Dossier

Solare termico

Progetto
RES & RUE Dissemination

Realizzato da
ACCOMANDITA

A cura di:

Ing. Marco Prosperi
Ing. Andrea Croci

• INDICE

1. LA RADIAZIONE SOLARE 5

2. TECNICHE PRINCIPALI DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA SOLARE TERMICA A BASSA TEMPERATURA 6

3. TIPOLOGIE DI COLLETTORI SOLARI TERMICI..... 7
   - 3.1. Collettori solari piani.....7
   - 3.2. Collettori solari sottovuoto 7
   - 3.3. Collettori solari a concentrazione.....7

4. CARATTERISTICHE PRINCIPALI DI UN COLLETTORE SOLARE TERMICO 8
   - 4.1. Efficienza 8
   - 4.2. Selettività 9

5. CIRCOLAZIONE NATURALE 10
   - 5.1. Caratteristiche generali 10
   - 5.2. Spaccato di un moderno impianto a circolazione naturale.....11
   - 5.3. Vantaggi della circolazione naturale 12
   - 5.4. Applicazioni tipiche 12
   - 5.5. Criteri di dimensionamento.....12

6. CIRCOLAZIONE FORZATA 14
   - 6.1. Caratteristiche generali 14
   - 6.2. Applicazioni tipiche 14
   - 6.3. Criteri di dimensionamento.....15

7. CIRCOLAZIONE FORZATA A SVUOTAMENTO..... 16

8. ACQUA CALDA SANITARIA PER CONDOMINI 18
   - 8.1. Tipologia 1 18
   - 8.2. Tipologia 2 19

9. RISCALDAMENTO AMBIENTE CON LA TECNOLOGIA SOLARE TERMICA 21

10. RISCALDAMENTO DELL'ACQUA DELLE PISCINE 22

11. RISPARMI ENERGETICI, CONSIDERAZIONI AMBIENTALI E ASPETTI ECONOMICI 23

12. INDIRIZZI UTILI 25

1. La radiazione solare

Dal sole alla terra viaggia un fascio di luce, la Radiazione Solare. Questo fascio di luce è energia elettromagnetica che scaturisce dai processi di fusione dell'idrogeno contenuto nel sole.

L'ammontare di tale energia al di fuori dell'atmosfera è definita dalla costante solare. Si definisce **costante solare** la quantità di energia che viene captata nello spazio fuori dall'atmosfera da una superficie di un metro quadrato, in un secondo, alla distanza media della Terra dal Sole. **(C = 1.367 Watt/m^2)**

L'energia associata all'enorme flusso di radiazioni emesso dal sole e catturato dal nostro pianeta è all'origine della vita e ne permette il perpetuarsi.

Quasi tutte le forme di energia infatti traggono origine direttamente o indirettamente dal sole.

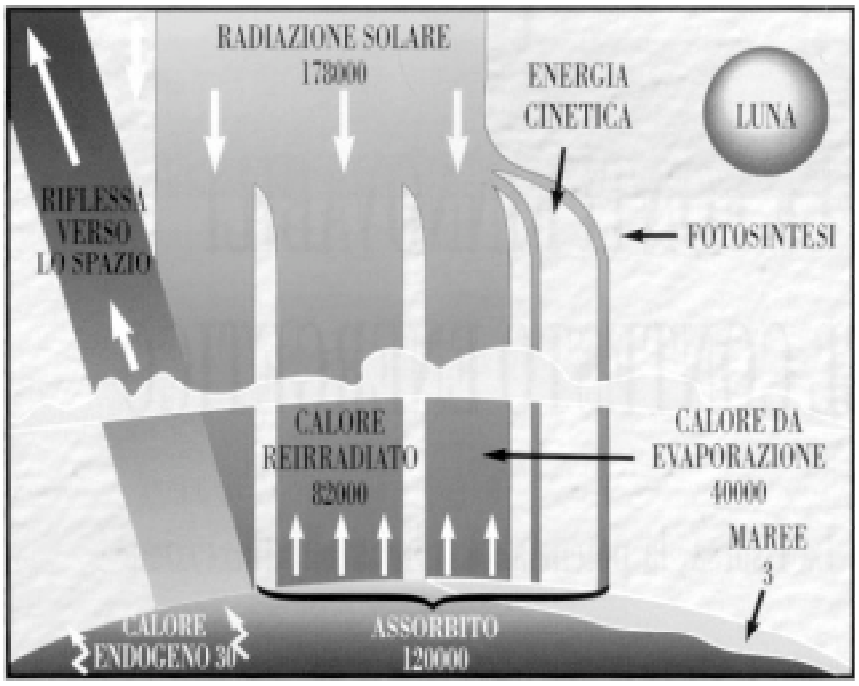


Fig. 1
Diagramma qualitativo del flusso di energie che investono la Terra, in terawatt/anno, Le Scienze*, novembre 1990.*

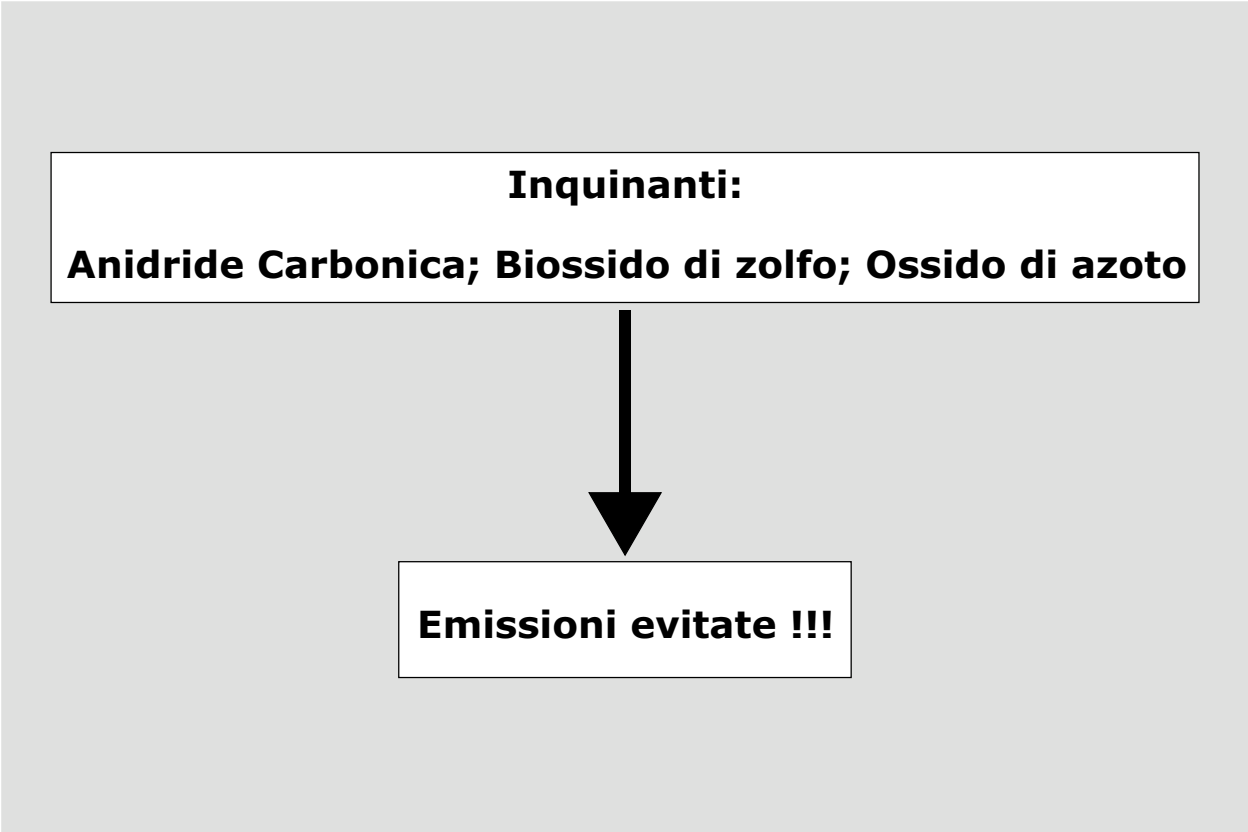
La figura 1) mostra come l'energia solare viene utilizzata dal nostro pianeta.

