei prodotti deve essere calcolato utilizzando le pressioni determinate in precedenza:

$$V_N = V_U \times (p_F + 1) / (p_F - p_I)$$

Il vaso d'espansione deve avere almeno questo volume nominale.



superficie collettori [m ²]	pressione iniziale	
	p _I = 1,5 bar	p _I = 2,5 bar
5	12 l	18 l
7,5	18 l	25 l
10	25 l	35 l
15	35 l	50 l

Valori di riferimento per la scelta del vaso d'espansione

Il fluido termovettore

Dove non vi è pericolo di gelo si utilizza l'acqua come liquido termovettore all'interno del circuito solare. In questo caso, per evitare corrosioni bisogna aggiungere gli inibitori indicati dal produttore.

Nelle zone a rischio di gelo si usa, invece, una miscela di acqua e glicole propilenico atossico. La concentrazione del glicole deve essere definita secondo le indicazioni del produttore e, comunque, in modo da scongiurare il rischio di gelo fino a una temperatura di 10 °C inferiore alla temperatura minima media su cui si esegue il calcolo di progettazione dell'impianto.

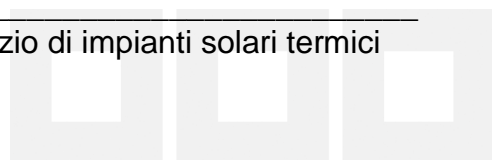
La portata del circuito primario

Parte dell'energia legata al movimento del fluido termovettore nelle tubazioni viene persa a causa di fenomeni fluidodinamici, dando luogo alle cosiddette perdite di carico. Esse risultano dalla somma delle perdite concentrate, dovute alle irregolarità del percorso, come variazioni di direzione, allargamenti o restringimenti, o agli organi di intercettazione come le valvole, e delle perdite distribuite, dovute all'attrito sulle pareti e legate alla lunghezza dei tubi. Queste perdite devono essere compensate dalla spinta fornita dalla pompa o dalla forza derivante dalla differenza di densità nel caso di circolazione naturale.

Per il calcolo delle perdite distribuite, si utilizzano, solitamente, diagrammi che legano il valore di tali perdite unitarie (cioè per 1 m di lunghezza) alla velocità del fluido, al diametro delle tubazioni e alle portate. Fissati due di questi valori, è possibile risalire graficamente agli altri. Le perdite concentrate nei vari componenti, tra cui i collettori, sono solitamente riportate nelle schede dei relativi prodotti.

Nella pratica, si prevedono velocità comprese tra 0,4 m/s e 2 m/s e cadute di pressione unitarie tra 10 mm ca/m e 20 mm ca/m.

In merito alla scelta del valore di portata da impostare nel circuito solare, si tenga conto che una portata elevata consente uno scambio termico più efficace, ma implica una maggiore perdita di pressione e richiede, quindi, un consumo energetico più elevato per l'esercizio della pompa nel caso di sistemi a circolazione forzata. Si può indicare un valore di circa 30 – 50 l/h (da $0,8 \cdot 10^{-5}$ a $1,4 \cdot 10^{-5}$ m³/s) per 1 m² di collettore, oppure si possono seguire le indicazioni dei produttori. Portate più elevate, al di sopra



dei 100 l/h ($2,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$) per 1 m² di collettore possono provocare problemi di erosione, in conseguenza dell'alta velocità del fluido.

Un caso particolare è rappresentato dai sistemi "low flow" (a bassa portata), nei quali il fluido attraversa i collettori più lentamente, in modo da realizzare un incremento di temperatura dall'ingresso all'uscita più alto (30 °C – 45 °C) rispetto ai sistemi tradizionali. Con un tale sistema, la cui portata si aggira intorno ai 15 l/h ($0,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$) per 1 m² di collettore, è possibile raggiungere la temperatura di utilizzo in un solo passaggio attraverso i pannelli solari. Il vantaggio di un impianto "low flow" è l'utilizzo di componenti più piccoli (p. es. tubazioni di diametro minore), in proporzione alla riduzione di portata, con il conseguente abbassamento dei costi. Questo vantaggio economico rende tali sistemi particolarmente appetibili per grandi impianti (p. es. al di sopra di 30 – 40 m²). Lo svantaggio di un sistema "low flow" è il minore rendimento dei collettori, costretti a lavorare ad una temperatura mediamente più elevata.

1.3 Linee Guida per l'installazione di impianti solari termici

1.3.1 Premessa: sicurezza sul lavoro e criteri generali

La costruzione di un impianto solare prevede, nella maggior parte dei casi, un lavoro in altezza sul tetto. In particolare, per il montaggio dei collettori, è necessario trasportare le singole componenti sul tetto e là assemblarle. Esiste, quindi un reale rischio che persone o materiali scivolino giù dal tetto. Una possibilità per limitare tale rischio consiste nell'imbragatura di sicurezza. Pareti di sicurezza, inoltre, proteggono i passanti dal materiale in caduta e offrono, al contempo, una ulteriore misura di cautela per l'installatore.

Prima di addentrarci nei dettagli dell'installazione, si anticipano alcuni criteri generali da rispettare:

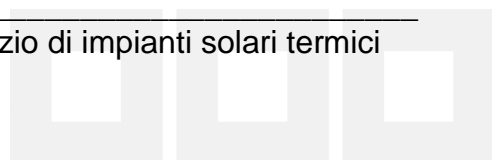
- seguire attentamente l'ordine delle operazioni da eseguire;
- quando si realizzano i collegamenti, verificare che restino gli spazi necessari per la successiva manutenzione degli elementi dell'impianto;
- verificare sulle schede dei prodotti che le caratteristiche corrispondano con quelle di progetto.

Per assicurarsi che tutti i passi di installazione siano stati regolarmente effettuati, è opportuno, in ogni caso, standardizzare la procedura facendo riferimento ad una lista di controllo.

1.3.2 Il montaggio dei collettori e le tipologie di installazione

Le strutture di supporto devono sostenere il peso dei collettori e le sollecitazioni meccaniche date dal vento, dalla neve e dalla grandine. La loro tipologia dipende in larga misura dalla soluzione scelta per il posizionamento dei collettori.

Durante la fase di preparazione della superficie e di installazione dei supporti, il collettore non è ancora pieno di fluido termovettore, ed è perciò opportuno non esporlo prolungatamente al sole, affinché non si riscaldi eccessivamente con conseguenti deformazioni e danneggiamenti delle sue parti. A tale scopo, le superfici esposte dei



collettori possono essere protette mediante una copertura opaca (plastica, cartone o tessuto). Solitamente, i produttori ed i distributori di pannelli solari forniscono i loro prodotti con una protezione sul vetro e raccomandano, nel libretto di montaggio, di non togliere la protezione prima che i collettori siano riempiti di fluido termovettore.

