



Viessmann S.r.l.

Via Brennero, 56  
37026 Balconi di Pescantina (VR)  
Telefono: +39 045 6768999  
Telefax: +39 045 6700412  
[www.viessmann.it](http://www.viessmann.it)

9449 346 IT 10/2009  
Con riserva di modifiche

# Manuale di progettazione

Solare termico



# Indice dei contenuti

## 10 Introduzione

## 11 Indicazioni per l'utilizzo

## 13 Prefazione

## 14 A Principi fondamentali

### 16 A.1 Potenziali di utilizzo termico dell'irraggiamento solare

17 A.1.1 Il sole come fonte di irraggiamento

20 A.1.2 L'irraggiamento sulla Terra

### 24 A.2 Parametri fondamentali dei collettori solari

25 A.2.1 Rendimento del collettore

27 A.2.2 Temperatura di inattività

27 A.2.3 Potenza utile del collettore

28 A.2.4 Resa del collettore

29 A.2.5 Quota di copertura dell'energia solare

### 30 A.3 Principi di funzionamento di un impianto solare

31 A.3.1 Sistema a circolazione forzata con fluido termovettore

31 A.3.2 Sistema a circolazione forzata con l'acqua come fluido termovettore

32 A.3.3 Sistema drain back

## **35 B Componenti**

### **36 B.1 Collettori**

- 37 B.1.1 Caratteristiche strutturali e funzionali
- 38 B.1.2 Assorbitore
- 41 B.1.3 Denominazioni delle superfici
- 42 B.1.4 Qualità e certificazioni
- 43 B.1.5 Scelta del tipo di collettore idoneo
- 44 B.1.6 Aspetti del fissaggio del collettore
- 52 B.1.7 Collettori come elementi architettonici

### **54 B.2 Accumuli**

- 55 B.2.1 Perché accumulare?
- 56 B.2.2 Principi fondamentali della tecnica di accumulo
- 60 B.2.3 Tipi di accumulo
- 63 B.2.4 Carico dell'accumulo
- 68 B.2.5 Scambiatore di calore

### **70 B.3 Circuito primario**

- 71 B.3.1 Circuito collettori
- 79 B.3.2 Tubazioni
- 82 B.3.3 Sfiato
- 83 B.3.4 Fluido termovettore
- 85 B.3.5 Stagnazione e dispositivi tecnici di sicurezza

## **97 C Scelta dell'impianto e dimensionamento**

### **98 C.1 Progettazione del campo collettori**

- 99 C.1.1 Installazione di impianti a campo unico
- 100 C.1.2 Installazione di impianti a più campi collettori
- 103 C.1.3 Campi collettori con orientamento differente

### **104 C.2 Dimensionamento**

- 105 C.2.1 Dimensionamento di un impianto per la produzione d'acqua calda sanitaria
- 117 C.2.2 Dimensionamento di un impianto per l'integrazione riscaldamento con sistema solare termico
- 124 C.2.3 Profili di utilizzo negli usi industriali
- 125 C.2.4 Riscaldamento acqua di piscina
- 130 C.2.5 Climatizzazione con impianto solare

### **132 C.3 Abbinamento con fonti di energia rinnovabile**

- 133 C.3.1 Impianti solari in abbinamento a caldaie a biomassa
- 134 C.3.2 Impianti solari in abbinamento a pompe di calore

### **136 C.4 Simulazione del funzionamento dell'impianto con ESOP**

**140 D Regolazione solare****142 D.1 Funzioni della regolazione**

143 D.1.1 Funzioni principali

145 D.1.2 Funzioni supplementari

**150 D.2 Controllo di funzionamento di resa**

151 D.2.1 Controllo di funzionamento

152 D.2.2 Controllo di resa

**157 E Funzionamento dell'impianto****158 E.1 Messa in funzione e manutenzione**

159 E.1.1 Condizioni di pressione nell'impianto solare

161 E.1.2 Operazioni preliminari per la messa in funzione

163 E.1.3 Procedimento della messa in funzione

167 E.1.4 Controllo del fluido termovettore a base di glicole

**168 E.2 Formazione di condensa nei collettori solari piani****173 Appendice****174 Indicazioni sulla redditività****178 Indicazioni per gli impianti di grandi dimensioni****180 Indice analitico****185 L'azienda Viessmann****186 Il programma completo Viessmann****188 Colophon**



## Introduzione

Questo manuale descrive e chiarisce i principi fondamentali per la progettazione, l'installazione e il funzionamento di un impianto solare termico. Può essere utilizzato come opera per la consultazione, come documentazione per i corsi di formazione e perfezionamento, oppure come supporto in fase di consulenza.

### Indicazioni per l'utilizzo

La scelta e la ponderazione dei temi si concentrano sui settori più rilevanti per la progettazione. I suggerimenti pratici vengono forniti solo se sono utili per l'installazione di un impianto solare. Nel capitolo "Tubazioni", ad esempio, vengono descritti dettagliatamente temi specifici come la dilatazione lineare o la protezione dell'isolamento sul tetto, ma non si trovano indicazioni per la saldatura delle tubazioni dell'impianto solare.

Le immagini contenute nel manuale servono a comprendere meglio i singoli componenti, l'impianto idraulico e la regolazione di un impianto solare e semplificano la decisione progettuale per la scelta di un sistema. Per questa ragione molte illustrazioni sono schematiche e ridotte all'essenziale.

Per l'attività progettuale questo manuale viene integrato dalla consueta documentazione tecnica Viessmann. Per la progettazione sono disponibili i dati tecnici con le istruzioni di dimensionamento e rendimento dei componenti, nonché schemi d'impianto completi di tutti i componenti. Inoltre, in questo manuale si trovano indicazioni relative alla disponibilità di software specifici, presenti in Internet all'indirizzo [www.viessmann.it](http://www.viessmann.it).



## Prefazione

In tutto il mondo la situazione energetica è caratterizzata dalla diminuzione delle riserve di combustibili fossili, a fronte dei maggiori consumi e di un drastico aumento dei prezzi. Inoltre le crescenti emissioni di CO<sub>2</sub> riscaldano la nostra atmosfera e causano un pericoloso mutamento climatico.

Questa situazione costringe a un utilizzo responsabile dell'energia. Sono quindi necessarie sia una maggiore efficienza energetica che l'impiego massiccio delle energie rinnovabili. In quanto maggior responsabile del consumo di energia, il mercato del calore può contribuire considerevolmente al risparmio di energia e CO<sub>2</sub>, utilizzando una tecnica del riscaldamento innovativa ed efficiente.

Fanno parte dell'offerta completa di Viessmann le soluzioni di sistema per tutte le fonti di energia che riducono il consumo di combustibile per un approvvigionamento di calore sicuro e tutelano l'ambiente grazie alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Che si tratti di caldaie a condensazione a gasolio o a gas, di caldaie a pellet o pompe di calore geotermiche, l'integrazione ideale per tutti i generatori di calore è un impianto solare termico per la produzione d'acqua calda e l'integrazione del riscaldamento.

Un impianto solare può far risparmiare dal 70 al 90% di energia necessaria per la produzione d'acqua calda sanitaria. Gli impianti solari che integrano anche il riscaldamento abbassano ulteriormente i costi dell'energia e consentono di risparmiare anche oltre il 40% dei costi di riscaldamento e produzione d'acqua calda annui.

L'integrazione del solare termico nei sistemi di riscaldamento presuppone componenti singoli perfettamente integrati tra loro, al fine di ottenere la massima resa e tenere sotto controllo i costi. A tale scopo è fondamentale una corretta progettazione dell'impianto. Da oltre 30 anni Viessmann si dedica allo sviluppo e alla

produzione di efficienti sistemi per l'utilizzo dell'energia solare e vanta quindi una consolidata esperienza nel settore. Desideriamo mettere a vostra disposizione quest'esperienza anche grazie al presente manuale per la progettazione.

Per la scelta dei temi abbiamo focalizzato la nostra attenzione sulla sicurezza progettuale e d'installazione degli impianti solari. Perché una progettazione corretta e un'esecuzione a regola d'arte sono condizioni fondamentali non solo per l'esercizio efficiente di un impianto solare, ma anche per la sicurezza delle persone e degli edifici.

Sono convinto che questo manuale per la progettazione costituirà un ottimo supporto per tutti coloro che desiderano sfruttare le straordinarie opportunità nel futuro mercato del solare termico.

A tutti gli utenti auguro quindi buon lavoro.

Dott. Martin Viessmann





## Principi fondamentali

Per poter sfruttare gli enormi potenziali dell'irraggiamento solare sono necessari buoni componenti e sistemi tecnicamente all'avanguardia.

L'energia del sole può essere utilizzata in modo attivo o passivo. Per utilizzo passivo si intende l'utilizzo diretto della radiazione (ad es. attraverso finestre, giardini d'inverno), quindi senza attrezzature tecniche.

Per l'utilizzo attivo dell'energia solare sono invece disponibili diverse tecnologie. Oltre alla produzione di calore (solare termico), il sole può essere anche utilizzato per la produzione di energia (fotovoltaico). Questo manuale tratta esclusivamente il settore del solare termico.

Un principio fondamentale dello sfruttamento dell'energia solare termica è l'irraggiamento solare disponibile sulla terra che è indipendente dalla stagione, dal luogo e dalla superficie di utenza.

Il collettore (dal latino: collegere = raccogliere) è un componente essenziale per l'utilizzo dell'irraggiamento solare e viene descritto in questo capitolo nei parametri fondamentali. Dall'integrazione di ulteriori componenti, nasce un impianto solare termico che può essere utilizzato per svariati impieghi.

### **16 A.1 Potenziali di utilizzo termico dell'irraggiamento solare**

- 17** A.1.1 Il sole come fonte di irraggiamento
- 20** A.1.2 L'irraggiamento sulla Terra

### **24 A.2 Parametri fondamentali dei collettori solari**

- 25** A.2.1 Rendimento del collettore
- 27** A.2.2 Temperatura di inattività
- 27** A.2.3 Potenza utile del collettore
- 28** A.2.4 Resa del collettore
- 29** A.2.5 Quota di copertura dell'energia solare

### **30 A.3 Principi di funzionamento di un impianto solare**

- 31** A.3.1 Sistema a circolazione forzata con fluido termovettore
- 31** A.3.1 Sistema a circolazione forzata con l'acqua come fluido termovettore
- 32** A.3.3 Sistema drain back



## Potenziali di utilizzo termico dell'irraggiamento solare

**Il sole è la fonte di energia più affidabile e duratura a disposizione dell'umanità.**

Dal punto di vista tecnologico le possibilità di utilizzare questa fonte di energia per la produzione di calore quotidiane sono ormai ampiamente mature. Il potenziale per l'utilizzo effettivo dell'energia solare, invece, è ancora tutt'altro che esaurito.