L'intensità della radiazione solare viene misurata tramite due grandezze fisiche:

- **Insolazione**: Energia media giornaliera **(kWh/m^2 giorno)**
- **Irraggiamento**: Potenza istantanea su superficie orizzontale **(kW/m^2)**

2. Tecniche principali di conversione dell'energia solare termica a bassa temperatura

La tecnologia solare termica è la tecnologia che permette lo sfruttamento della radiazione solare per produrre (o risparmiare) energia attraverso il riscaldamento di un fluido senza rifiuti inquinanti.



Esistono diverse tecnologie per la trasformazione dell'energia solare in energia termica a bassa temperatura.

La suddivisione principale è però fatta fra:

- **Circolazione Naturale**
- **Circolazione Forzata**

La differenza principale fra le due tecniche di conversione sta principalmente nel fatto che nella prima (circolazione naturale) non ci sono elementi impiantistici di tipo elettromeccanico: il **motore** della circolazione naturale è direttamente l'energia solare. Nella seconda (circolazione forzata) il fluido viene fatto circolare da una pompa di circolazione.

3. Tipologie di collettori solari Termici

Un collettore solare consiste in una **piastra captante** che, grazie alla sua geometria e alle proprietà della sua superficie, assorbe energia solare e la converte in calore (conversione fototermica). Tale energia viene poi inviata ad un **fluido termovettore** che circola all'interno del collettore stesso o tubo di calore. La caratteristica principale che identifica la qualità di un collettore solare è l'**efficienza** intesa come capacità di conversione dell'energia solare incidente in energia termica.

Esistono tre principali tipologie di collettori solari: **piani**; **sottovuoto**; **a concentrazione**. I primi si possono suddividere in due ulteriori categorie: **piani vetrati** e **piani scoperti**.

3.1. Collettori solari piani

I collettori solari piani sono la tipologia attualmente più diffusa. Quelli **vetrati** sono essenzialmente costituiti da una copertura in vetro, una piastra captante isolata termicamente nella parte inferiore e lateralmente contenuti all'interno di una cassa metallica o plastica.

Quelli **scoperti** sono normalmente in materiale plastico direttamente esposti alla radiazione solare. L'utilizzo di quest'ultimi è di norma limitato al riscaldamento dell'acqua di piscine.

3.2. Collettori solari sottovuoto

Sono progettati con lo scopo di ridurre le dispersioni di calore verso l'esterno. Infatti il calore raccolto da ciascun elemento (**tubo sottovuoto**) viene trasferito alla **piastra** generalmente in rame, presente all'interno del tubo. In tal modo il fluido termovettore si riscalda e, proprio grazie al vuoto, si minimizza la dispersione di calore verso l'esterno.

Al loro interno la pressione dell'aria è ridottissima, così da impedire la cessione del calore per conduzione da parte dell'assorbitore. In fase di assemblaggio l'aria tra l'assorbitore ed il vetro di copertura viene aspirata, e deve essere assicurata una tenuta perfetta e che rimanga tale nel tempo.

3.3. Collettori solari a concentrazione

I collettori solari **a concentrazione** sono collettori concavi progettati per ottimizzare la concentrazione dell'energia solare in un punto ben determinato (**fuoco**). Sono efficaci solo con luce solare diretta poiché devono seguire il movimento del sole. Questo tipo di collettore, potendo raggiungere alte temperature (400-600 °C), è una scelta logica per generatori solari o centrali elettro-solari.

4. Caratteristiche principali di un collettore solare termico

4.1. Efficienza

Si definisce efficienza di un collettore solare il rapporto fra l'energia (densità di energia) assorbita dal fluido termovettore e l'energia (densità di energia solare) incidente sulla sua superficie. Due tipici grafici di efficienza sono quelli di seguito riportati:

Grafico 1

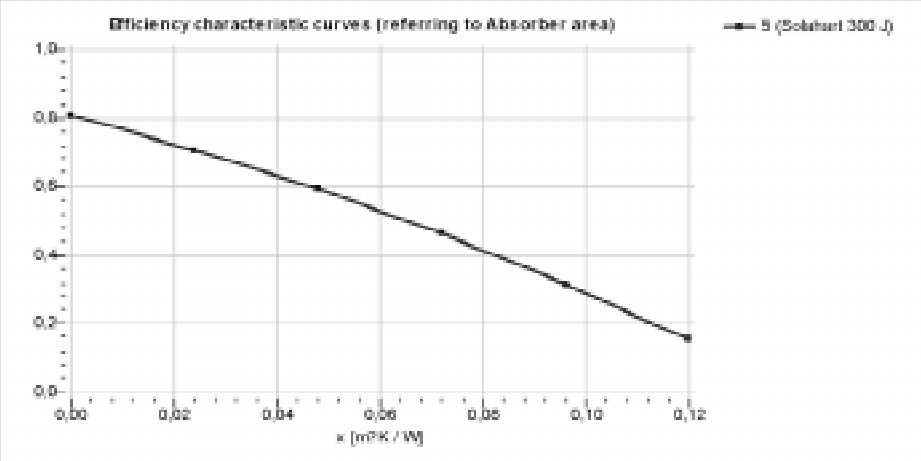
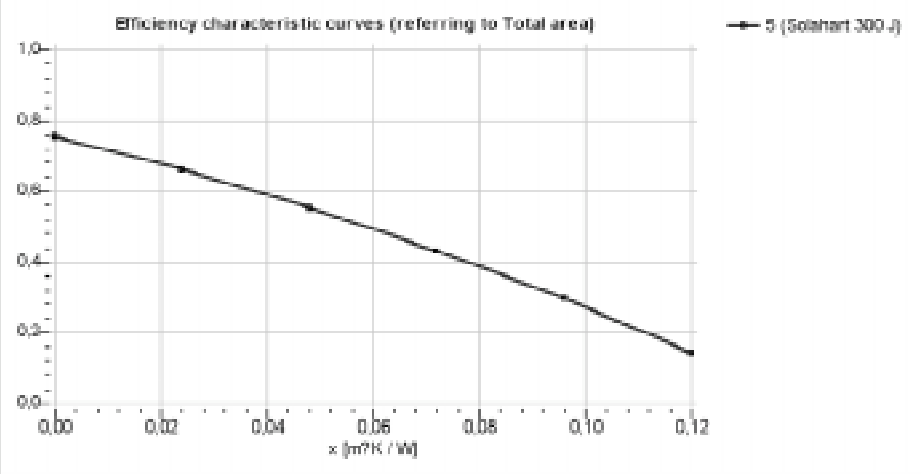