In merito alle tipologie di installazione, i collettori solari possono essere posizionati a terra oppure su strutture di rivestimento dell'edificio, come tetti piani (terrazze), tetti inclinati e facciate.

Nella tabella che segue si riassumono vantaggi e svantaggi delle diverse tipologie di installazione. Le considerazioni qui riportate sono di carattere generale, ma il caso specifico può presentare peculiarità che devono essere considerate. L'impatto estetico di un tetto inclinato, ad esempio, viene segnalato come "positivo", ma una installazione che sollevi i collettori rispetto al piano del tetto per ricercare una inclinazione diversa da quella preesistente può rendere il sistema esteticamente poco invitante.

	TERRA	TETTO PIANO	TETTO INCLINATO	FACCIATA
Possibilità di ottimizzare orientamento ed inclinazione	Positivo	Positivo	Medio	Negativo
Impatto estetico	Negativo / Medio	Negativo / Medio	Positivo	Positivo
Semplicità di installazione	Positivo	Positivo	Medio	Medio
Superficie disponibile	Positivo	Positivo	Medio	Medio / Positivo

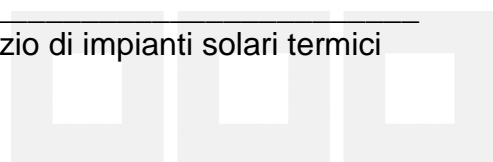
Confronto qualitativo tra diverse tipologie di installazione dei collettori

Qualunque sia la tipologia di installazione, è necessario:

- verificare che il peso dei collettori (considerando anche l'accumulo, se si tratta di sistema monoblocco) sia compatibile con la struttura su cui vengono installati;
- verificare che, per installazioni in architettura, i punti in cui le coperture dell'edificio vengono perforate siano protetti dall'ingresso dell'acqua;
- controllare il corretto orientamento dei supporti con una bussola.

La maggior parte dei produttori e distributori di pannelli solari accompagnano i loro prodotti con un manuale di montaggio, che spesso distingue le istruzioni a seconda della tipologia di installazione. Tali manuali costituiscono, quindi, una preziosa fonte di informazione che l'installatore non può e non deve trascurare.

Montaggio a terra: per il montaggio a terra, come anche per quello su tetto piano, si trovano in commercio supporti in acciaio zincato con i fori previsti per il montaggio sulla struttura e per il successivo fissaggio del collettore su di essi. Spesso gli operatori del settore sono in grado di fornire supporti con diversi angoli di inclinazione per adattare l'esposizione al sole alle particolari esigenze del caso specifico (curva di domanda dell'utenza, aspetti estetici, ecc.).



I supporti vengono ancorati a terra, mediante cordoli di fondazione oppure elementi prefabbricati di calcestruzzo, che hanno la funzione di zavorrare la struttura. Successivamente, i collettori vengono montati sui supporti metallici, solitamente mediante staffe in acciaio zincato.

Montaggio su tetto piano (terrazza): questa circostanza è molto comune soprattutto negli edifici residenziali delle grandi città (sia in centro sia in periferia), negli edifici commerciali ed anche in molte strutture pubbliche (p. es. scuole o amministrazioni).

Tale tipologia di installazione dei collettori è del tutto simile a quella a terra perché: consente, solitamente, di ottimizzare inclinazione ed orientamento dei collettori rispetto al sole; obbliga il progettista a tenere conto dell'ombreggiamento relativo tra le file di pannelli; impiega la stessa tipologia di supporti.

Anche in questo caso, i collettori vengono fissati ai supporti in acciaio, a loro volta montati sulla struttura di base tramite tasselli di espansione (comunemente noti come "stop"). Al fine di preservare la struttura del tetto, i telai metallici spesso non si fissano direttamente sulla terrazza, ma su blocchi di calcestruzzo (baggioli). Tali blocchi servono, quindi, come base per i supporti e, grazie al loro elevato peso, scongiurano il rischio di ribaltamento dei collettori anche sotto l'azione di forti venti.

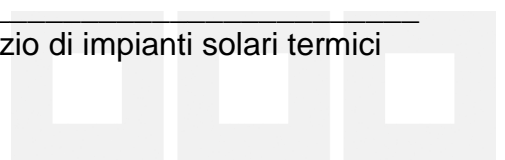
Poiché i tetti piani sono dotati di una certa pendenza (per assicurare il deflusso dell'acqua piovana), è importante aggiungere opportuni spessori sotto i supporti e verificare l'orizzontalità degli stessi tramite una livella a bolla. Se i collettori non sono perfettamente disposti, infatti, il loro riempimento non è totale e presentano una efficienza minore rispetto al valore di progetto.

Montaggio su tetto inclinato: questa tipologia di installazione non consente spesso l'ottimizzazione della disposizione dei collettori, poiché l'orientamento e l'inclinazione del tetto costituiscono dei vincoli progettuali che condizionano le scelte iniziali.

In questo caso, il supporto può essere montato:
direttamente sulle tegole;
sulla superficie al di sotto delle tegole.

Nel primo caso, è necessario realizzare dei cordoli di calcestruzzo nello spazio tra le file di tegole. A tali cordoli saranno successivamente applicati i supporti metallici mediante stop e viti. L'ultimo passo è quello del montaggio del collettore sopra i supporti. Nel secondo caso, le staffe di ancoraggio dei supporti (solitamente piedini in acciaio zincato) possono essere annegate nel calcestruzzo, se il tetto deve essere ancora realizzato (tetto inclinato integrato), oppure fissate alla superficie del grezzo (vale a dire la struttura portante), nel caso di tetto già costruito (tetto inclinato retrofit).

Montaggio in facciata: alle latitudini italiane, l'installazione in facciata non è certo la soluzione migliore dal punto di vista energetico, ma è un caso che può presentare due grandi vantaggi:
ampie superfici disponibili;



buone soluzioni estetiche.

Le modalità di installazione sono differenti a seconda che l'impianto sia di tipo "retrofit" oppure di tipo "integrato".

1.3.3 Il collegamento idraulico tra i collettori

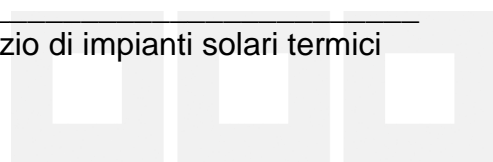
Un impianto solare, soprattutto se di taglia medio – grande, è costituito da più collettori, che devono quindi essere collegati tra loro. I collegamenti possibili sono tre: in serie, in parallelo e misti serie – parallelo.