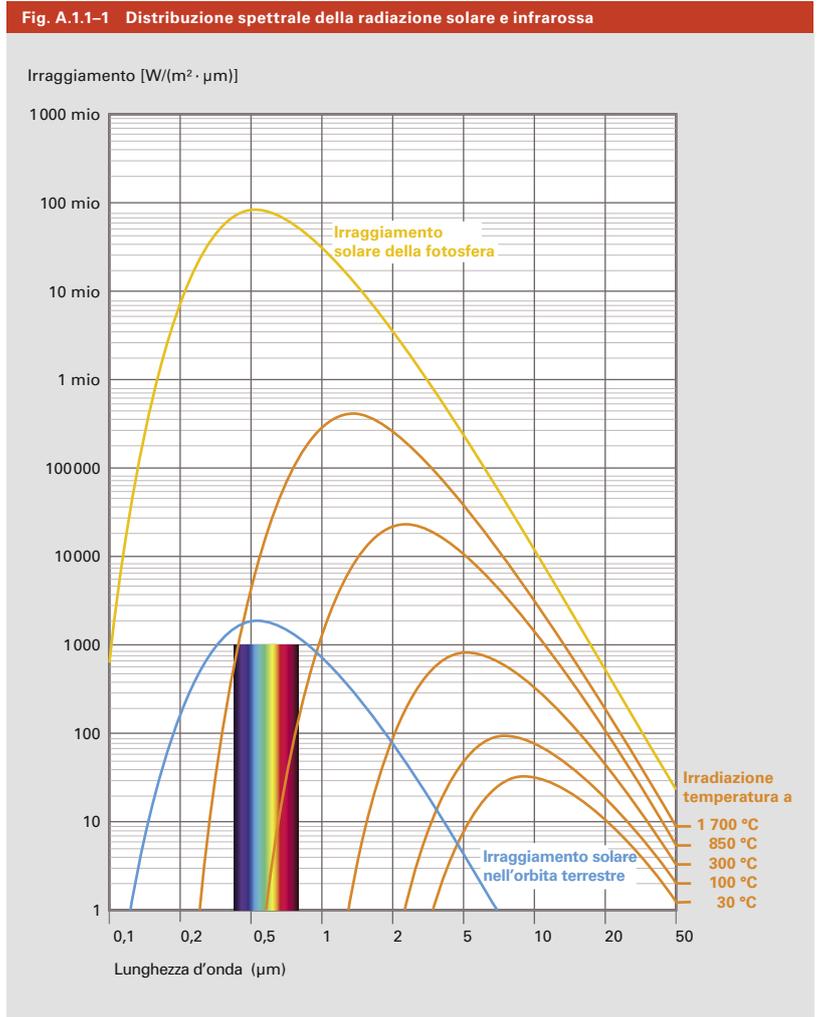
In questo capitolo viene descritto come viene composta la radiazione solare utilizzabile, quali sono le caratteristiche del "combustibile sole" e come l'energia radiante gratuita possa essere utilizzata in modo efficace. In una prima panoramica vengono illustrati e messi a confronto gli impianti solari più comuni.

Queste conoscenze fondamentali costituiscono la base per una produzione di energia termica solare corretta e a regola d'arte.

### A.1.1 Il sole come fonte di irraggiamento

La radiazione deriva da tutte le fonti di irraggiamento in diverse lunghezze d'onda. La lunghezza delle onde dipende dalla temperatura, mentre l'intensità della radiazione cresce all'aumentare della temperatura. Fino a una temperatura di 400 °C un corpo irradia nel campo a infrarossi ad onde lunghe e non ancora visibili; al di là di esso comincia il campo della radiazione visibile. I metalli incandescenti a 850 °C irradiano già luce visibile. Da ca. 1 700 °C le lampade alogene emettono luce quasi bianca e una percentuale ridotta di radiazioni ultraviolette ad onde corte, non più visibili.

Lo spettro completo delle diverse lunghezze d'onda di una fonte di irraggiamento si chiama distribuzione spettrale.



Con l'aumento della temperatura aumentano l'irraggiamento e la percentuale di radiazioni ad onde corte.

### Potenza irradiata del sole

Data la sua temperatura elevata il sole è una fonte di irraggiamento particolarmente intensa. Il campo della radiazione solare visibile rappresenta solo una piccola parte dello spettro completo, ma ha la massima intensità di radiazione.

All'interno del sole hanno luogo i processi di fusione nucleare durante i quali gli atomi di idrogeno si fondono in atomi di elio. Dal difetto di massa che ne deriva (la massa di un nucleo di elio è minore della somma delle sue singole parti) di oltre quattro milioni di tonnellate al secondo viene liberata energia che riscalda l'interno del sole a una temperatura

di ca. 15 milioni di gradi Celsius.

Sulla superficie del sole (fotosfera) la temperatura è pari solo a circa 5 500 °C. Qui l'energia viene sprigionata in forma di radiazione e l'intensità di questa radiazione corrisponde a una potenza di 63 MW/m<sup>2</sup>. Nel corso di una giornata, per ciascun metro quadrato viene irradiata un'energia di 1 512 000 kWh che corrisponde al contenuto d'energia di circa 151 200 litri di gasolio.

## A.1 Potenziali di utilizzo termico dell'irraggiamento solare

### Costante solare

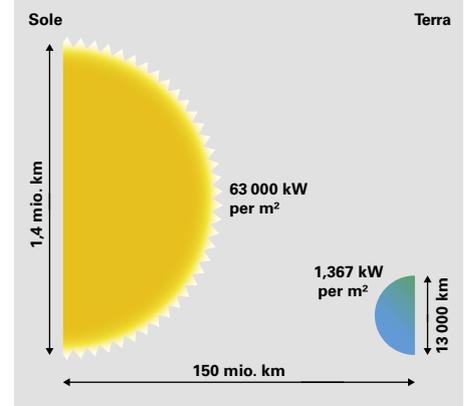
Il Sole ha quasi cinque miliardi di anni ed è destinato a sopravvivere per circa altrettanti. Ha un diametro di 1,4 milioni di chilometri, mentre il diametro della Terra è di soli 13 000 km. A causa della grande distanza dalla Terra (circa 150 mio km) l'enorme potenza irradiata del Sole è ridotta al punto da consentire la vita sul nostro pianeta.

Grazie a questa distanza, la potenza irradiata media diminuisce fino alla fascia più esterna dell'atmosfera terrestre raggiungendo un irraggiamento pari a  $1367 \text{ W/m}^2$ . Questo valore è un valore fisso e viene denominato costante solare; è definito dalla World Meteorological Organization (WMO), un'organizzazione delle Nazioni Unite (UN). L'irraggiamento effettivo oscilla di  $\pm 3,5 \%$ . Data l'orbita ellittica della Terra intorno al Sole, la distanza della Terra dal Sole non è costante e si aggira tra 147 mio e 152 mio di km. Inoltre varia anche l'attività del Sole.

### Influsso di latitudine e stagione

Mentre la Terra gira annualmente intorno al Sole, il suo asse nord-sud è inclinato di  $23,5^\circ$  rispetto all'asse della sua orbita. Da marzo a settembre è maggiormente rivolto verso

Fig. A.1.1-2 Rapporto tra il Sole e la Terra

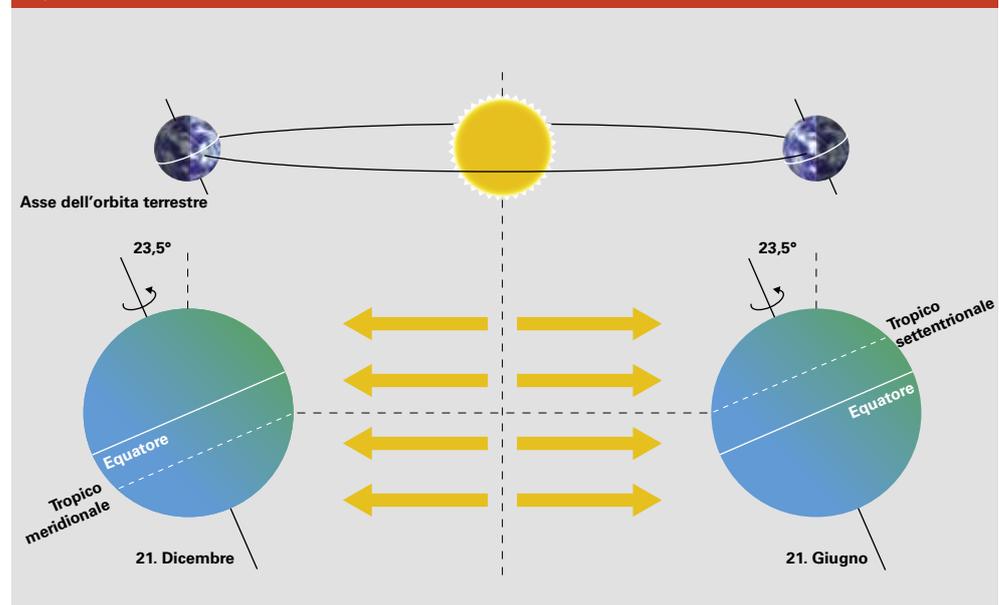


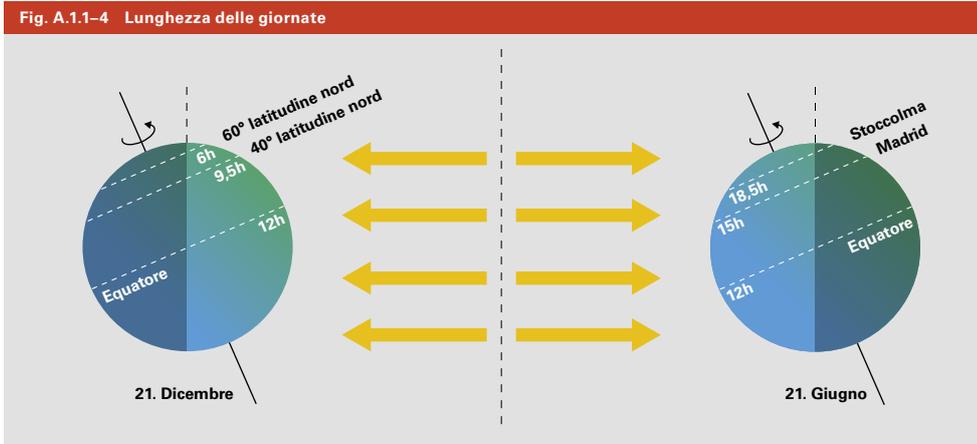
il Sole l'emisfero settentrionale, mentre da settembre a marzo l'emisfero meridionale. Questa è la ragione delle diverse lunghezze delle giornate d'estate e d'inverno.