Grafico 2



Nota: Grafici ricavati delle curve di efficienza dichiarate nei test effettuati presso il laboratorio svizzero SPF di Rapperswil (http://www.solarenergy.ch)

Il significato dei valori riportati sull'asse orizzontale è di seguito riportato:

Ascisse = ΔT/G ΔT: Differenza fra temperatura ambiente e temperatura Collettore
G: Irraggiamento solare = 800 W/m^2

Nella pratica, i valori sull'asse orizzontale si possono approssimativamente interpretare nel modo seguente:

Asse orizzontale = 0,025 —> 20 °C di differenza di temperatura fra collettore e ambiente
Asse orizzontale = 0,05 —> 40 °C di differenza di temperatura fra collettore e ambiente
Asse orizzontale = 0,075 —> 60 °C di differenza di temperatura fra collettore e ambiente

Nell'analisi di un grafico di efficienza, una particolare attenzione deve essere posta all'area del collettore considerata:

1. solo della piastra captante -grafico 1
2. area totale del collettore -grafico 2

Tale distinzione è particolarmente importante nel confronto fra efficienze di collettori solari piani e collettori solari sottovuoto.

4.2. Selettività

I collettori solari a piastra selettiva presentano un trattamento elettro-chimico sottovuoto o per pigmentazione in modo da ottenere una superficie con alto coefficiente di assorbimento e basso coefficiente di riflessione fino ad una temperatura di 140° C.

Il trattamento elettrochimico consiste generalmente in un deposito di **cromo nero** su nickel, quello sottovuoto mediante vapori di ossido di titanio, quello per pigmentazione attraverso vernici metalliche.

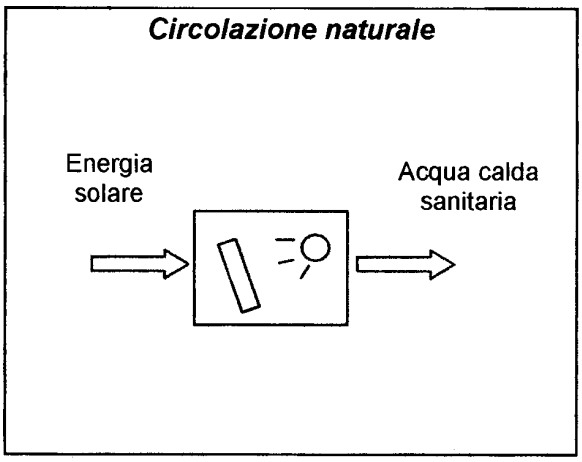


Fig. 2

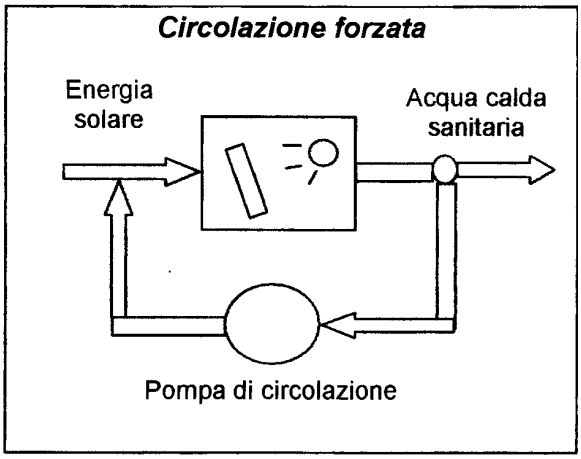


Fig. 3

5. Circolazione Naturale

5.1. Caratteristiche generali

I sistemi a circolazione naturale sono molto semplici, richiedono scarsa manutenzione e possono essere realizzati impiegando dei pannelli solari con basse perdite di carico.

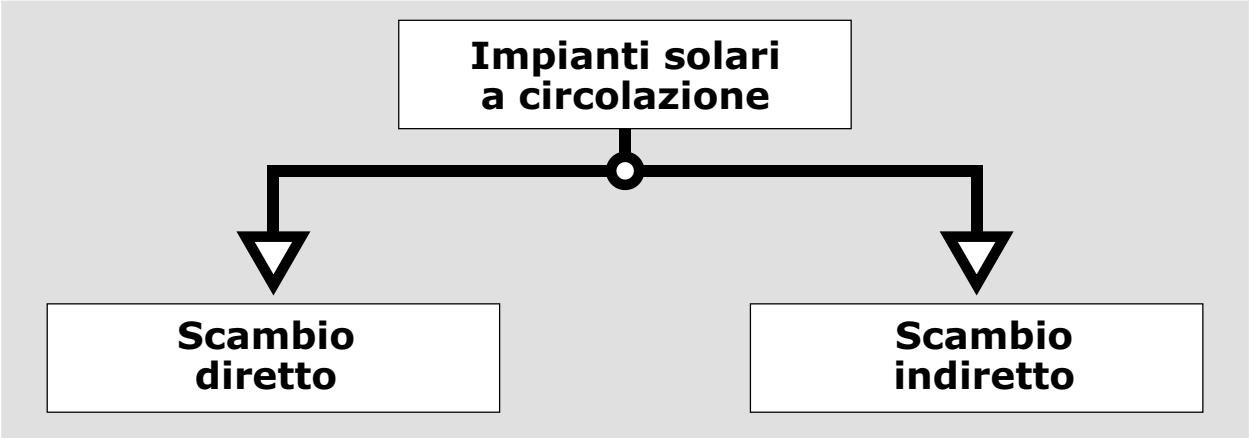
Tutti i sistemi a circolazione naturale si basano sul principio che il fluido del circuito primario, riscaldato dal sole diminuisce la propria densità, diventa più leggero e sale verso l'alto, provocando un movimento naturale del fluido medesimo.

Nei sistemi a circolazione naturale il serbatoio di accumulo dell'acqua deve essere **sempre** posizionato più in alto del pannello ed a breve distanza dal medesimo.

Anche le tubazioni di raccordo tra pannello e serbatoio devono mantenere la stessa inclinazione.

Esistono comunque anche sistemi a circolazione naturale con il serbatoio posizionato dietro il pannello.

Tra gli impianti a circolazione naturale si può fare una ulteriore distinzione fra:



Il principio di funzionamento in entrambi i casi si può così riassumere. Quando l'acqua o il fluido vettore si riscalda nel collettore solare, diminuisce la sua densità. Di conseguenza diminuisce il suo peso, quindi tende a portarsi in alto, mentre l'acqua fredda scende per occupare il posto lasciato libero dall'acqua calda. In questo modo non sono possibili circolazioni inverse poiché il calore rimane sempre più alto.

Alla luce di questo principio fisico (già ampiamente sfruttato nei termosifoni a spinta naturale), è facile intuire il funzionamento di un impianto solare a circolazione naturale.