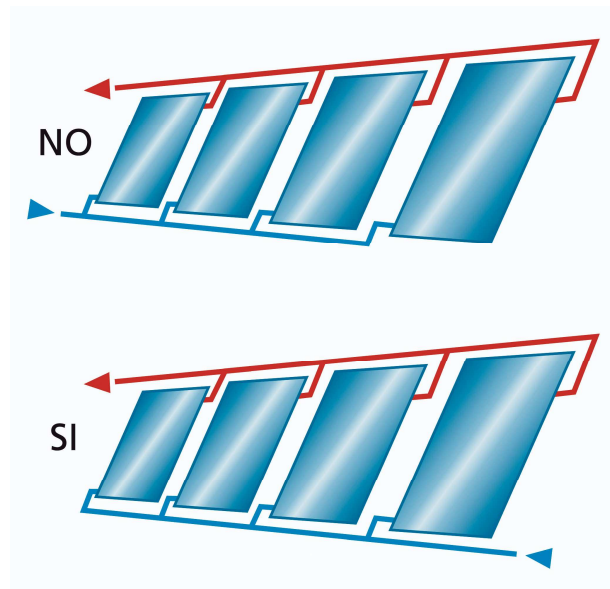
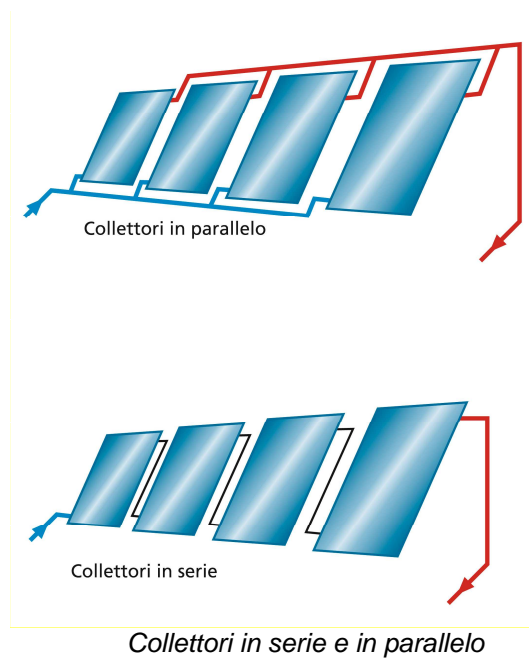
Quando i collettori sono collegati in serie, essi sono attraversati dallo stesso flusso e la portata dell'impianto è anche quella che passa attraverso ognuno dei collettori. La temperatura del fluido termovettore cresce dal primo collettore all'ultimo e ciò significa che gli ultimi collettori lavorano con efficienza inferiore, essendo maggiori le perdite di calore verso l'esterno. Per ovviare a tale problema, in linea puramente teorica, si potrebbero ridurre le perdite degli ultimi collettori, migliorandone l'isolamento o mettendo un vetro aggiuntivo. In realtà, tale operazione non è pratica comune per ragioni di semplicità, standardizzazione delle installazioni e, quindi, minimizzazione dei costi di impianto. È opportuno, però, limitare il numero di collettori disposti in serie, per evitare che gli ultimi pannelli lavorino a temperature medie troppo alte.

Nel collegamento in parallelo, la portata di fluido dell'impianto si divide tra i vari collettori. In linea teorica, se i collettori sono n è la portata è x , in ogni collettore si ha un flusso pari a x/n . Nel reale funzionamento del sistema, tuttavia, è sufficiente una minima irregolarità (ad esempio, una piccola incrostazione in uno dei collettori) per far sì che il flusso non sia più equilibrato e le portate nei vari collettori assumano, perciò, valori differenti. Diversamente da quanto accade nel collegamento in serie, il salto termico tra monte e valle è lo stesso per tutti i collettori e quindi i collettori lavorano con il medesimo valore di efficienza.

Quando si ha a che fare con tratti di circuito posti in parallelo, è necessario che tutti i percorsi abbiano le stesse caratteristiche (lunghezza, irregolarità, ecc.), in modo che il fluido non trovi percorsi preferenziali. Si vedano gli esempi riportati in figura, che evidenziano il modo corretto e quello errato di posizionare le tubazioni di mandata e di ritorno di un parallelo di collettori.

Nel caso più generale, in un impianto solare i collettori saranno disposti in un collegamento misto serie – parallelo.

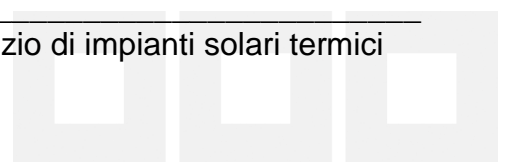




Disposizione corretta e disposizione errata di collettori in parallelo

1.3.4 Il serbatoio di accumulo

Come le tubazioni, anche i serbatoi devono essere isolati per contenere le perdite di calore verso l'esterno. Il serbatoio è fornito dai produttori con uno strato di materiale



isolante già applicato e non è, quindi, compito dell'installatore eseguire questa coibentazione. È importante che lo strato coibente sia stretto sulle pareti esterne e che non sia interrotto. La parte più delicata del serbatoio è quella più alta, dove si raccoglie l'acqua più calda e le perdite termiche verso l'esterno sono, quindi, mediamente più elevate.

Un aspetto particolarmente importante è la scelta della temperatura dell'acqua nella parte alta del serbatoio. Un valore eccessivo di tale temperatura è sconsigliato per le seguenti ragioni:

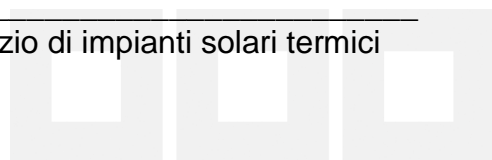
- crescono le dispersioni verso l'esterno;
- si spreca energia, poiché è necessaria una miscelazione con acqua fredda di rete per abbassare la temperatura fino a quella di comfort per l'utenza (40 – 45 °C);
- aumenta la temperatura media dell'acqua nel circuito e diminuiscono, quindi, le prestazioni dei collettori solari.

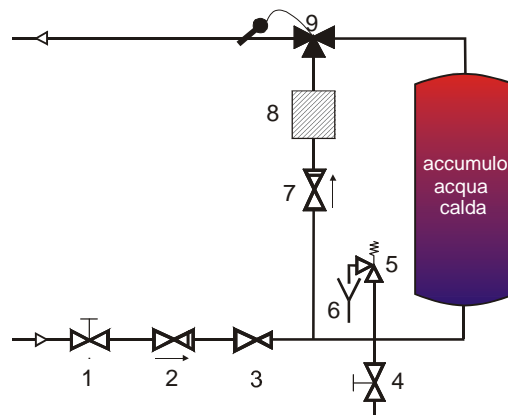
È opportuno, perciò, che il termostato del serbatoio sia fissato ad una temperatura piuttosto bassa (p. es. 50 °C), in modo da limitare il più possibile l'intervento del sistema tradizionale.