La lunghezza della giornata, però, è determinata anche dalla latitudine, ovvero più ci si sposta verso nord, più le giornate si allungano (d'estate) o si accorciano (d'inverno). A Stoccolma, ad esempio, il 21 giugno ha una giornata di 18 ore e 38 minuti, mentre a Madrid solo di 15 ore e 4 minuti. Nel semestre invernale è esattamente il contrario. Il 21 dicembre Madrid ha una durata del giorno di 9 ore e 18 minuti, mentre Stoccolma solo di 6 ore e 6

L'inclinazione dell'asse terrestre mentre la Terra gira intorno al Sole causa le differenze di durata di irraggiamento, quindi il cambio delle stagioni.

Fig. A.1.1-3 Il movimento della Terra intorno al Sole





La durata del giorno dipende dalla latitudine e dalla stagione.

minuti.

Posizione più alta il 21 dicembre:

$$H_s = 90^\circ - \text{latitudine} - 23,5^\circ$$

**Esempio**

Venezia è situata a 45,4° di latitudine nord. Considerando l'angolo dell'asse terrestre pari a 23,5°, ne consegue che l'altezza del sole raggiunge il valore massimo (68,1°) a mezzogiorno del 21.06.

Alle ore 12 del 21 dicembre l'altezza sull'orizzonte misura soltanto 21,1°.

Nell'emisfero settentrionale, spostandosi verso sud, aumenta l'altezza del sole a mezzogiorno, cioè l'angolo di incidenza aumenta al diminuire della latitudine. Il punto massimo di 90° del sole sull'orizzonte (sole allo zenit) si verifica all'interno della fascia tropicale.

**Esempio**

**Stoccolma (59,3°):**  $H_s = 90^\circ - 59,3^\circ - 23,5^\circ = 7,2^\circ$

**Venezia (45,4°):**  $H_s = 90^\circ - 45,4^\circ - 23,5^\circ = 21,1^\circ$

**Madrid (40,4°):**  $H_s = 90^\circ - 40,4^\circ - 23,5^\circ = 26,1^\circ$

L'altezza solare a mezzogiorno varia di circa 47° nel corso di un anno.

La posizione individuata dall'angolo formato dal sole sull'orizzonte più alta o più bassa riferita alla latitudine si può calcolare con le seguenti formule:

Posizione più alta il 21 giugno:

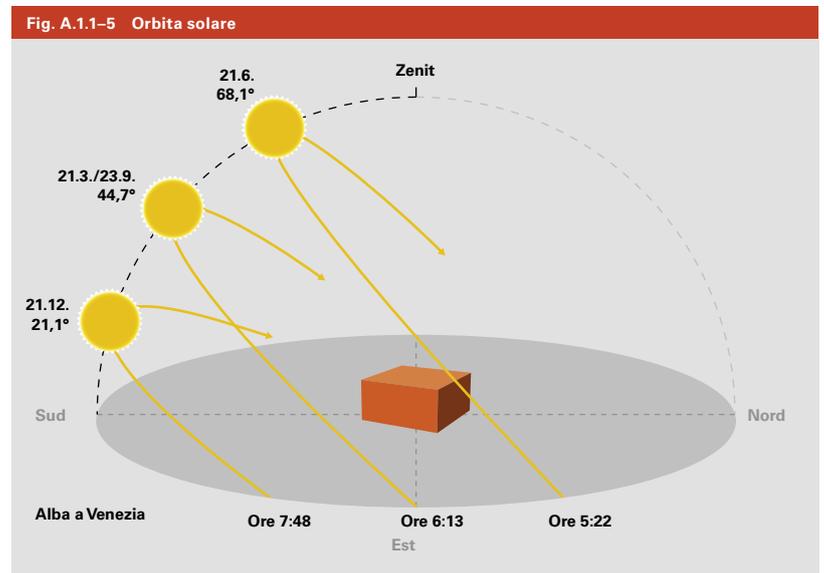
$$H_s = 90^\circ - \text{latitudine} + 23,5^\circ$$

**Esempio**

**Stoccolma (59,3°):**  $H_s = 90^\circ - 59,3^\circ + 23,5^\circ = 54,2^\circ$

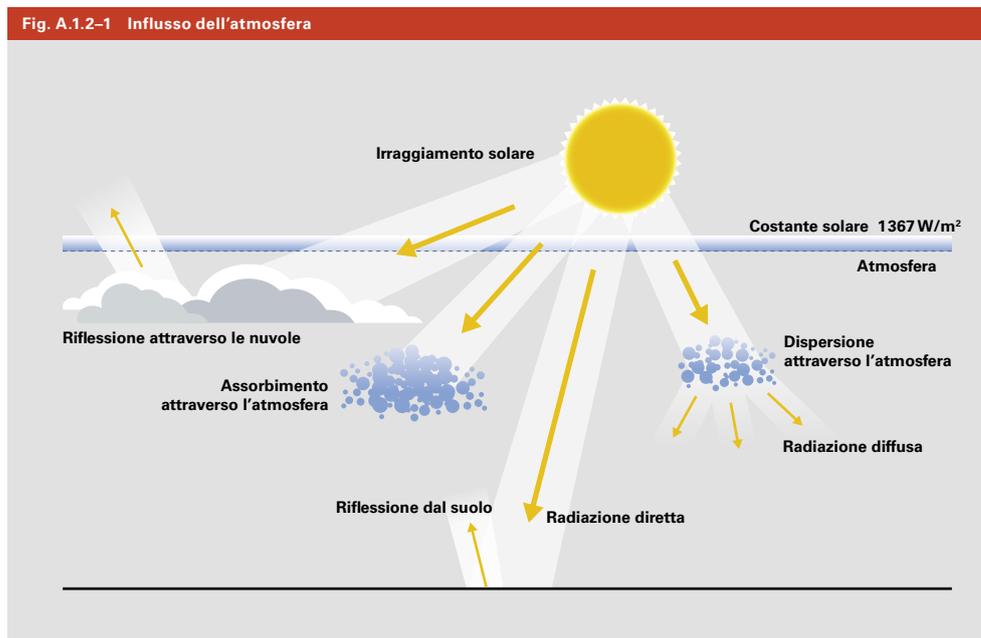
**Venezia (45,4°):**  $H_s = 90^\circ - 45,4^\circ + 23,5^\circ = 68,1^\circ$

**Madrid (40,4°):**  $H_s = 90^\circ - 40,4^\circ + 23,5^\circ = 73,1^\circ$



## A.1 Potenziali di utilizzo termico dell'irraggiamento solare

L'atmosfera riduce la potenza irradiata del sole. Una parte della radiazione viene assorbita e riflessa. L'altra parte raggiunge la superficie terrestre come radiazione diffusa e diretta.



### A.1.2 L'irraggiamento sulla Terra

#### Irraggiamento globale

Dei  $1367 \text{ W/m}^2$  di irraggiamento (costante solare) per l'influsso dell'atmosfera giungono al massimo circa  $1000 \text{ W/m}^2$  sulla superficie terrestre. L'atmosfera agisce in modo diverso sullo spettro d'irraggiamento complessivo. Gli strati di nuvole riflettono una parte della radiazione, mentre un'altra parte viene assorbita dall'atmosfera. Altri componenti fondamentali della radiazione vengono rifratti attraverso gli strati più densi dell'atmosfera o attraverso le nuvole e diventano così radiazione diffusa. Una parte della radiazione raggiunge la Terra direttamente.

La parte di radiazione che raggiunge la Terra viene riflessa o assorbita direttamente dalla superficie terrestre. Attraverso l'assorbimento viene riscaldata la superficie terrestre. Anche il riflesso genera la radiazione diffusa.

La somma di radiazione diffusa e diretta è denominata irraggiamento globale. In Italia la percentuale di radiazione diffusa dell'irraggiamento globale è pari a circa il 50 % come media annua (d'estate di meno, d'inverno di più).

Nelle applicazioni della tecnica solare la differenza tra radiazione diretta e diffusa è particolarmente interessante per i sistemi a concentrazione (specchi parabolici o scanalati) poiché questi sistemi utilizzano esclusivamente la radiazione diretta (vedi capitolo C.2.6).

#### Air Mass

L'irraggiamento sulla superficie terrestre viene determinato anche dalla lunghezza della traiettoria della radiazione attraverso l'atmosfera. Questo effetto riducente viene denominato Air Mass (AM), "massa d'aria" ed è determinato dall'angolo d'incidenza della radiazione solare.

La traiettoria più breve è costituita dall'incidenza verticale della radiazione ( $= 90^\circ$ ) e viene denominata AM 1. Più lunga è la traiettoria fino alla superficie terrestre, maggiore è l'effetto riducente dell'atmosfera.