Gli elementi costitutivi di un impianto solare a circolazione naturale sono:

- collettore/i solare/i
- serbatoio di accumulo/scambiatore

Il collettore piano è connesso in un circuito chiuso con un serbatoio termicamente isolato destinato all'accumulo dell'acqua calda.

Negli impianti a scambio diretto l'acqua scambiata è la stessa che viene riscaldata nei collettori per poi risalire **per termosifone** nell'accumulatore da cui verrà prelevata per l'utilizzo. (fig. 4)

In quelli a scambio indiretto, un fluido (glicole ed acqua demineralizzata) si riscalda nei pannelli solari e sempre "per termosifone" circola in uno scambiatore posto all'interno del serbatoio in cui è accumulata l'acqua calda. (fig. 5)

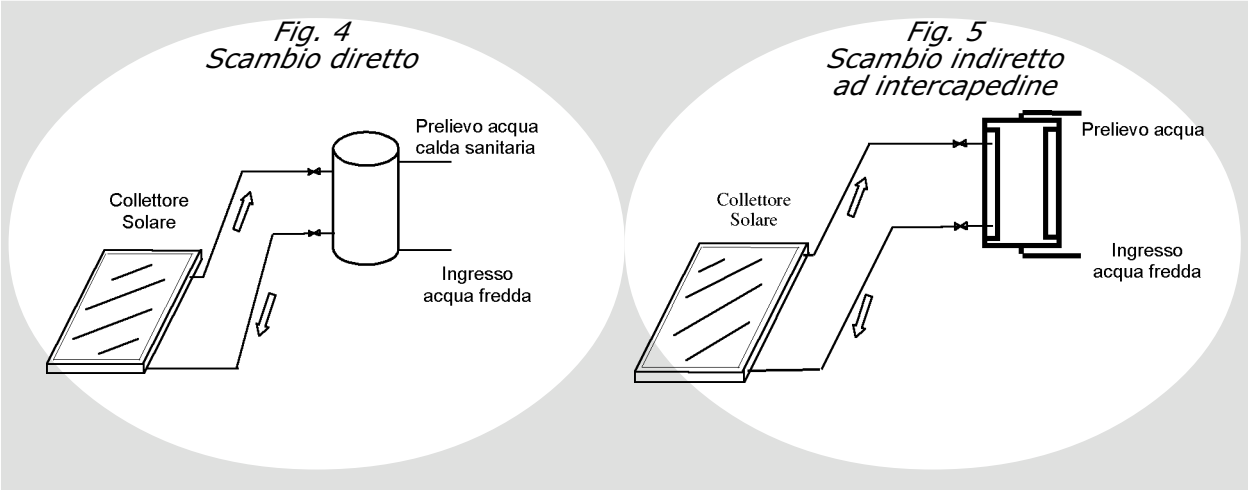


Fig. 4
Scambio diretto

Fig. 5
Scambio indiretto
ad intercapedine

5.2. Spaccato di un moderno impianto a circolazione naturale

L'energia generata dell'irraggiamento solare viene ottimizzata sfruttando le alte prestazioni dei collettori a **superficie selettiva**.

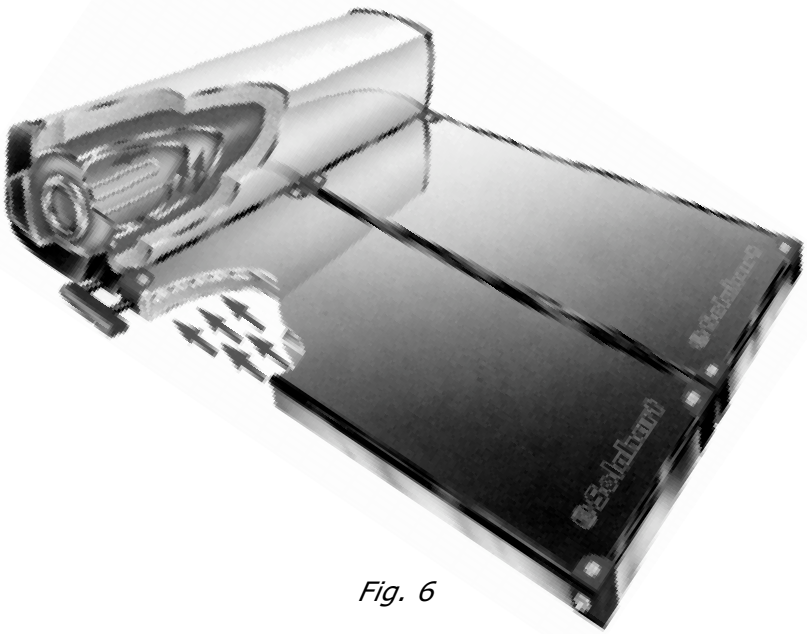


Fig. 6

5.3. Vantaggi della circolazione naturale

1. Velocità di scambio termico commisurata alla differenza di temperatura fra boyler di accumulo e pannelli.
2. Nessuna circolazione inversa durante la notte.
3. Autoregolazione della circolazione.
4. Assenza di pompe di circolazione, centraline e sonde.
5. Installazione rapida ed economica.
6. Manutenzione ridotta al minimo.

5.4. Applicazioni tipiche

L'applicazione tipica della circolazione naturale è la **produzione di acqua calda per uso sanitario**.

Per produzione di acqua per uso sanitario si intende il soddisfacimento dei fabbisogni di acqua calda sanitaria per:

- privati
- comunità
- alberghi
- strutture sportive
- docce
- campeggi

Per questo uso il sistema a circolazione naturale è più competitivo rispetto ad altre tipologie di impianti in quanto risulta essere più affidabile (visto che nell'impianto non ci sono elementi elettromeccanici) e meno costoso (per piccole utenze).

5.5. Criteri di dimensionamento

Per il dimensionamento di un impianto solare è necessario disporre innanzi tutto di alcune informazioni di base, che permettono di individuare il sistema solare più adatto per l'applicazione.

Tali informazioni di base, comuni per il corretto dimensionamento di un qualunque sistema solare, riguardano i dati relativi a:

- le necessità dell'utente e le condizioni di montaggio
- l'orientamento e l'inclinazione delle superfici disponibili per l'installazione
- le condizioni climatiche del luogo
- la globalità del progetto

La conoscenza di questi dati con l'ausilio eventuale di adeguati programmi di simulazione, permettono di determinare il corretto dimensionamento di un impianto solare.

Per quanto riguarda poi il dimensionamento effettivo dell'impianto solare a circolazione naturale, questa operazione si semplifica con l'utilizzo di tabelle o programmi di calcolo estremamente semplici.

Di seguito si riportano a titolo di esempio 2 tabelle indicative per il calcolo del tipo di impianto solare termico a circolazione naturale:

Tabella 1

ABITAZIONI CIVILI		
USO ANNUALE ORIENTAMENTO SUD		
Persone	Italia	
ni	Capacità boiler	Metri quadrati pannelli
1÷3	130÷150	1,8÷2,6
3÷5	200÷300	3,6÷5,2
6÷8	300÷450	5,4÷7,8

Tabella 2

GRANDI IMPIANTI TABELLA DI SCELTA INDICATIVA (CENTRO ITALIA)			
USO ANNUALE IN INTEGRAZIONE ORIENTAMENTO SUD			
Destinazione	Utilizzazione	Capacità accumulo litri	Metri quadrati pannelli
Alberghi	ogni 7 camere	300	6
Cliniche	ogni 20 degenti	300	6
Campeggi	ogni 35 persone	300	6
Comunità	ogni 20 persone	300	6
Ristoranti	ogni 150 coperti	300	6

Per queste tipologie di impianti, la superficie dei collettori solari va aumentata di circa il 10% nel Nord e diminuita del 10% nel Sud.