- Si osserva, inoltre, che:
- particolare attenzione deve essere posta nella movimentazione (trasporto e montaggio) dei serbatoi smaltati, per evitare che lo smalto si rovini;
 - è meglio mettere prima in posizione il serbatoio e poi portare le condutture fino al serbatoio e collegarle;
 - se il serbatoio viene posizionato sulla soletta di un piano è necessario verificarne prima la portata di carico;
 - la disposizione di travi sotto al serbatoio può aiutare a distribuire il carico;
 - durante il posizionamento è importante controllare che resti spazio sufficiente per l'applicazione della coibentazione e per i successivi lavori di manutenzione (per esempio la sostituzione dell'anodo anticorrosione).

Per collegare le condutture dell'acqua fredda e dell'acqua calda, bisogna procedere come indicato nella figura sopra riportata. Se la pressione del circuito dell'acqua si trova al di sopra della pressione d'esercizio del serbatoio, bisogna prevedere l'installazione di un riduttore di pressione. Se l'impianto domestico dell'acqua presenta una pressione superiore a 3,5 bar, i rubinetti e altri componenti possono essere danneggiati. Si consiglia inoltre di dotare l'impianto di una valvola di non ritorno, una valvola di intercettazione, un filtro per le impurità (il miscelatore dell'acqua sanitaria è molto sensibile) e un rubinetto di scarico. Per evitare la circolazione naturale, si inserisce un'altra valvola di non ritorno nella linea di mandata dell'acqua fredda del miscelatore per l'acqua sanitaria.

Quando il serbatoio si riscalda, l'acqua al suo interno si espande. La valvola di sicurezza ha il compito di abbattere la pressione in eccesso provocata da questo effetto. Durante il riscaldamento del serbatoio, quindi, una piccola quantità d'acqua fuoriesce dalla valvola. Per diminuire le dispersioni di calore, la valvola di sicurezza dovrebbe essere installata sulla linea dell'acqua fredda. La pressione di intervento della valvola di sicurezza è da stabilire a seconda della pressione di esercizio ammessa per il serbatoio. Dalla valvola di sicurezza deve uscire una tubazione collegata a uno scarico.





- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 Valvola d'intercettazione | 5 Valvola di sicurezza |
| 2 Valvola di non ritorno | 6 Scarico aperto |
| 3 Valvola regolatrici di pressione
(se necessario) | 7 Valvola di non ritorno |
| 4 Rubinetto di scarico | 8 Filtro per le impurità |
| | 9 Miscelatore di acqua sanitaria |

Gruppo pompe e sicurezza

Negli impianti in cui la temperatura dell'acqua che arriva all'utenza può superare i 60 °C, è necessario installare un miscelatore per acqua sanitaria come protezione e prevenzione da ustioni.

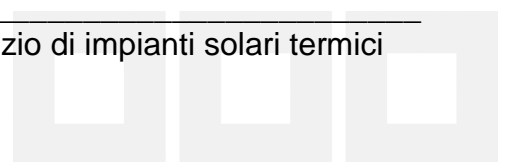
Per la condotta dell'acqua fredda in entrata al serbatoio si possono utilizzare sia tubi di acciaio zincato, sia tubi di rame. Per le tubature dell'acqua calda, si consiglia l'impiego di tubi di rame. In nessun caso però bisogna installare tubi di acciaio zincato dopo i tubi di rame, seguendo la direzione di scorrimento dell'acqua.

Si consiglia, poi, l'impiego di un timer per la regolazione della pompa di ricircolo, che ne riduca il funzionamento ai soli periodi di maggiore utilizzo. Una regolazione termostatica, inoltre, permette di limitare la temperatura nelle tubature del ritorno del circuito di ricircolo. Tale regolazione consente di collegare la tubatura del ritorno alla parte inferiore del serbatoio. La linea del ritorno dovrebbe essere eseguita con un diametro ridotto (10 – 12 mm) e accuratamente isolata. La pompa per il ricircolo, infine, deve essere idonea per l'acqua potabile.

Circuiti di ricircolo eseguiti con poca cura provocano dispersioni di calore che possono superare di varie volte il consumo energetico che è necessario per il vero e proprio riscaldamento dell'acqua.

1.3.5 Il circuito solare e le sue protezioni

1.3.5.1 Tubazioni di collegamento, coibentazioni e ricircolo





persil



La corretta disposizione delle tubazioni in un impianto solare deve tenere conto delle seguenti indicazioni:

limitare il più possibile la lunghezza delle tubazioni per rendere minime le dispersioni termiche e le perdite di carico;

al fine di ridurre le dispersioni di calore e/o ridurre lo strato di isolante necessario, è opportuno che i tratti esterni siano di lunghezza limitata;

realizzare percorsi bilanciati;

dotare i tratti orizzontali di una certa pendenza se l'impianto è a circolazione naturale;

tenere conto, nel fissaggio dei tubi (p.es. alle pareti), della dilatazione degli stessi con il riscaldamento e prevedere quindi una certa libertà di scorrimento.

In merito all'isolamento delle tubazioni, si osserva che:

lo strato isolante deve avere il maggior spessore possibile, compatibilmente con i costi e l'ingombro;

i possibili materiali isolanti sono:

schiume di materiali plastici (p. es. poliuretano);

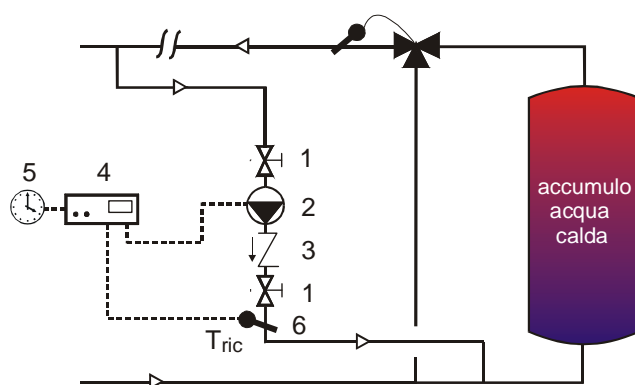
fibre minerali;

lo strato isolante deve essere applicato senza interruzioni, ponendo particolare attenzione ai gomiti ed ai raccordi;

al fine di proteggere esternamente lo strato coibente dagli agenti atmosferici, dalla degradazione sotto l'azione dei raggi ultravioletti e dalle beccate da parte degli uccelli, all'isolante si sovrappone, per i tratti in esterno, una camicia fatta di tubi in alluminio (coppelle o copritubi);

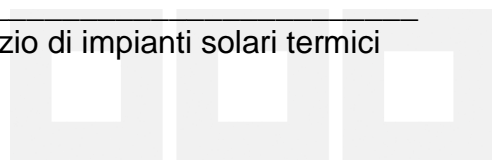
NB: la coibentazione, e la successiva coppellatura, devono essere realizzate esclusivamente dopo aver sottoposto l'impianto alla prova di tenuta a pressione.