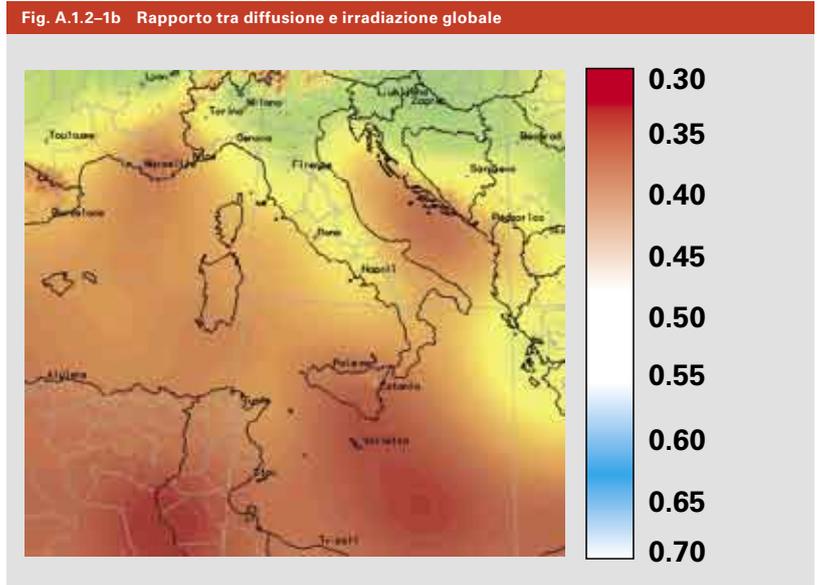
**Irraggiamento**

La potenza irradiata su una determinata superficie viene denominata intensità di irraggiamento. Dal punto di vista della fisica, l'irraggiamento è una potenza per unità di superficie e viene misurata in watt per metro quadrato ( $W/m^2$ ). L'irraggiamento solare varia considerevolmente, da circa  $50 W/m^2$  con il cielo molto coperto a  $1000 W/m^2$  con il cielo sereno.

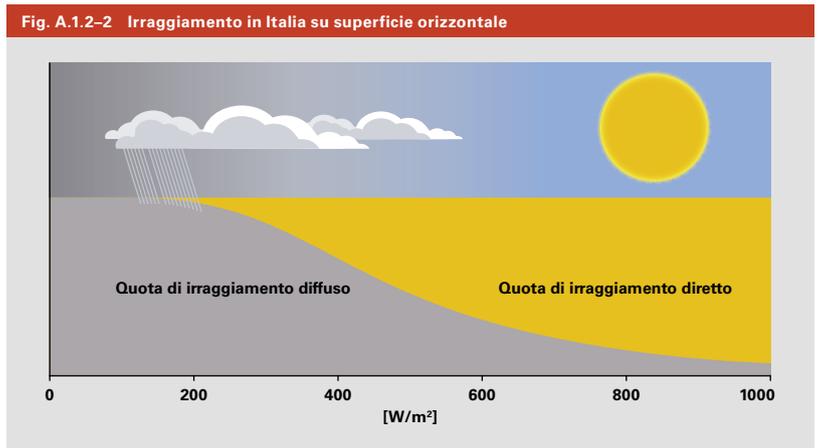
Per poter calcolare la quantità di irraggiamento solare che viene effettivamente trasformata in energia termica solare deve essere anche considerata la durata dell'irradiazione. Come energia si definisce quindi la potenza in un determinato periodo di tempo e la relativa unità di misura è il wattora (Wh). L'energia dell'irraggiamento globale viene indicata in quote giornaliere, mensili o annuali.

L'irraggiamento giornaliero massimo sulla superficie orizzontale in Italia (Venezia) nella stagione estiva è di  $9 kWh/m^2$ , nei giorni di sole della stagione invernale è di  $4 kWh/m^2$ .

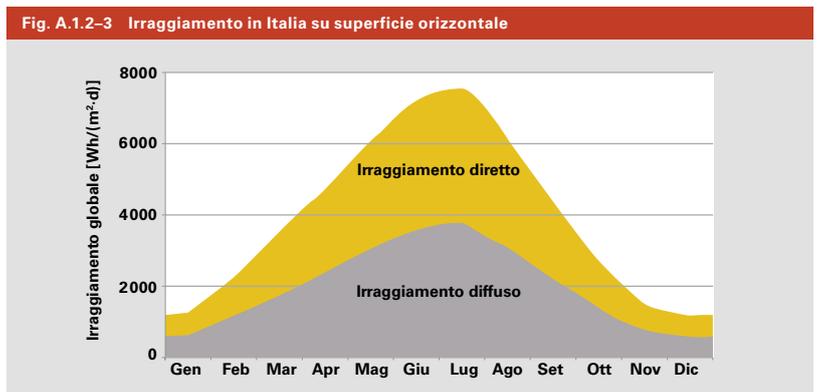
Notevoli sono le variazioni per le varie località italiane a causa dell'estensione in latitudine dell'Italia.



Andamento del rapporto irraggiamento diretto-diffuso in Italia



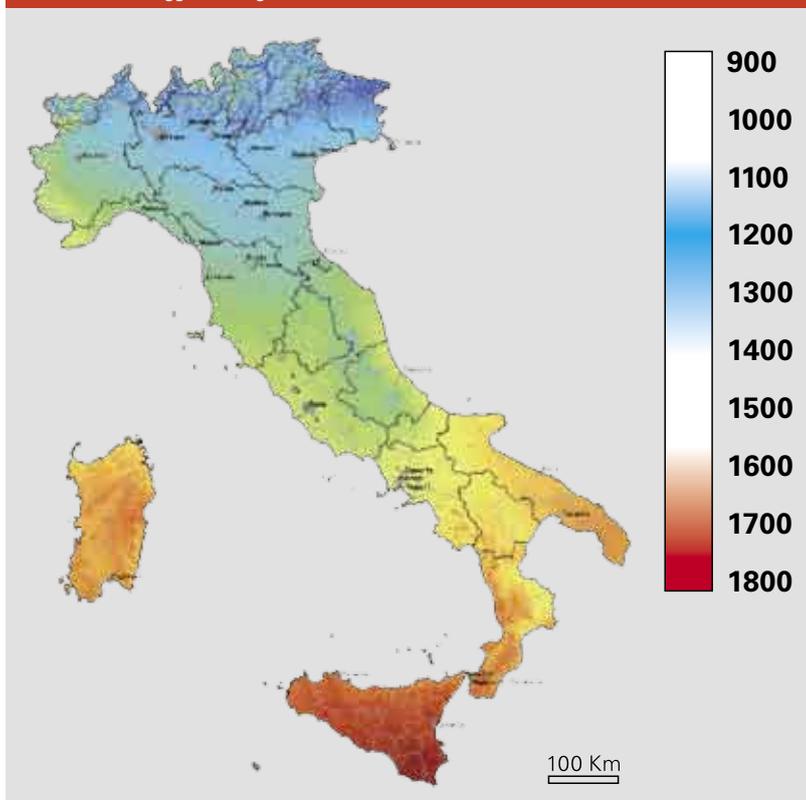
Non c'è una netta delimitazione tra l'irraggiamento diffuso e l'irraggiamento diretto. Anche una luminosità apparentemente scarsa con una quota elevata di irraggiamento diffuso fornisce un contributo utilizzabile di energia radiante.



L'accumulo medio giornaliero di irraggiamento globale varia nel corso dell'anno di un fattore 10. La quota media annua di irraggiamento diffuso varia a seconda della località, per Venezia è pari al 50%.

## A.1 Potenziali di utilizzo termico dell'irraggiamento solare

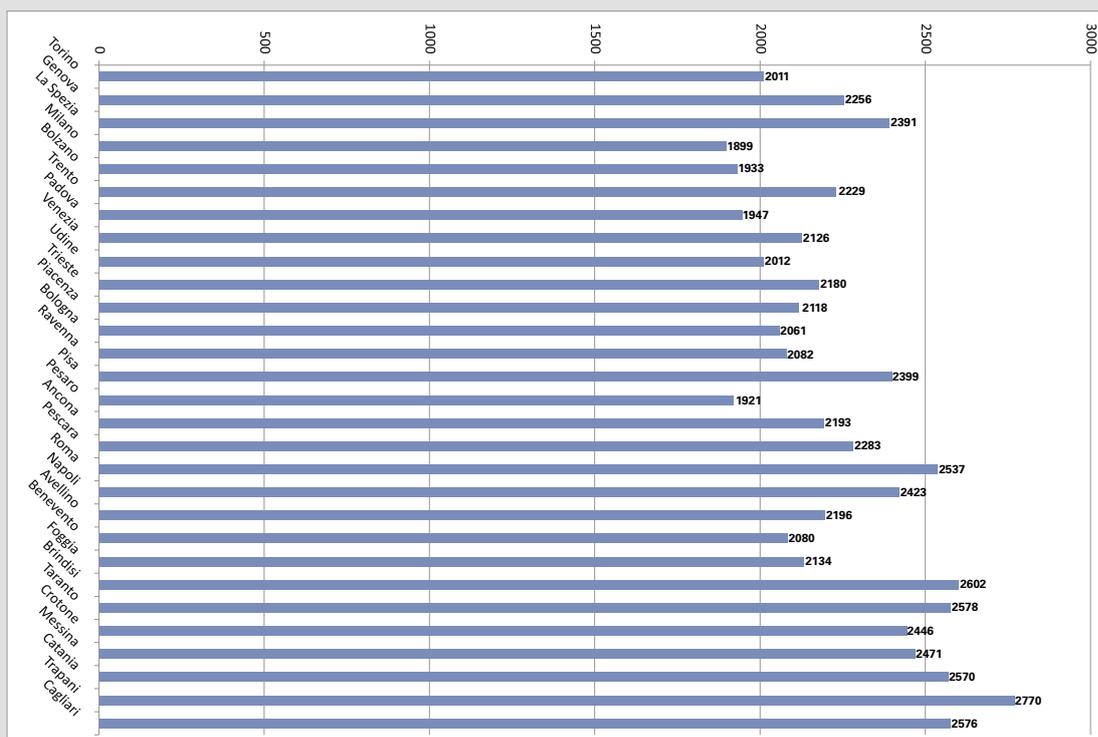
Abb. A.1.2-4 Irraggiamento globale orizzontale in Italia