6. Circolazione Forzata

6.1. Caratteristiche generali

Il principio di funzionamento di un impianto a circolazione forzata differisce da quello a circolazione naturale per il fatto che il fluido, contenuto nel collettore solare, scorre nel circuito chiuso per effetto della spinta fornita da una pompa comandata da una centralina o termostato attivata, a sua volta, da sonde poste sul collettore e nel serbatoio (fig. 7).

Gli elementi costitutivi di un impianto di questo tipo sono:

- collettore/i solare/i
- serbatoio di accumulo/scambiatori
- termostato differenziale o centralina
- sonde di temperatura
- pompa di circolazione
- vaso di espansione
- scambiatore di calore
- valvole

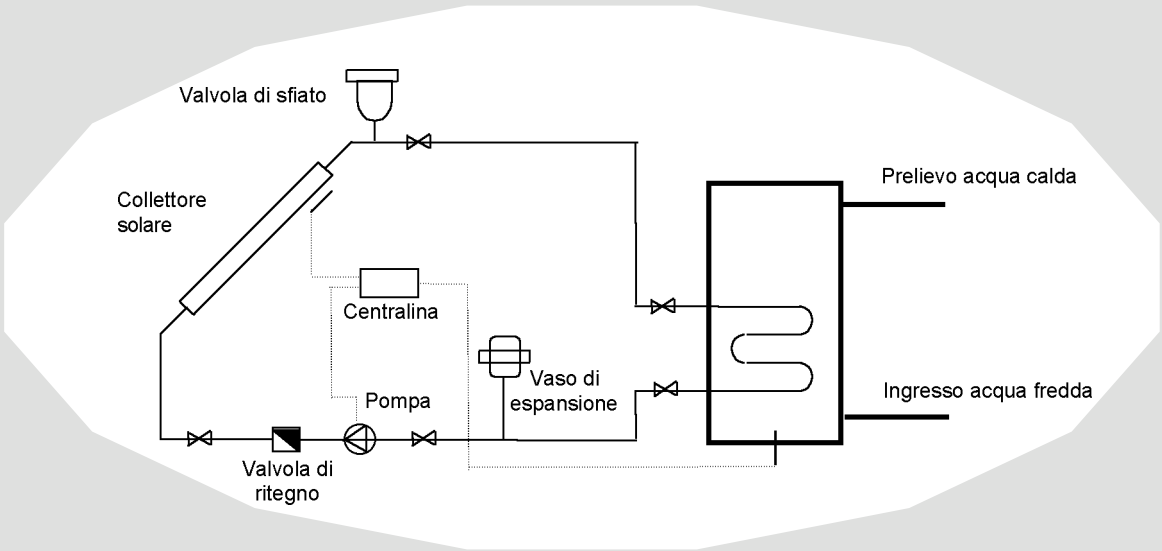


Fig. 7

E' evidente che in un impianto a circolazione forzata la progettazione non è limitata al calcolo della sola superficie di collettori solari, ma è necessario dimensionare anche tutti i rimanenti componenti dell'impianto.

6.2. Applicazioni tipiche

L'applicazione tipica della circolazione forzata è, oltre alla produzione di acqua calda per uso sanitario nei casi in cui la circolazione naturale non è applicabile, il riscaldamento ambiente, il mantenimento in temperatura dell'acqua

di piscina, i condomini e il settore industriale. Per gli approfondimenti circa queste applicazioni si rimanda ai successivi capitoli.

6.3. Criteri di dimensionamento

La progettazione di un impianto a circolazione forzata richiede la suddivisione dell'analisi del problema dimensionamento attraverso diverse fasi.

Così come per la circolazione naturale, preliminarmente è necessario individuare tutte quelle informazioni di base che permettono un dimensionamento accurato dell'impianto ovvero:

- le necessità dell'utente e le condizioni di montaggio
- l'orientamento e l'inclinazione delle superfici disponibili per l'installazione
- le condizioni climatiche del luogo
- la globalità del progetto

La conoscenza di questi dati con l'ausilio eventuale di programmi di simulazione adeguati, permettono di determinare il corretto dimensionamento di un impianto solare.

Successivamente è necessario scegliere il tipo di collettore solare da utilizzare ed in base alle caratteristiche del tipo di collettore scelto, è necessario determinare la superficie dei pannelli solari (e di conseguenza il numero) necessaria per soddisfare i dati iniziali del progetto.

Per avere un'indicazione di massima sulla superficie captante necessaria si può fare riferimento alle tabelle 1 e 2 presenti nel capitolo riguardante la circolazione naturale.

Solo dopo questa fase preliminare è possibile passare all'individuazione ed alla scelta di tutti i rimanenti componenti dell'impianto quali:

- la pompa di circolazione in funzione della quota a cui i collettori solari verranno posizionati ed in funzione del numero massimo di collettori raggruppati in serie.
- il tipo e la capacità del serbatoio di accumulo
- il tipo e la superficie dello scambiatore di calore
- la centralina elettronica di controllo
- la capacità del vaso di espansione

7. Circolazione Forzata a svuotamento

Gli impianti in circolazione forzata **a svuotamento** sono molto simili agli impianti a circolazione forzata tradizionale. Questi impianti permettono però di risolvere alcune delle problematiche proprie degli impianti forzati tradizionali.

Uno dei maggiori problemi della circolazione forzata, se non risolto in fase progettuale, è per esempio la possibilità di surriscaldamento del fluido termovettore.

Infatti, nel caso in cui il calore generato dal sistema solare non fosse utilizzato per un periodo di tempo piuttosto lungo, si ha come conseguenza un surriscaldamento del fluido antigelo. In tutte le condizioni di stagnazione del fluido, lo stesso può raggiungere temperature estremamente alte.

Nel caso in cui si raggiungano temperature tra i 160/170 °C si ha una trasformazione chimica del fluido antigelo, il quale da elemento tipicamente basico assume caratteristiche acide. La conseguenza fondamentale di ciò è che il fluido cessa definitivamente di avere un comportamento antigelo, mettendo così a rischio il corretto funzionamento dell'impianto nel periodo invernale.