Le tubazioni di collegamento tra il collettore e il serbatoio devono essere il più corte



- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1 Valvola d'intercettazione | 4 Regolatore termostatico |
| 2 Pompa | 5 Timer |
| 3 Valvola di non ritorno | 6 Sensore termico |

Circuito di ricircolo



possibile e il meglio coibentate possibile. Se si ha a disposizione una canna fumaria non utilizzata, questa può essere impiegata per farvi passare le tubazioni.

Durante la posa bisogna tenere conto che i tubi, in particolare se di rame, presentano una notevole dilatazione in lunghezza (13 mm su 10 m per 80 °C di differenza di temperatura). I tubi, quindi, dovrebbero poter scorrere in lunghezza all'interno dei loro sostegni di fissaggio alla parete.

Il rendimento di un impianto solare dipende fortemente dalla qualità dell'esecuzione della coibentazione del circuito solare. È necessario non solo un sufficiente spessore di materiale coibente (che dovrebbe essere circa pari al diametro del tubo), ma anche una esecuzione molto accurata e senza interruzioni, soprattutto in gomiti e raccordi.

La scelta del materiale coibente deve tenere in considerazione la resistenza alle alte temperature. Per brevi periodi, infatti, all'interno dei tubi del circuito solare si possono raggiungere anche 200 °C. In esterno, inoltre, la coibentazione deve essere resistente agli agenti atmosferici, ai raggi ultravioletti e alle beccate degli uccelli.

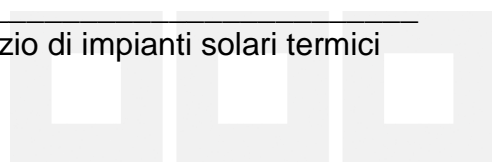
Materiali adatti possono essere: isolanti in fibre minerali, tubi Aeroflex, tubi Armaflex HT. All'esterno la coibentazione può essere protetta con copritubi in lamiera zincata o di alluminio.

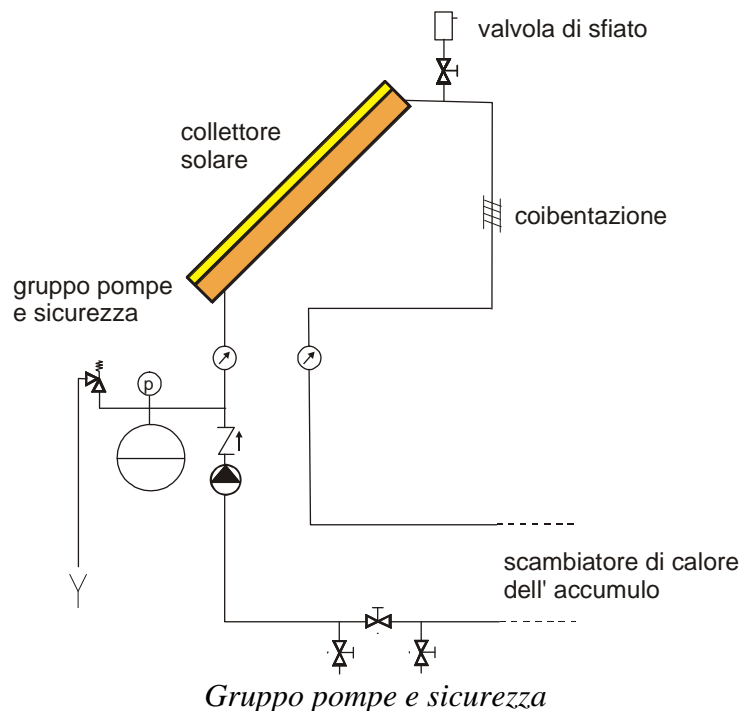
La pompa di circolazione e le tubature di collegamento del vaso di espansione non devono essere coibentate.

1.3.5.2 Protezione del circuito

La pompa, la valvola di non ritorno, il vaso di espansione e la valvola di sicurezza vengono offerti sul mercato come un gruppo premontato 'pompe e sicurezza'. Le tubazioni di collegamento al serbatoio possono essere eseguite con tubi di acciaio inox corrugati, risparmiando una notevole quantità di lavoro per l'installazione.

Pompa, valvola di non ritorno, vaso d'espansione e valvola di sicurezza devono essere collocati sulla linea del ritorno del collettore (parte fredda). Il vaso d'espansione e la valvola di sicurezza devono comunque essere installate in modo che tra loro e il collettore non vi possa essere interruzione.





Il vaso di espansione è collegato mediante una linea non coibentata al 'gruppo pompe e sicurezza'. Il collegamento del vaso di espansione deve guardare verso l'alto, poiché, in questo modo, la membrana viene protetta dalla temperatura troppo alta del fluido.

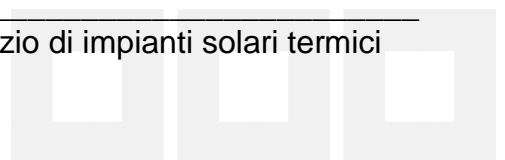
La valvola di non ritorno dovrebbe contenere un dispositivo di apertura; in caso contrario, bisogna prevedere un ulteriore rubinetto di scarico sul ritorno del collettore.

Dall'uscita della valvola di sicurezza, bisogna derivare un tubo a un recipiente (per esempio una tanica), che possa contenere almeno la quantità completa di fluido presente nell'assorbitore.

Nel punto più alto del circuito solare, solitamente all'uscita della mandata del collettore (e dovunque ci sia il rischio di formazioni di bolle d'aria), bisogna installare valvole di sfiato. Dal momento che nella condotta della mandata del collettore si può formare vapore, quando il collettore è in stato di stagnazione, bisogna provvedere a installare uno sfiato manuale oppure automatico, ma dotato di un rubinetto di intercettazione separato, che deve essere chiuso dopo la fase di messa in esercizio. Sia la valvola di sfiato sia il rubinetto di intercettazione dovrebbero resistere fino a temperature di 200 °C.

1.3.6 Il collegamento al sistema convenzionale

Se il calore del riscaldamento ausiliario viene immagazzinato nella parte più alta del serbatoio, il posizionamento verticale del sensore di temperatura nel serbatoio permette di decidere la quantità di acqua che deve essere tenuta in temperatura. Il sensore



dovrebbe essere posizionato sempre al di sopra del terzo inferiore della lunghezza (in verticale) dello scambiatore di calore del circuito del riscaldamento ausiliario.