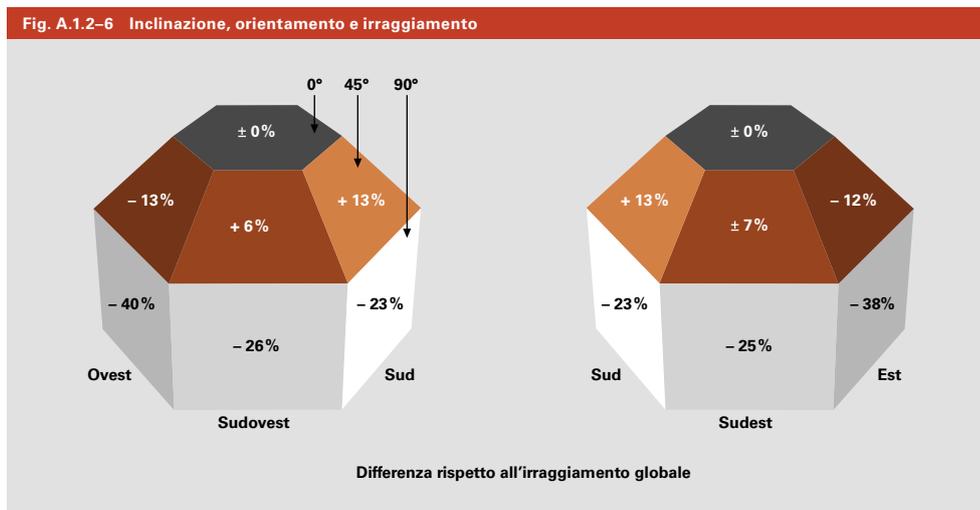


In Italia l'irraggiamento medio annuo va dai 1200 kWh/ m<sup>2</sup> di Bolzano ai 1700 kWh/ m<sup>2</sup> di Trapani. Per fare un confronto, questo valore è pari a 800 kWh/(m<sup>2</sup> x a) in Scandinavia e 2200 kWh/(m<sup>2</sup> x a) nel deserto del Sahara.

La tabella sottostante illustra le ore di sole nelle varie città d'Italia. I valori medi delle ore di sole in Italia vanno da 1900 ore in Alto Adige a 2800 ore in Sicilia. La distribuzione delle ore di sole rispecchia l'andamento dell'irraggiamento globale. Nelle regioni costiere il sole splende con maggiore frequenza rispetto alle zone interne. Tuttavia, le variazioni di questi valori medi sono a volte considerevoli, in quanto oltre ai diversi valori annui vanno considerate anche variazioni a livello regionale o addirittura locale.

Abb. A.1.2-5 Ore di sole in varie città d'Italia





A seconda dell'inclinazione e dell'orientamento di una superficie diminuisce o aumenta l'irraggiamento rispetto alla superficie orizzontale.

### Inclinazione della superficie di captazione

I valori per l'energia dell'irraggiamento globale si riferiscono al piano orizzontale. Questi valori vengono influenzati dall'inclinazione della superficie di captazione.

Se la superficie di captazione è inclinata si modificano l'angolo d'irradiazione, l'irraggiamento e quindi anche la quantità di energia. La somma annua dell'energia di irraggiamento globale riferita alla superficie dipende quindi dall'inclinazione della superficie.

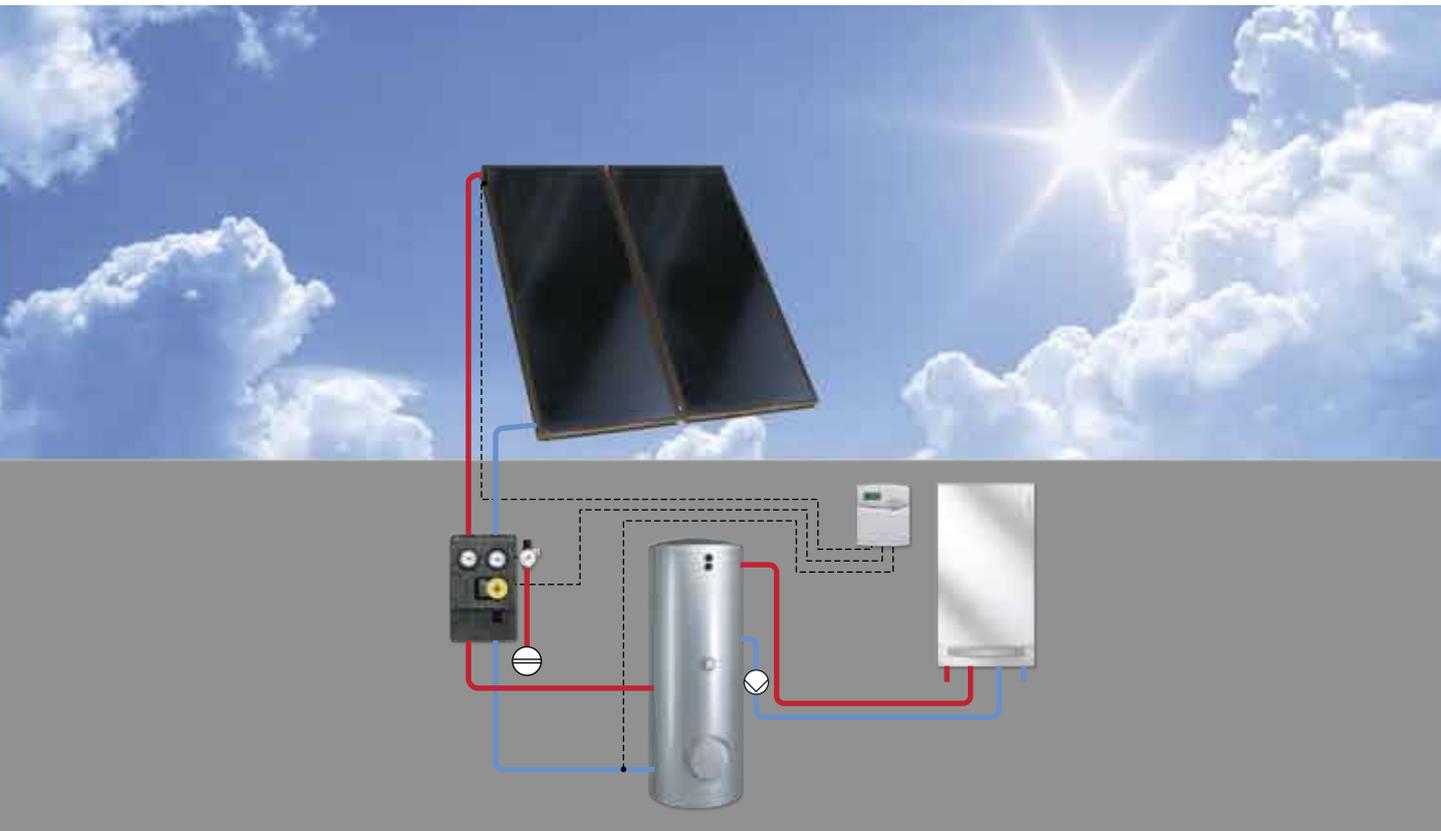
La quantità di energia è maggiore se la radiazione colpisce la superficie perpendicolarmente. Poiché alle nostre latitudini questo caso non si verifica mai, si può "sopperire" a questa mancanza inclinando la superficie di ricezione. In Italia viene irradiata in media il 13% di energia in più su una superficie inclinata di 30°, rispetto a una superficie orizzontale.

### Orientamento della superficie di captazione

Un altro fattore per il calcolo della quantità di energia è l'orientamento della superficie di captazione. Nell'emisfero settentrionale è ottimale un orientamento a sud. Lo scostamento della superficie di captazione dall'orientamento a sud viene definito come angolo azimutale o semplicemente azimut.

Nella tecnica solare gli angoli vengono stabiliti in modo diverso dalla bussola, ovvero sud = 0°, ovest = +90°, est = -90° ecc.

Nella figura A.1.2- 6 è rappresentata l'interazione di orientamento e inclinazione. Rispetto alla superficie orizzontale si hanno rese superiori o inferiori. Tra sudest e sudovest e con angoli di inclinazione compresi tra 25° e 60° si può definire un settore in cui le rese di un impianto solare termico sono ottimali. Le differenze superiori, ad esempio per gli impianti a facciata, possono essere compensate mediante una maggiore superficie di collettori.



## Parametri fondamentali dei collettori solari

**I collettori solari sono generatori di calore che si distinguono dai generatori di calore convenzionali sotto molti aspetti. La differenza più palese è la fonte di energia primaria impiegata per la produzione di calore, il “combustibile” radiazione solare.**

Secondo i calcoli dell'uomo, da un lato questa fonte di energia gratuita sarà disponibile all'infinito, dall'altro non è calcolabile per il fabbisogno attuale ed è limitata nella sua offerta effettiva. In particolare nel periodo di riscaldamento, quando è necessario produrre maggiore calore, è disponibile la minore quantità di energia solare e viceversa. Inoltre il sole non si può accendere o spegnere a piacere. Questa situazione di partenza richiede sostanzialmente un procedimento diverso rispetto alla progettazione di impianti di energia le cui prestazioni sono disponibili su richiesta. A parte poche eccezioni, per garantire la sicurezza di approvvigionamento gli impianti che utilizzano l'energia radiante solare vengono sempre integrati con un secondo generatore di calore: vengono progettati e messi in esercizio come

sistemi bivalenti.

La figura qui sopra mostra un impianto bivalente semplice. La caldaia garantisce che sia sempre disponibile una determinata quantità di acqua calda. L'impianto di collettori viene quindi integrato nel sistema in modo da ricavare la maggiore energia possibile dalla radiazione solare per fare sì che la caldaia consumi la minore quantità di combustibile possibile.