Negli impianti forzati **a svuotamento** ciò non accade in quanto sono in grado di far defluire, **ad impianto fermo**, il fluido termovettore dai collettori all'interno di un serbatoio di drenaggio. Generalmente questi impianti vengono commercializzati in KIT, in modo da avere vantaggi simili a quelli della circolazione naturale (progettazione semplificata, unica garanzia su tutti i componenti, etc.). Uno schema indicativo che mostra il principio di funzionamento di un impianto a svuotamento è riportato di seguito:

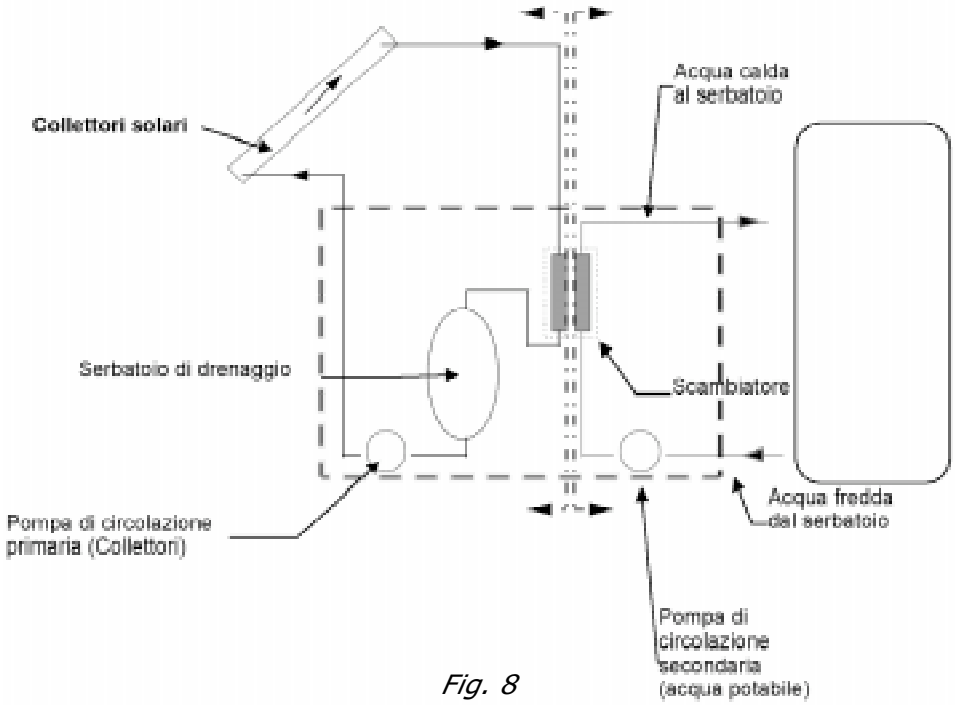


Fig. 8

Il principio di drenaggio del fluido si basa sul fatto che, quando il sistema non sta trasferendo energia, le pompe di circolazione si fermano così da permettere al fluido nel circuito di tornare al serbatoio di drenaggio posto nel sistema. Ciò protegge il fluido da temperature critiche nella schiera di collettori quando il sistema non è operativo.

Il **sistema a svuotamento** è progettato per trasferire automaticamente l'energia solare termica raccolta dai collettori ad un separato sistema di accumulo dell'acqua potabile, usando due circuiti indipendenti di trasferimento.

Il circuito primario o dei collettori, consiste in una schiera di collettori solari, su tetto o supporto, collegati al sistema di trasferimento dell'energia montato a terra, e comunque più in basso rispetto ai collettori solari.

Il fluido del circuito primario di trasferimento per captare energia, che consiste di una miscela di acqua potabile e glicole, è pompato dal serbatoio di drenaggio del sistema, attraverso i collettori solari, verso lo scambiatore dove l'energia raccolta viene trasferita al circuito secondario di acqua potabile.

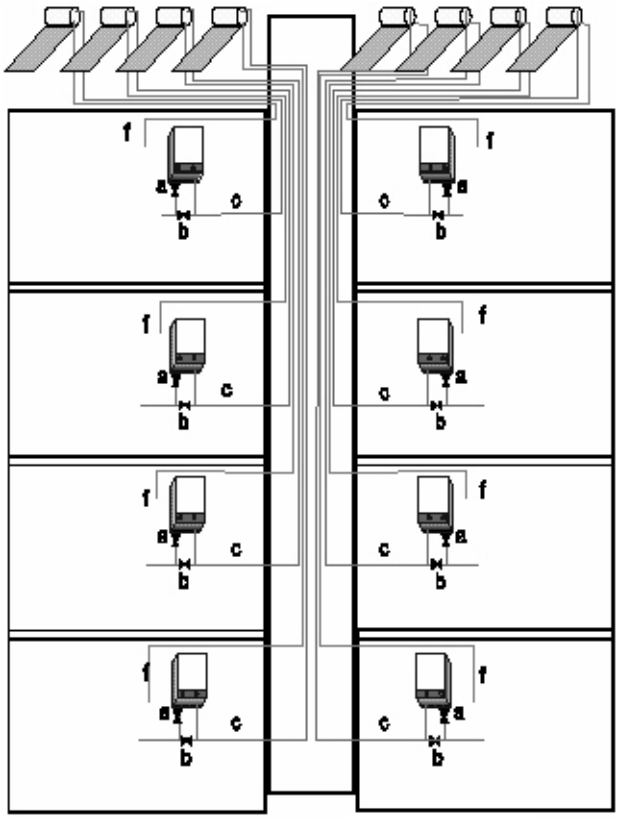
Il circuito secondario è connesso direttamente al serbatoio esistente di acqua potabile usando tubi in rame isolati.

Grazie alla pompa di circolazione secondaria del sistema, l'acqua potabile è pompata dal serbatoio esistente verso lo scambiatore, dove preleva l'energia dal circuito primario, prima di ritornare verso il serbatoio stesso.

8. Acqua calda sanitaria per condomini

Particolare attenzione è necessaria nella progettazione degli impianti per la produzione di acqua calda per i condomini, specialmente in quelli che superano i tre piani.

Fig. 9 - Impianti monoblocco



Estate: a chiusa; b aperta.
Inverno: a aperta; b chiusa.
f: ingresso fredda
c: uscita calda

Dallo schema di principio della figura 9, in cui sono stati utilizzati impianti a circolazione naturale, si può intuire che con questa tipologia si crea spesso un disservizio agli utenti causato dalla lunga attesa nel ricevere l'acqua calda dal boiler solare posto sul terrazzo, con un conseguente inutile spreco d'acqua. Inoltre, il costo dell'installazione dell'impianto risulta elevato per il notevole fascio di tubazioni (isolate termicamente) necessarie a collegare i singoli boiler ai rispettivi appartamenti.

Con questa tecnologia ogni pannello solare fornisce energia solo ad un appartamento, pertanto se esso è vuoto o il numero di utenti è inferiore a quello di previsione progettuale il suo eccesso di energia non viene utilizzato, compromettendo soprattutto nei periodi autunnali e invernali un più razionale utilizzo.

In risposta a queste problematiche applicative si possono utilizzare altre **due tipologie d'impianto solare** (fig. 10 e fig. 11).

Queste, pur lasciando al singolo utente l'autonomia circa i tempi e i modi dell'integrazione, riducendo drasticamente il fascio tubiero di collegamento tra i boiler e i punti di utilizzo dell'acqua calda, sono più economici in fase di installazione, e garantiscono rapidità nell'erogazione dell'acqua calda a tutti gli appartamenti, indipendentemente dal piano in cui sono ubicati.