L'efficienza dell'impianto solare può essere nettamente migliorata riducendo il più possibile la quantità di acqua da tenere in temperatura, tramite l'impostazione della temperatura sul termostato non più alta di quanto richieda il comfort (per esempio 45-50 °C) e limitando il funzionamento del riscaldamento ausiliario ai periodi di maggiore uso, mediante l'impiego di un timer.

Collegamento di una caldaia con pompa di carica del serbatoio

Se la caldaia utilizzata conserva la temperatura dell'acqua al suo interno a temperatura sufficientemente alta (60 - 70 °C), il serbatoio può essere riscaldato direttamente mediante una pompa separata e il circuito del riscaldamento ausiliario. Il circuito di carica viene collegato ai raccordi previsti per il riscaldamento dell'acqua sanitaria sull'accumulo della caldaia oppure alla mandata e ritorno del circuito del riscaldamento. La pompa di carica del serbatoio viene gestita da un sensore di temperatura posizionato nella parte del serbatoio solare, dove l'acqua deve essere tenuta in temperatura, e da un termostato.

Collegamento di una caldaia con commutazione delle valvole

Le caldaie a gas montate a parete sono di norma dotate di una pompa di circolazione e di una valvola a tre vie. Da un'uscita della valvola viene alimentato il circuito di riscaldamento, dall'altra il circuito di carica del serbatoio di accumulo. Questo significa che quando il termostato del serbatoio raggiunge la temperatura di intervento, la valvola commuta dal circuito di riscaldamento al circuito di carica del serbatoio di accumulo.

Riscaldamento ausiliario con caldaia istantanea

Come riscaldamento ausiliario, è possibile anche utilizzare una caldaia istantanea a gas. Apparecchi con una regolazione basata sulla differenza di pressione non possono essere utilizzati. Gli apparecchi con una regolazione termostatica della potenza della caldaia, invece, sono generalmente adatti a questo scopo. Bisogna comunque attenersi alle indicazioni del produttore della caldaia istantanea. Per alcuni apparecchi le difficoltà possono essere eliminate con un by-pass. A monte della caldaia istantanea viene posizionata una valvola a tre vie comandata da un termostato situato nel terzo superiore del serbatoio di accumulo. Fino a una temperatura di circa 40 °C, l'acqua viene fatta passare dalla caldaia istantanea. Se la temperatura è più alta, l'acqua non viene deviata.

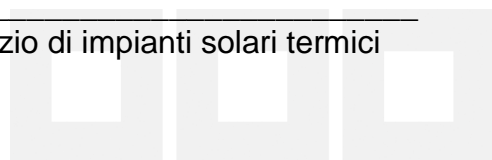
Riscaldamento ausiliario con una resistenza elettrica

Il riscaldamento ausiliario alimentato da corrente elettrica è nella maggior parte dei casi poco vantaggioso dal punto di vista ecologico. L'elettricità dovrebbe quindi essere utilizzata solo se:

non vi è altra possibilità

è presente solo una vecchia caldaia sovradimensionata (anche qui, se possibile, solo in estate)

l'impianto è dimensionato in modo da coprire sempre il fabbisogno totale di acqua calda e il riscaldamento ausiliario è utilizzato solo come riscaldamento d'emergenza.



1.4 Linee Guida per il collaudo e la manutenzione di impianti solari termici

Una volta che l'impianto solare è stato installato, è necessario collaudarlo e seguire, inoltre, le procedure specifiche per il suo avvio. Nel seguito si riportano i passi da seguire per effettuare tali operazioni.

Si sottolinea che, prima di tutto, l'installazione deve essere confrontata con quanto previsto in fase di progetto, per accertarsi che risponda, in ogni sua parte, alle specifiche iniziali. Per eseguire tale procedura in maniera rigorosa, si consiglia di utilizzare una scheda sulla quale segnalare eventuali discordanze ed anomalie.

1.4.1 Risciacquo e pulizia del circuito

Al fine di eliminare impurità ed incrostazioni, il circuito solare deve essere risciacquato prima del riempimento con il fluido termovettore. A tale scopo bisogna prevedere, nel punto più basso del circuito, la presenza di due rubinetti: uno di riempimento ed uno di scarico. Un rubinetto di intercettazione sarà poi posizionato tra questi, con la funzione di separarli, quando si trova in posizione chiusa.

I principali passi da seguire per effettuare l'operazione di pulizia del circuito sono:

collegare, con un tubo, il rubinetto di riempimento alla tubazione dell'acqua fredda e metterlo in posizione aperta;

collegare, con un tubo, il rubinetto di scarico ad uno scarico dell'acqua e metterlo in posizione aperta;

mettere la valvola di intercettazione in posizione chiusa per separare il riempimento dallo scarico (ambedue aperti);

aprire tutti gli sfiati del circuito solare;

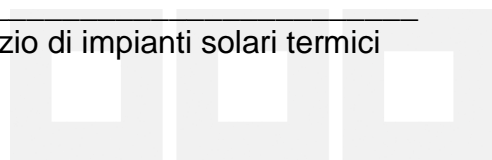
aprire il rubinetto dell'acqua fredda e lasciare scorrere l'acqua per alcuni minuti, in modo da risciacquare tutto il circuito.

1.4.2 Prova di tenuta a pressione e svuotamento del circuito

Il circuito solare non deve presentare perdite di fluido. La tenuta in tutti i punti del circuito deve essere quindi verificata mediante una prova a pressione. **La prova di tenuta deve essere effettuata prima della coibentazione dei tubi.**

Una volta conclusa la prova di risciacquo, si devono quindi effettuare le seguenti operazioni:

- chiudere il rubinetto di scarico lasciando aperto quello di riempimento: in tal modo l'acqua continua ad entrare e la pressione all'interno del circuito sale; la pressione a cui si deve testare il circuito deve essere inferiore a quella di resistenza dei componenti (collettori, tubazioni, valvole, serbatoio, ecc.);
- chiudere l'alimentazione dell'acqua fredda ed il rubinetto di riempimento;





persil



- aprire la valvola di intercettazione che separa il rubinetto di riempimento da quello di scarico;
- fare uscire tutta l'aria dal circuito attivando la pompa di circolazione (tutti gli sfiati sono stati infatti aperti durante la fase di risciacquo);
- esaminare tutto il circuito per individuare eventuali perdite di acqua (rivolgere particolare attenzione ai raccordi tra diversi tratti di tubo e tra tubi e collettori).
- riparare eventuali perdite o sostituire le parti fallate;
- eseguire la coibentazione dei tubi.