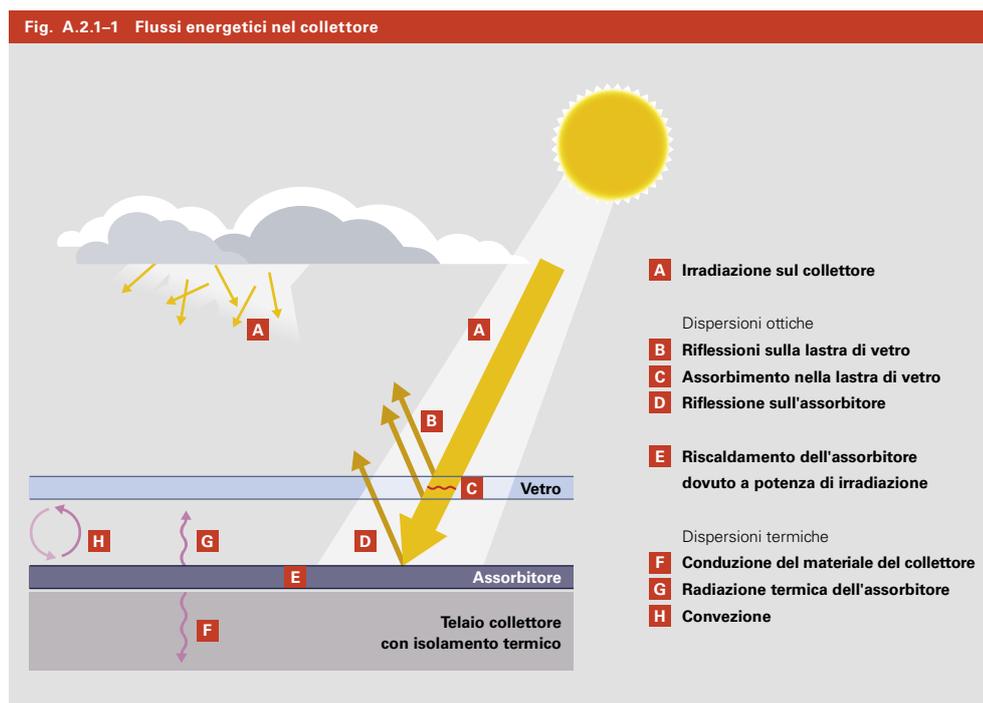
Già questo semplice esempio evidenzia che l'esercizio efficiente di un impianto solare non dipende solo dal collettore, bensì dall'interazione di tutti i componenti utilizzati. Al fine di pianificare il funzionamento di un collettore nel sistema globale, nei capitoli che seguono vengono spiegate le sue caratteristiche e i criteri di valutazione fondamentali

### A.2.1 Rendimento del collettore

Il rendimento di un collettore indica la percentuale di radiazione solare riflessa sulla superficie di apertura del collettore che può essere trasformata in energia termica utile. Come superficie di apertura viene definita la superficie di un collettore interessata dal sole (vedi capitolo B.1.3). Il rendimento dipende, tra l'altro, dalla condizione d'esercizio del collettore; la modalità di misura è uguale per tutti i tipi di collettori.

Una parte della radiazione solare che colpisce il collettore va perduta per via della riflessione e dell'assorbimento sulla lastra di vetro e della riflessione sull'assorbitore. Dal rapporto tra l'irradiazione sul collettore e la potenza di irradiazione, che viene trasformata in calore sull'assorbitore, si può calcolare il rendimento ottico. Viene definito con  $\eta_0$  (leggi: eta zero).

Se un collettore viene riscaldato dalla radiazione solare, cede una parte del calore all'ambiente per conduzione attraverso il materiale del collettore, radiazione termica e convezione (movimento dell'aria). Queste perdite possono essere calcolate mediante i coefficienti di dispersione termica  $k_1$  e  $k_2$  e la differenza di temperatura  $\Delta T$  (leggi: delta T) tra l'assorbitore e l'ambiente. (per ulteriori informazioni sull'assorbitore vedere capitolo B.1.2). La differenza di temperatura viene indicata in K (= Kelvin).



L'irradiazione che raggiunge il collettore viene diminuita della perdita ottica. La restante radiazione riscalda l'assorbitore. Le quantità di calore che il collettore cede all'ambiente sono le dispersioni termiche.

## A.2 Parametri fondamentali dei collettori solari

I coefficienti di dispersione termica e rendimento ottico sono i parametri essenziali per la conduttività dei collettori.

Fig. A.2.1-2 Parametri caratteristici dei diversi tipi di collettori

	Rendimento ottico %	Coefficiente di dispersione termica $k_1$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Coefficiente di dispersione termica $k_2$ W/(m <sup>2</sup> ·K <sup>2</sup> )
<b>Collettore solare piano</b>	80	4	0,1
<b>Collettore piano con vetro antiriflesso</b>	84	4	0,1
<b>Collettore solare a tubi sottovuoto</b>	80	1,5	0,005

### Avvertenza

Maggiore è la differenza di temperatura tra il collettore e l'aria esterna, maggiori sono le dispersioni termiche; il rendimento diminuisce all'aumentare della temperatura d'esercizio del collettore o al diminuire della temperatura dell'aria esterna.

Il rendimento ottico e i coefficienti di dispersione termica vengono rilevati con un procedimento descritto nella norma europea EN 12975 e rappresentano i parametri essenziali di un collettore; devono essere indicati nei fogli di dati tecnici.

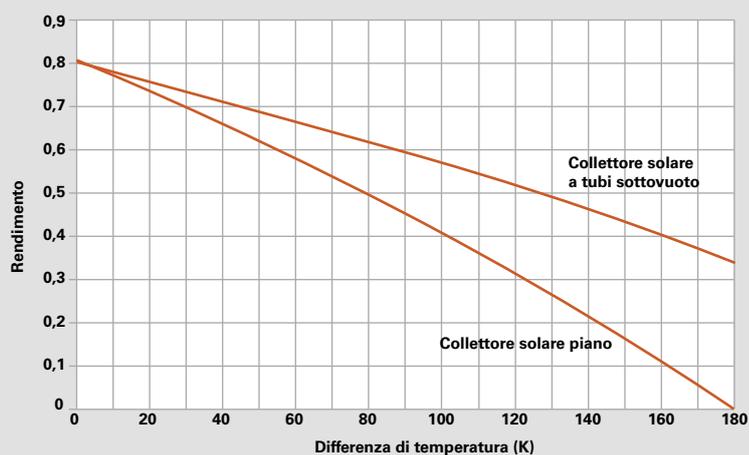
Questi tre valori, insieme al valore dell'irraggiamento  $E_g$  sono sufficienti a raffigurare il rendimento del collettore e della sua curva caratteristica.

$$\eta = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot \Delta T}{E_g} - \frac{k_2 \cdot \Delta T^2}{E_g}$$

- $\eta$  Rendimento del collettore
- $\eta_0$  Rendimento ottico
- $k_1$  Coefficienti di dispersione termica in W/(m<sup>2</sup>·K)
- $k_2$  Coefficienti di dispersione termica in W/(m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>)
- $\Delta T$  Differenza di temperatura in K
- $E_g$  Irraggiamento in W/m<sup>2</sup>

Il rendimento massimo viene raggiunto se la differenza tra la temperatura ambiente e la temperatura dei collettori è uguale a zero e non si verifica alcuna dispersione termica del collettore nell'ambiente stesso.

Fig. A.2.1-3 Curve caratteristiche del rendimento



Con una maggiore differenza di temperatura rispetto all'ambiente il collettore solare a tubi sottovuoto presenta vantaggi nel rendimento.

### A.2.2 Temperatura di inattività

Se al collettore non viene sottratto calore (la pompa si arresta, il fluido termovettore non circola più) il collettore si riscalda fino alla cosiddetta temperatura di inattività. In questa condizione le dispersioni termiche sono pari alla potenza irradiata assorbita, mentre la resa del collettore è pari a zero.

In Italia i collettori solari piani comunemente reperibili in commercio raggiungono d'estate temperature di inattività superiori a 200 °C, mentre i collettori solari a tubi sottovuoto ca. 300 °C.

### A.2.3 Potenza utile del collettore

#### Potenza massima

La potenza massima di un collettore è definita come prodotto del rendimento ottico  $\eta_0$  e della radiazione massima assorbita di 1000 W/m<sup>2</sup>.

Se si presuppone un rendimento ottico dell'80 %, la potenza massima di una superficie collettore di un metro quadrato è pari a 0,8 kW.

Nel normale esercizio questo valore viene però raggiunto raramente, la potenza massima è rilevante soltanto per il dimensionamento dei dispositivi di sicurezza.

#### Potenza di progetto

Per la progettazione di un impianto solare viene quindi stabilita una potenza di progetto, necessaria per la progettazione dell'installazione e, in particolare, per il dimensionamento dello scambiatore di calore.

Come limite inferiore la VDI 6002 parte 1 prevede una potenza specifica del collettore di 500 W/m<sup>2</sup>; per una progettazione sicura si consiglia un valore leggermente superiore di 600 W/m<sup>2</sup> per applicazioni con basse temperature, quindi per modalità di funzionamento con rendimenti del collettore buoni. Tutti i componenti del sistema e i pacchetti solari di Viessmann sono calcolati con questo valore.

#### Potenza installata

Nella letteratura specializzata si trova un'ulteriore potenza che viene utilizzata solo a scopi statistici per comparare i generatori di energia. Per la rilevazione di tutti gli impianti di collettori installati in una regione oltre all'indicazione in m<sup>2</sup> viene indicata anche la potenza installata. Quest'ultima è pari a 700 W/m<sup>2</sup> di superficie di assorbimento (potenza media con irradiazione massima) e non è rilevante per la progettazione dell'impianto.

## A.2 Parametri fondamentali dei collettori solari

### A.2.4 Resa del collettore

Per la progettazione di un impianto solare e il dimensionamento dei componenti del sistema è meno rilevante la potenza dei collettori rispetto alla resa attesa dall'impianto.

La resa di un collettore è data dal prodotto della potenza media (kW) per una corrispondente unità di tempo (h). Il valore calcolato in kWh è riferito a un metro quadrato di superficie collettore o di apertura (capitolo B.1.3) e viene indicato in kWh/m<sup>2</sup>. Questo valore è importante in riferimento alla giornata per poter dimensionare l'accumulo solare.

La resa specifica del collettore, osservata nell'arco di un intero anno, viene indicata in kWh/(m<sup>2</sup>·a) ed è una grandezza di valutazione essenziale per il dimensionamento e l'efficienza dell'impianto.

Quanto più alto è il valore, tanto maggiore è l'energia che l'impianto collettori porta nel sistema. Nell'andamento annuo rientrano anche le condizioni di esercizio in cui il collettore potrebbe fornire ancora energia, ma l'accumulo, ad esempio, è già completamente carico. In questo caso non si ha alcun contributo. La resa del collettore è la grandezza di valutazione essenziale per l'efficienza di un impianto solare. È particolarmente alta se la superficie del collettore è orientata in modo ottimale per l'utilizzo principale e non presenta ombreggiamenti.