8.1. Tipologia 1

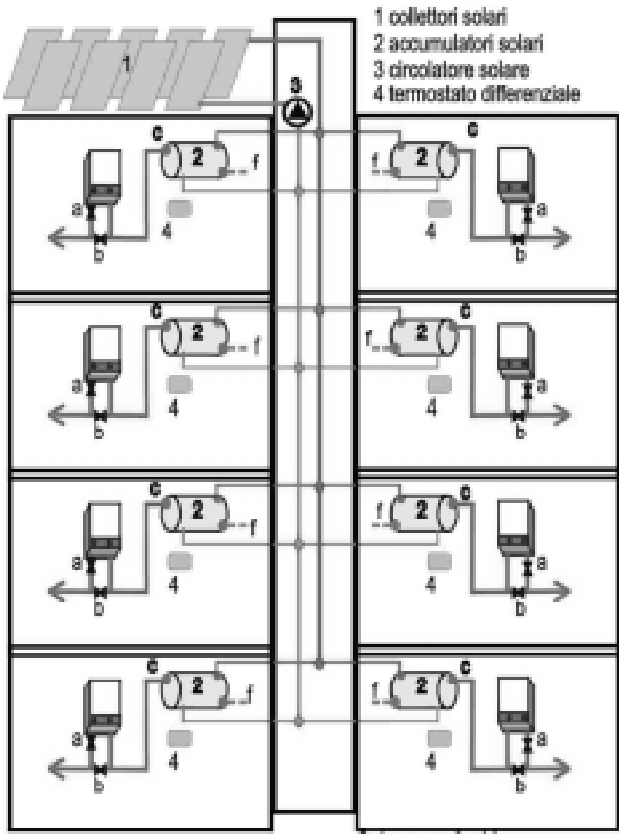
Ciascun utente (vedi figura 10) ha nel proprio appartamento un boiler solare di 120-150 lt, il quale eroga immediatamente acqua calda. Tutti i boiler dei vari appartamenti sono collegati a due soli collettori, di adeguata dimensione, uno di mandata ed uno di ritorno, a loro volta collegati al parco solare, dislocato sul terrazzo.

Il numero di pannelli deve essere tale che la superficie captante non sia inferiore a 2 m^2 *per una famiglia tipo costituita da quattro persone.*

Ciascun boiler è inoltre dotato di una centralina elettronica che misura continuamente la temperatura dello stesso e quella dei pannelli solari: appena si verifica una differenza di temperatura prestabilita, dovuta al riscaldamento dei pannelli, la centralina apre la propria elettrovalvola e avvia un circolatore inserito nel circuito, trasferendo l'energia del parco solare sul proprio boiler.

Questo evento può riguardare contemporaneamente tutti i boiler del condominio. Tuttavia è molto improbabile che in un condominio vi sia la contemporaneità totale degli utenti, quindi in genere si determina un esubero di superficie captante, che va a beneficio degli utenti presenti, fornendo acqua calda anche nei periodi autunnali e invernali, ad eccezione delle giornate piovose o ad elevata nuvolosità, durante le quali interverrà la caldaia a gas, utilizzando portanto alla temperatura desiderata l'acqua preriscaldata dal boiler.

Fig. 10 - Tipologia 1



Estate: a chiusa; b aperta.
Inverno: a aperta; b chiusa.
f: ingresso fredda
c: uscita calda

Le uniche spese condominiali riguardano il consumo elettrico del circolatore che, attivo mediamente 5 ore al giorno, ha un consumo di 0,5 kWh al giorno, nonché il rimbocco periodico del liquido termovettore.

8.2. Tipologia 2

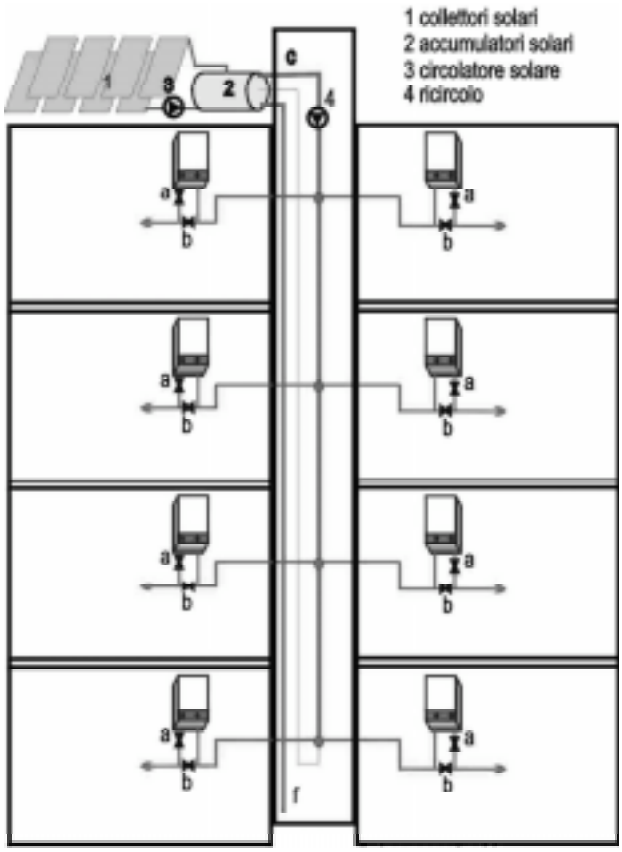
L'impianto (vedi figura 11) è costituito da un boiler e da un numero di pannelli solari dimensionati in funzione del numero di utenti. Il boiler può essere messo sia sul terrazzo che nella centrale termica.

La radiazione solare riscalda il liquido contenuto nei pannelli solari, l'aumento di temperatura viene rilevato dalla centralina elettronica che, confrontandola con quella proveniente dal boiler, dà il via al circolatore e quindi allo scambio termico. Questa situazione permane sino a quando il salto termico è superiore al Δt impostato sulla centralina elettronica.

Questo impianto fornisce acqua calda in modo autosufficiente nei mesi primaverili, estivi ed autunnali (**a chiuso, b aperto**), mentre nel periodo invernale esso

preriscalda l'acqua sanitaria (**a aperto, b chiuso**), utilizzata poi dalla caldaietta a gas o dal boiler elettrico, che ne incrementa la temperatura solo del residuo valore necessario.

Fig. 11 - Tipologia 2



Estate: a chiusa; b aperta.
Inverno: a aperta; b chiusa.
f: ingresso fredda
c: uscita calda

I vantaggi di questa tecnica già collaudata sono:

- **Distribuzione dell'acqua calda:** la presenza di un unico anello per la distribuzione dell'acqua calda permette a tutti gli utenti, anche quelli del piano terra, di usufruirne immediatamente.
- **Conservazione del calore**: l'accumulo di grosse dimensioni ha una minore superficie di contatto con gli agenti atmosferici e di conseguenza una minore dispersione termica.
- **Minori costi di installazione della distribuzione idrica:** un unico tubo di alimentazione dell'acqua fredda ed uno di distribuzione dell'acqua calda.
- **Funzionalità dell'impianto:** con questa tipologia la non contemporaneità dell'utilizzo di acqua calda da parte degli utenti, prolunga il periodo di autosufficienza.
- **Economicità del sistema:** sono previsti uno o due boiler di adeguata capacità invece di tanti boiler quanti sono gli appartamenti.