Una procedura alternativa è quella di eseguire la prova di tenuta, prima del risciacquo, mediante aria compressa. Il primo passo di questa prova consiste nel ricoprire i punti critici del circuito (i raccordi) con acqua saponata. Il circuito primario viene poi riempito, attraverso il rubinetto di riempimento (a scarico chiuso), con aria proveniente da un compressore. Quando si raggiunge la pressione desiderata, si interrompe il flusso d'aria e si chiude il rubinetto di riempimento. La presenza di bolle di sapone indica i punti in cui l'aria esce e, quindi, le zone in cui la tenuta non è perfetta.

Una volta pulito il circuito solare e verificatane l'impermeabilità, è necessario svuotare il circuito prima di riempirlo con la miscela antigelo. Per tale operazione, sia il rubinetto di riempimento, sia quello di scarico vengono collegati allo scarico dell'acqua e vengono aperti.

1.4.3 Riempimento del circuito

I passi dell'operazione di riempimento sono:

preparare, in un contenitore, la miscela acqua – glicole: la percentuale corretta deve essere calcolata sulla base delle indicazioni del produttore e tenendo conto che la resistenza al gelo deve essere assicurata per una temperatura di almeno 10 °C più bassa rispetto alla temperatura di progetto;

lo stato iniziale dei rubinetti e delle valvole deve essere il seguente:

riempimento: aperto;

scarico: aperto;

intercettazione: chiuso;

sfiati: tutti aperti (sia quelli manuali sia quelli automatici);

posizionare una pompa per il riempimento tra il contenitore e il rubinetto di riempimento;

collegare i rubinetti di riempimento e di scarico al contenitore della miscela;

riempire il circuito fino a quando non esca fluido dal rubinetto di scarico: all'inizio il fluido che esce dallo scarico è solo acqua; dal colore e dalla viscosità si può determinare il momento in cui inizia ad uscire la miscela antigelo; chiudere il rubinetto di scarico;

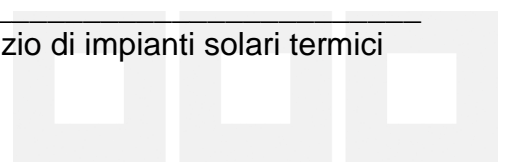
non interrompere il pompaggio e lasciare quindi aperto il rubinetto di riempimento;

attendere finché la pressione sia salita fino al valore iniziale desiderato;

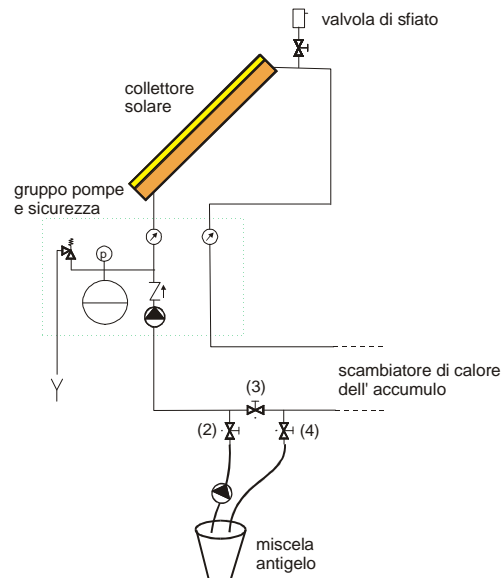
spegnere la pompa e chiudere il rubinetto di riempimento;

aprire la valvola di intercettazione tra il rubinetto di riempimento e quello di scarico;

attivare la pompa di circolazione e fare uscire tutta l'aria dal circuito;



verificare a freddo (la mattina presto) che la pressione iniziale sia pari al valore di progetto; in caso essa sia inferiore, aggiungere altra miscela.



Riempimento del circuito solare

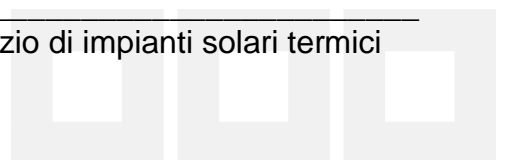
1.4.4 Impostazione della portata

Si è già analizzato, precedentemente, il problema della definizione della portata di fluido nel circuito primario. Per impostare nel circuito il valore della portata calcolato nella fase di dimensionamento, si regola la pompa al regime di esercizio più basso e, tramite un misuratore di flusso, si verifica che il valore raggiunto sia quello di progetto. Se la portata è troppo alta, può essere ridotta facendo passare il flusso attraverso una strozzatura. Se, invece, il valore così ottenuto è inferiore a quello ipotizzato, si deve ripetere la prova regolando la pompa di circolazione a regimi superiori ed effettuando le stesse verifiche fino ad arrivare al valore di progetto.

1.4.5 Esercizio e manutenzione

La fase di esercizio degli impianti solari è una fase molto importante, alla quale bisogna rivolgere la giusta attenzione per non incorrere in brutte sorprese. Un corretto dimensionamento ed un'attenta installazione sono sufficienti a garantire ottime prestazioni del sistema, a patto però che il funzionamento dell'impianto sia costantemente "sorvegliato"; bisogna saper riconoscere i campanelli d'allarme ed eventualmente intervenire con operazioni di manutenzione per ripristinare le corrette condizioni.

Si precisa che tale necessità non è una peculiarità dei sistemi solari e non è, in alcun modo, legata ad una presunta inaffidabilità di tali sistemi. Il trinomio "sorvegliare –



riconoscere – intervenire” è, infatti, una regola che dovrebbe essere applicata a qualsiasi sistema per la produzione di energia, al fine di assicurare la sua durata nel tempo ed ottenere da esso il massimo rendimento. Si pensi, ad esempio, alla periodica ed obbligatoria manutenzione dei tradizionali boiler a gas.

È opportuno sottolineare questo aspetto in particolare per gli impianti solari, essendo tali impianti parte di una tecnologia ancora giovane e spesso bersaglio di facili ed infondate critiche. Prestazioni deludenti dei sistemi solari sono, invece, il più delle volte, dovute non a debolezze della tecnologia, quanto a trascuratezza nelle operazioni di manutenzione. Questo, però, non viene percepito correttamente dall’utente, e conduce all’errata convinzione che il sistema solare “non porta altro che problemi”, anche se queste lamentele equivalgono a quelle di chi non ha rabboccato l’olio nella sua automobile e, trovandosi il motore grippato, crede che sia colpa della marca automobilistica scelta o dei motori a combustione interna più in generale.

Si sottolinea, infine, che l’incidenza economica delle operazioni di manutenzione è piuttosto bassa. Il costo annuale di manutenzione, infatti, va dallo 0,5% al 2% circa del costo totale dell’impianto.