L'irradiazione ottimale non deve necessariamente corrispondere alla resa ottimale.

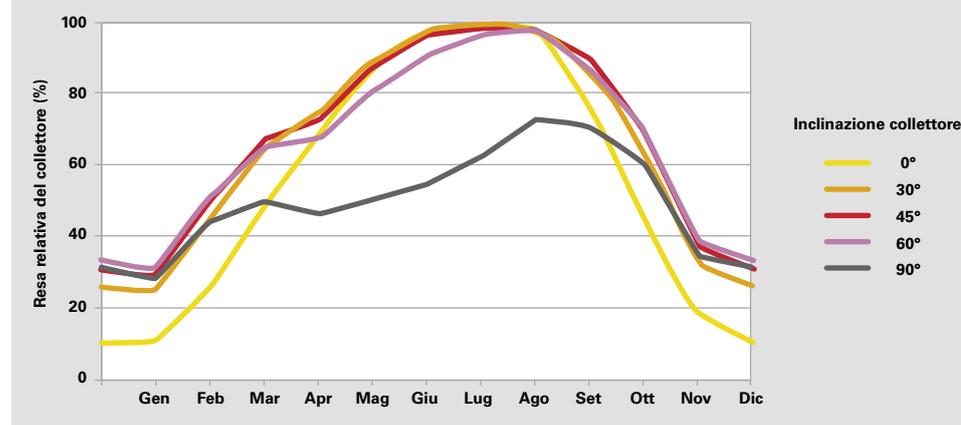
Negli impianti per l'integrazione del riscaldamento ad energia solare per la resa e il comportamento d'esercizio è necessario ad esempio un angolo d'inclinazione maggiore, poiché la resa ottimale è fondamentale per il periodo di mezza stagione e per l'inverno. D'estate, quando viene supportata dall'energia solare solo la produzione d'acqua calda sanitaria, l'angolo d'inclinazione "peggiore" comporta una minore eccedenza, mentre nel periodo di mezza stagione l'angolo "migliore" aumenta la resa utile.

La fornitura dell'energia, osservata nell'arco di un intero anno, viene analizzata e la resa dell'impianto è tanto più elevata quanto più l'esposizione si avvicina a quella con il massimo dell'irradiazione.

#### Avvertenza

L'orientamento verso l'irradiazione ottimale del luogo ha senso solo se la quantità d'irradiazione che colpisce il collettore può essere utilizzata in qualsiasi momento.

Fig. A.2.4-1 Resa e inclinazione



La distribuzione mensile della resa con una superficie orientata verso sud dipende dall'angolo d'inclinazione.

### A.2.5 Quota di copertura dell'energia solare

Per la progettazione di un impianto solare, oltre alla resa, la quota di copertura solare è la seconda grandezza di valutazione essenziale. La quota di copertura solare indica la percentuale di energia necessaria per l'utilizzo previsto che può essere coperta dall'impianto solare.

Questo modo di considerare la situazione, che pone la resa solare in rapporto con la quantità di calore utilizzata, tiene in considerazione le perdite dell'accumulo ed è diventato un dato di consuetudine per la quota di copertura solare. Sussiste però anche la possibilità di mettere in relazione la resa solare con la quantità di energia impiegata per l'integrazione del riscaldamento. La quota di copertura solare calcolata in questo modo è quindi superiore. Se si paragonano i sistemi solari si deve sempre prestare attenzione a quale tipo di calcolo sta alla base della quota di copertura solare data.

Quanto più elevata è la quota di copertura solare, tanto maggiore è il risparmio di energia convenzionale. Perciò è comprensibile che gli interessati spesso desiderino un impianto con la quota di copertura solare maggiore possibile. Una progettazione corretta di un impianto solare comporta sempre un buon compromesso tra la resa e la copertura solare.

La regola è: quanto più alta è la copertura solare, tanto più bassa è la resa specifica per metro quadrato di superficie del collettore, a causa delle inevitabili eccedenze estive e del basso rendimento del collettore.

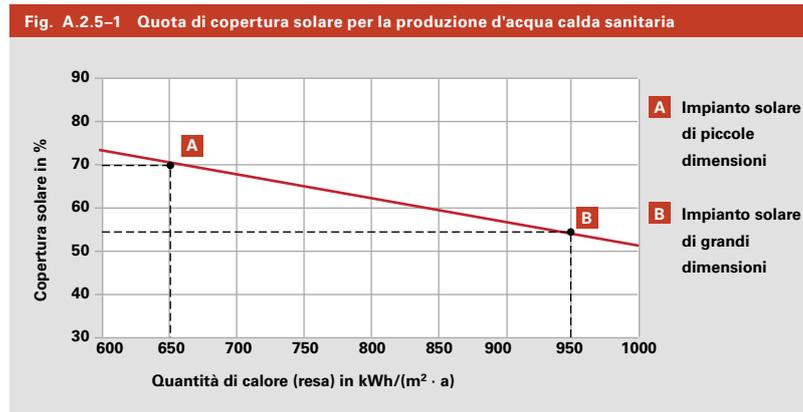
Nota bene: il rendimento diminuisce all'aumentare della differenza di temperatura tra il collettore e la temperatura ambiente.

Normalmente un buon compromesso tra la resa e la copertura solare è anche un buon compromesso tra i costi degli investimenti per l'impianto solare e il risparmio dei costi per l'energia convenzionale.

In Italia è consuetudine dimensionare le case monofamiliari al 65 – 75 % di copertura solare

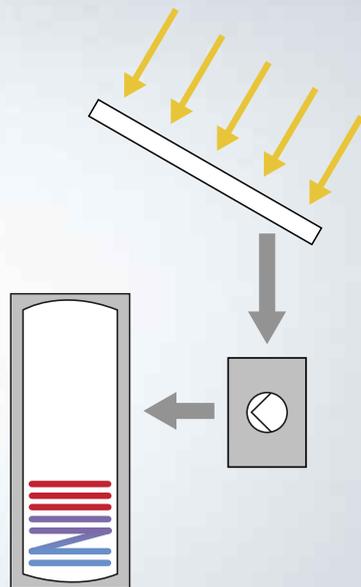
per la produzione d'acqua calda sanitaria, nei condomini al 50% – 60 %.

Per il supporto per il riscaldamento ad energia solare è difficilissimo indicare valori standard poiché qui la copertura solare è estremamente dipendente dalla qualità energetica dell'edificio (isolamento, tenuta d'aria ecc.) (vedi capitolo C.2.2).



Per tutti gli impianti solari si deve trovare un buon compromesso tra la quota di copertura solare e la resa solare.

## A.3 Principi di funzionamento di un impianto solare



### Principi di funzionamento di un impianto solare

In Italia sono molto diffusi gli impianti termici solari composti da collettori, da una termoregolazione con pompa di circolazione e da un accumulatore termico ben isolato.

Il collettore viene raggiunto dalla radiazione solare; sul lato inferiore della dell'assorbitore sono fissati i tubi in rame attraverso cui scorre un termovettore. L'assorbitore viene riscaldata dalla radiazione solare e cede il calore al fluido termovettore nei tubi dell'assorbitore. Una regolazione e una pompa di circolazione garantiscono che il calore venga trasportato attraverso le tubazioni. Nel bollitore il calore viene ceduto all'acqua sanitaria attraverso uno scambiatore di calore.

Questo principio costruttivo si ritrova in tutti gli impianti solari a circolazione forzata. Vi sono invece differenze basilari nel modo operativo che vengono descritte qui di seguito.

Le varie versioni di impianti a circolazione naturale (senza pompa di circolazione) sono descritte al capitolo B.2.4.2.

### A.3.1 Sistema a circolazione forzata con fluido termovettore

In questi sistemi con antigelo viene utilizzato un fluido termovettore che di regola è composto da una miscela di acqua e antigelo (glicole). Azionato da una pompa, il fluido termovettore viene sospinto attraverso i tubi dell'assorbitore, assorbe l'energia termica dell'assorbitore per cederla poi allo scambiatore di calore dell'accumulo.

D'inverno il glicole impedisce il congelamento dell'impianto, mentre il termovettore resta sempre interamente nel sistema. Questo sistema offre la massima protezione dalla corrosione poiché i fluidi termovettori comunemente reperibili in commercio contengono anche inibitori della corrosione.

I sistemi a circolazione forzata richiedono sempre un vaso di espansione a causa della dilatazione del fluido termovettore con la temperatura e dell'eventuale formazione di vapore nel collettore.

Con più del 95% delle quote di mercato, questo sistema è il più diffuso nell'Europa centrale

### A.3.2 Sistema a circolazione forzata con l'acqua come fluido termovettore

Il sistema con l'acqua come fluido termovettore è simile al sistema con antigelo descritto qui a fianco. La differenza consiste nel fatto che il fluido termovettore è costituito da acqua di riscaldamento, senza aggiunta di antigelo. Per evitare il congelamento dell'acqua d'inverno il calore generato nell'accumulo da fonte integrativa viene trasportato al collettore. Per effettuare la valutazione energetica di questi sistemi si deve detrarre il consumo di energia invernale per il riscaldamento del collettore dal ricavo di energia estivo. D'inverno l'impiego di energia dipende dalle relative temperature e di regola non è inferiore al 10% dei contributi solari.

Se questi impianti vengono strutturati senza separazione di sistema dal circuito di riscaldamento per la progettazione e l'installazione devono essere osservate regole diverse (utilizzo dei circuiti di riscaldamento, pressioni d'esercizio ecc.) da quelle per i circuiti ad energia solare separati.

#### Avvertenza

I sistemi solari Viessmann sono sistemi a circolazione forzata con antigelo (glicole). Questi sistemi

- garantiscono una protezione antigelo affidabile d'inverno,
- non consumano l'energia convenzionale di riscaldamento per proteggere il collettore dal rischio gelo
- consentono un collegamento semplice del circuito solare,
- offrono la massima protezione dalla corrosione di tutti i componenti dell'impianto.