L'unico costo condominiale di questo impianto è dovuto all'energia elettrica consumata dal circolatore, equivalente a quello di una lampadina di 70 Watt.

Il circolatore verrà collegato all'impianto elettrico del vano scala e funzionerà per 4-5 ore al giorno. Speciali contatori di sottrazione, posti in ogni singola abitazione, permettono di misurare la quantità d'acqua calda consumata da ogni famiglia.

9. Riscaldamento ambiente con la tecnologia solare termica

Il riscaldamento solare degli ambienti rappresenta una grande potenzialità di sviluppo del solare termico, anche se le possibilità pratiche di utilizzo della tecnologia solare sono limitate all'integrazione al riscaldamento con sistemi **a bassa temperatura** (impianti a pavimento, a parete, …).

Infatti, nel caso di riscaldamento con sistemi che utilizzano i radiatori in ghisa o alluminio, la percentuale di integrazione del solare è molto bassa e tale da avere tempi di ammortamento dell'impianto piuttosto lunghi (intorno ai 12-15 anni generalmente), utilizzando comunque collettori solari ad elevate prestazioni.

I sistemi di riscaldamento a bassa temperatura detti **a pavimento**, sono quelli maggiormente compatibili con i sistemi solari, infatti richiedono:

- **Basse temperature di esercizio**. Con acqua calda attorno ai 30° C si può ottenere il riscaldamento dell'ambiente a 20° C.
- **Minori dispersioni termiche**. Rispetto alla temperatura di esercizio dei radiatori (80-85° C), la più bassa temperatura richiesta (30° C) provoca minori dispersioni termiche.

Generalmente gli impianti di riscaldamento a pavimento utilizzano temperature non superiori ai 40° C. Queste temperature coincidono con quelle raggiungibili con i sistemi termici solari nei periodi invernali.

I sistemi solari per l'integrazione del riscaldamento vengono generalmente progettati per coprire fino al 40% dei bisogni di riscaldamento ambiente annuali di una casa. Sistemi che producano energie superiori non risultano essere convenienti, in quanto una parte della potenza extra verrebbe utilizzata solo nei giorni più freddi, mentre resterebbe inattiva negli altri giorni.

Il calore che non viene fornito dal sistema solare può essere prodotto da un sistema ausiliario tradizionale, per esempio una caldaia convenzionale.

10. Riscaldamento dell'acqua delle piscine

Una piscina scoperta non riscaldata ha un ciclo annuale di temperatura che varia a seconda del clima e dell'ubicazione geografica. Ciò limita, nella maggior parte dei casi, l'attività delle piscine scoperte ai soli mesi estivi. Tuttavia la fruibilità di una piscina scoperta, che normalmente copre un arco di tempo pari a circa tre mesi, può essere allungata fino a cinque o sei mesi, nei climi più miti, riscaldando la sua acqua mediante la tecnologia solare.

Più precisamente l'intervento solare in questo tipo di applicazione consiste nel **mantenere** in temperatura l'acqua della piscina, reintegrando con la fonte solare l'energia dispersa dallo specchio d'acqua.

Una piscina richiede un riscaldamento a bassa temperatura e generalmente è necessario mantenere la temperatura dell'acqua non al di sotto di 24°C, preferibilmente sui 27 °C.

Se si dispone di un soleggiamento adeguato, l'acqua filtrata della piscina viene fatta circolare in uno scambiatore di calore dove viene messa a **contatto termico** con il fluido termovettore dell'impianto solare.

In queste applicazioni in genere si utilizzano sistemi a circolazione forzata (meglio se a svuotamento) con collettori a superficie selettiva, in modo tale da ridurre la superficie di pannelli solari necessaria.

Il dimensionamento analitico di una batteria di collettori per il mantenimento in temperatura dell'acqua di una piscina scoperta, è complesso a causa dell'instabilità delle condizioni climatiche che si ripercuotono in modo significativo sulle perdite termiche della piscina.

Il vento per esempio può causare enormi perdite, sia per convezione che per evaporazione dell'acqua dalla superficie della piscina. Anche le perdite da irraggiamento notturno sono abbastanza variabili.

11. Risparmi energetici, considerazioni ambientali e aspetti economici

La resa di un sistema solare termico dipende da vari fattori: condizioni climatiche locali, area e tipo di collettore solare, carico termico, ecc.. Ad esempio la disponibilità di radiazione solare in Europa varia da **830 a 1.660 kWh/mq.** Per un certo carico di acqua calda, il contributo atteso da un sistema solare aumenta a seconda della quantità di energia solare disponibile.

Anche la temperatura ambiente ha un'influenza notevole sulla resa del sistema. Di conseguenza le prestazioni di un impianto possono **variare molto** in funzione della zona di installazione.

Per fare un calcolo del risparmio ottenibile dall'installazione di un impianto solare è necessario calcolare la quantità di combustibile necessaria per conseguire la stessa produzione termica ottenuta con il solare.

E' evidente quindi che un calcolo di ammortamento di un impianto deve tener conto anche della zona di installazione, oltre che delle prestazioni tipiche dell'impianto solare. Ciò evidenzia il fatto che calcoli di questo tipo sono piuttosto complessi e devono comprendere tutte le variabili che concorrono alla produzione solare.

A scopo indicativo, per dare un'idea dei risparmi ottenibili da un impianto solare termico, si forniscono i seguenti dati:

1. Europa settentrionale

Produzione solare	=	400 kWh/mq
Risparmio	=	40 litri di olio combustibile
	=	45 mc di gas naturale
	=	500 kWh di elettricità
	=	105 kg di riduzione di emissioni di CO_2

2. Europa centrale

Produzione solare	=	580 kWh/mq
Risparmio	=	60 litri di olio combustibile
	=	65 mc di gas naturale
	=	725 kWh di elettricità
	=	156 kg di riduzione di emissioni di CO_2

3. Europa meridionale

Produzione solare	=	850 kWh/mq
Risparmio	=	91 litri di olio combustibile
	=	101 mc di gas naturale
	=	940 kWh di elettricità
	=	306 kg di riduzione di emissioni di CO_2

Occorre anche considerare l'impatto ambientale dei materiali usati nella produzione dei sistemi solari termici. I materiali più adatti e meno inquinanti per la costruzione dell'assorbitore solare sono l'acciaio, l'alluminio ed il rame.

Una buona ragione per impiegare sistemi solari termici è la riduzione dei costi energetici. Di conseguenza è opportuno realizzare un'analisi economica molto attenta, in modo da valutare se un particolare sistema solare è economicamente vantaggioso per un determinato progetto.

Le applicazioni termiche dell'energia solare richiedono un investimento iniziale più elevato rispetto ad un impianto termico tradizionale. Tuttavia, una volta che il sistema solare è stato installato, le spese di funzionamento sono minime e consistono unicamente nei modesti costi per il funzionamento ed il controllo del sistema, più eventuali riparazioni e manutenzioni periodiche. I combustibili fossili invece devono essere reperiti e pagati in proporzione alla richiesta termica.

Quindi i benefici che si traggono da un sistema solare consistono nel risparmio sulle spese del combustibile necessario per il funzionamento e l'allungamento della vita della caldaia tradizionale, a causa del non utilizzo durante il periodo **solare**.