1.4.5.1 Cosa e come controllare

Cosa bisogna “sorvegliare” in un impianto solare per svolgere il primo passo nelle operazioni di controllo e manutenzione? Un controllo rigoroso dovrebbe riguardare, in realtà, tutti i componenti del circuito, ma, sulla base delle esperienze relative a impianti realmente operanti, emerge che gli elementi da controllare con più attenzione sono: collettori, fluido termovettore nel circuito primario, serbatoi di accumulo e tubazioni.

È opportuno che la cadenza dei controlli sui componenti sia semestrale o, al massimo, annuale. Come si noterà dall’elenco che segue dei controlli necessari, che sarà ora esposto, alcune procedure possono essere condotte anche dall’utente, opportunamente istruito allo scopo, senza l’intervento di uno specialista del settore.

Collettori:

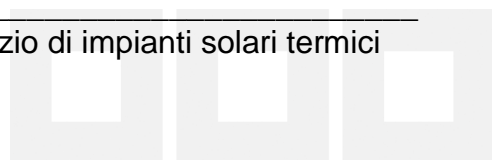
controllo dello stato delle coperture trasparenti e delle superfici esterne per accertare eventuali danni meccanici: questa operazione può essere effettuata mediante ispezione visiva;

verifica della pulizia dei vetri: l’accumulo di polvere o sporcizia può portare a diminuzioni di rendimento, perché riduce la quantità di energia solare raccolta;

controllo del livello del deposito calcareo: ispezione visiva e misurazione della portata attraverso i collettori (una riduzione di portata potrebbe essere indice della presenza di incrostazioni);

verifica della tenuta dei collettori: si può osservare se la copertura trasparente dei collettori risulta appannata internamente; in questo caso, probabilmente, c’è stato un indesiderato ingresso di acqua;

Sostegni dei collettori:





persil



verifica del fissaggio dei collettori sui supporti, soprattutto dopo periodi di vento intenso;

ispezione visuale per verificare l'integrità dei supporti.

Circuito idraulico:

verifica che la temperatura del fluido di mandata sia circa uguale a quella di ingresso nel collettore, vale a dire accertare che il calore proveniente da fonte solare sia "scaricato" completamente sull'utenza o nel serbatoio di accumulo;

verifica che non ci siano state perdite di fluido: a tale scopo, si controlla che la pressione del circuito primario sia pari a quella di progetto;

controllo della tenuta del circuito (soprattutto nei raccordi);

verifica dell'assenza di aria nelle tubazioni e nei collettori; eventuali bolle d'aria sono segnalate da rumori nelle condutture;

controllo dell'integrità della coibentazione e della coppellatura mediante ispezione visiva;

controllo delle prestazioni dell'impianto mediante lettura di eventuali dispositivi di monitoraggio;

controllo dello stato della membrana del vaso di espansione;

controllo di perdite o tracce di usura nella valvole di sicurezza e in quelle di sfiato;

verifica che la portata di fluido termovettore corrisponda al valore di progetto.

Fluido termovettore:

verifica del livello (quantità) di miscela antigelo nel circuito primario;

controllo dell'acidità (il pH non deve scendere al di sotto di 6,6, altrimenti la miscela diventa corrosiva);

verifica di colore, odore e densità.

Altri componenti:

verifica che la pompa di circolazione non si attivi in assenza di sole (ciò porterebbe al trasferimento di acqua fredda ai serbatoi di accumulo) e si attivi invece in presenza di sole;

controllo dello stato di usura della pompa di circolazione;

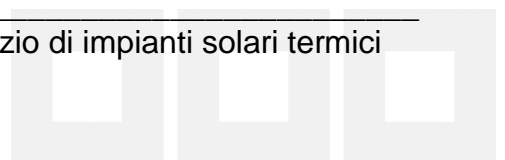
controllo dello stato dell'anodo anticorrosione all'interno del serbatoio di accumulo.

1.4.5.2 Le operazioni di manutenzione e la garanzia

Anche per le operazioni di manutenzione, è opportuno munirsi di una lista di controllo per evitare di incorrere in spiacevoli dimenticanze.

Le operazioni di manutenzione da effettuare si possono catalogare riferendosi ai necessari controlli elencati nel paragrafo precedente. L'incaricato della manutenzione provvederà a sostituire i pezzi affetti da malfunzionamento o, in ogni caso, a ripristinare il corretto funzionamento del circuito.

Solitamente le aziende che realizzano l'installazione forniscono sempre un libretto di manutenzione. Si raccomanda di seguire attentamente le raccomandazioni contenute in tali libretti, poiché, rispetto a quanto qui riportato, forniscono indicazioni specifiche per il



particolare impianto installato. Le informazioni contenute nei libretti di manutenzione riguardano i seguenti argomenti principali

- descrizione della garanzia sui componenti dell'impianto;
- informazioni di base sul funzionamento di un sistema solare;
- metodi per la stima delle prestazioni dell'impianto in fase di esercizio;
- regole da seguire per assicurare un livello ottimale di funzionamento.

La particolare rilevanza del tema della manutenzione è confermato anche dai contratti di manutenzione ad hoc che molti produttori prevedono per i clienti, con possibile assistenza telefonica.

Il tema della manutenzione è strettamente connesso a quello della garanzia. La garanzia per gli impianti solari viene fornita sui singoli componenti o sull'intero impianto a seconda della tipologia dell'azienda (fornitori di componenti oppure installatori finali). Il meccanismo di garanzia più comune è quello della garanzia sui componenti, ma in casi speciali si può avere una garanzia sui risultati, vale a dire sulle prestazioni dell'impianto. Questi casi particolari possono includere gare d'appalto, bandi di finanziamento o impianti di grande taglia.

La garanzia sulle prestazioni "promette" all'utente, in dipendenza dal luogo di installazione, che una data percentuale del suo consumo mensile complessivo di acqua calda sarà fornita dall'impianto solare. Viene quindi installato un misuratore di calore che valuta la quantità di energia termica ceduta dal circuito primario all'accumulo. È opportuno osservare che la garanzia delle prestazioni richiede un monitoraggio preciso e continuo dell'impianto ed è quindi molto costosa. Per questo motivo, spesso risulta applicabile solo nel caso di grandi impianti.

Quando la garanzia non è soddisfatta, il garante si impegna a ripristinare il funzionamento dell'impianto, procedendo eventualmente alla sostituzione dei pezzi guasti.

In merito al periodo di tempo a cui viene estesa la garanzia sui componenti, non è possibile fornire dati univoci, poiché ogni azienda del settore adotta una politica differente. Si possono però fornire dei valori indicativi, evidenziando che solitamente la garanzia sui collettori va da 2 a 10 anni, sui bollitori è di circa 5 anni e per altri componenti (centralina, valvole, ecc.) è di 1 – 2 anni.