Fig. A.3.1 Sistema con antigelo (glicole)

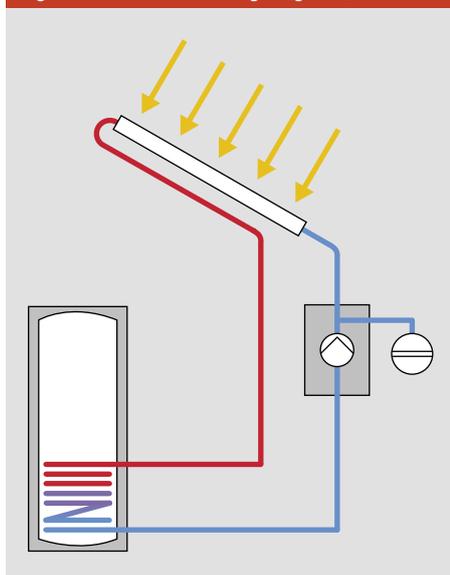
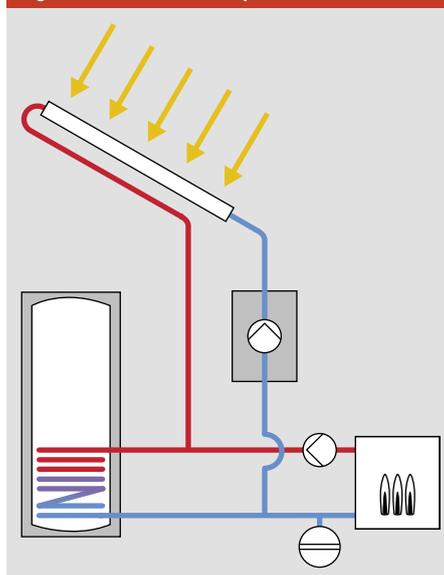


Fig. A.3.2 Sistema con acqua come fluido



## A.3 Principi di funzionamento di un impianto solare

### A.3.3 Sistema drain back

La caratteristica distintiva dei sistemi drain back è che il termovettore defluisce dal collettore quando l'impianto non è in esercizio. Questo funziona solo con i collettori posizionati in orizzontale che vengono collegati dal basso i cui assorbitori consentono lo svuotamento mediante la circolazione naturale. Tutte le tubazioni che partono dal collettore devono essere realizzate con la pendenza. Il fluido termovettore viene raccolto in un recipiente.

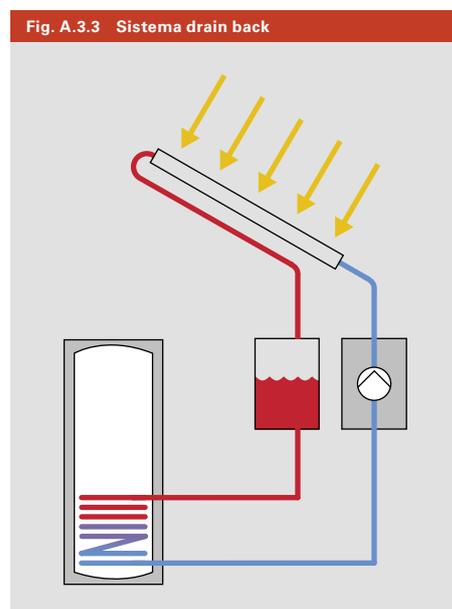
Un sistema drain back è un sistema a svuotamento automatico che di regola viene messo in esercizio con acqua di riscaldamento. Perciò tutti i componenti dell'impianto a rischio gelo devono poter funzionare completamente a vuoto. Un impianto drain back non deve essere assolutamente messo in esercizio d'inverno a basse temperature, nemmeno se il collettore viene riscaldato dall'irradiazione solare. Poiché questo tipo d'impianto deve avere un'inclinazione della tubazione con una pendenza corretta, è particolarmente impegnativo da realizzare.

Sempre più frequentemente i sistemi drain back vengono messi in esercizio con una miscela di acqua e glicole. Perciò le tubazioni

d'inverno non devono mai venire completamente svuotate per proteggere l'impianto dal congelamento.

Questi sistemi sono stati sviluppati sostanzialmente per sovraccaricare in misura minore il fluido termovettore negli impianti in cui si prevedono tempi d'inattività molto lunghi

L'impiego di energia ausiliaria (corrente elettrica per la pompa) nei sistemi drain back è sempre superiore rispetto ai sistemi a circolazione forzata, poiché l'impianto deve essere riempito nuovamente ogni volta all'inizio dell'esercizio.







## B Componenti

Una buona conoscenza delle caratteristiche strutturali e funzionali dei componenti essenziali degli impianti solari termici sono un presupposto indispensabile per progettare e installare sistemi efficienti.

Questo capitolo è dedicato ai singoli componenti degli impianti solari termici. Vengono spiegati sia i dettagli tecnici, sia le caratteristiche funzionali essenziali. Viene chiarito cosa contraddistingue un buon collettore, quali sono le caratteristiche di un accumulo idoneo e a cosa si deve prestare attenzione durante la progettazione e l'installazione dei componenti nel circuito primario.

Le conoscenze trasmesse in questo capitolo dimostrano che gli impianti solari termici con componenti ad elevato rendimento possono essere tenuti in esercizio a lungo termine in modo sicuro ed efficiente.

### **36 B.1 Collettori**

**37** B.1.1 Caratteristiche strutturali e funzionali

**38** B.1.2 Assorbitore

**41** B.1.3 Denominazioni delle superfici

**42** B.1.4 Qualità e certificazioni

**43** B.1.5 Scelta del tipo di collettore idoneo

**44** B.1.6 Aspetti del fissaggio del collettore

**52** B.1.7 Collettori come elementi architettonici

### **54 B.2 Accumuli**

**55** B.2.1 Perché accumulare?

**56** B.2.2 Principi fondamentali della tecnica di accumulo

**60** B.2.3 Tipi di accumulo

**63** B.2.4 Carico dell'accumulo

**68** B.2.5 Scambiatore di calore

### **70 B.3 Circuito primario**

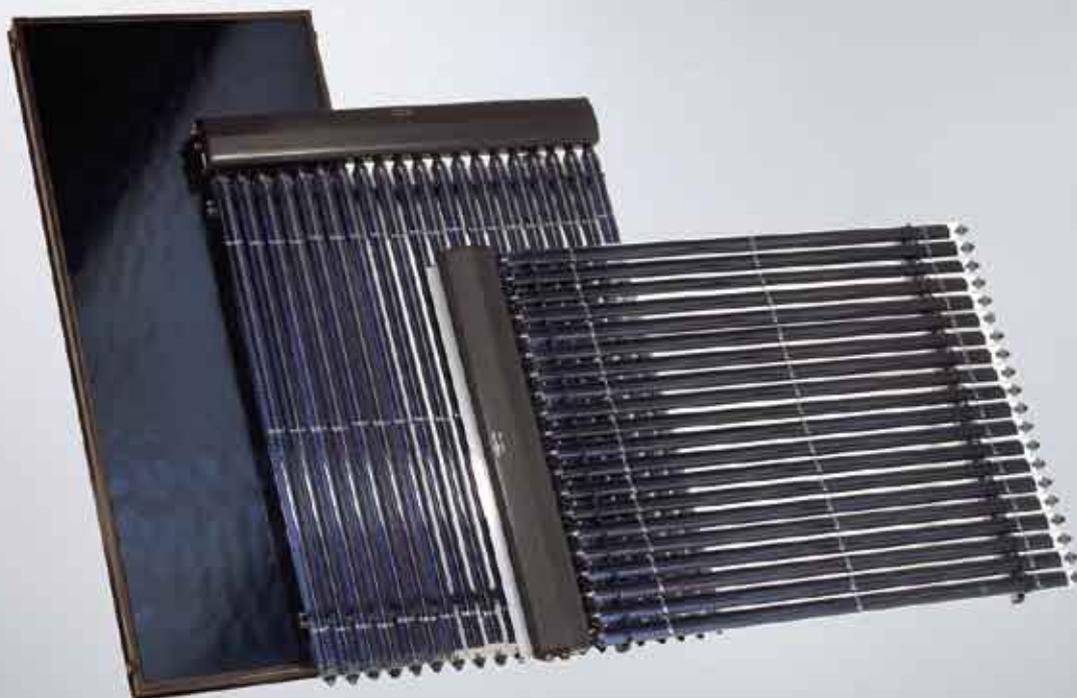
**71** B.3.1 Circuito collettori

**79** B.3.2 Tubazioni

**82** B.3.3 Sfiato

**83** B.3.4 Fluido termovettore

**85** B.3.5 Stagnazione e dispositivi tecnici di sicurezza



## Collettori

La produzione industriale di collettori solari iniziò a metà degli anni settanta, come reazione alla crisi del petrolio. Da allora in tutto il mondo, e in particolare nell'Europa centrale, è stato sviluppato uno standard per questi prodotti. I collettori solari sono prodotti di qualità con una durata di oltre 20 anni.



Fig. B.1-1 Il collettore Acredal di Viessmann vanta oltre 30 anni di esperienza nella tecnica dei collettori.

Lo sviluppo tecnologico dei collettori è ormai giunto alla sua maturazione e negli anni a venire non si prevedono più modifiche sostanziali nella concezione di base di questo tipo di prodotti. Il potenziale di ottimizzazione risiede esclusivamente nei dettagli, ad esempio per i materiali utilizzati. Perciò la ricerca e lo sviluppo si concentrano attualmente sull'integrazione di sistema e su nuove forme di applicazione del solare termico.

In questo capitolo vengono descritti i principi fondamentali della tecnica dei collettori. Vengono trattate in particolare le differenze tra i collettori solari piani e i collettori solari a tubi sottovuoto, nonché il loro funzionamento con diverse condizioni di esercizio.

Le caratteristiche distintive tipiche dei collettori sono la struttura dell'assorbitore e l'isolamento del collettore dall'ambiente. Il processo fisico di trasformazione della luce in calore utile non è però uguale per tutti i collettori: sull'assorbitore l'energia luminosa viene trasformata in energia termica.

L'impiego speciale di sistemi a concentrazione per la produzione di energia solare termica viene descritto al capitolo C.2.6.

## B.1.1 Caratteristiche strutturali e funzionali

### Collettori solari piani

In Italia i collettori solari piani detengono attualmente una quota di mercato di circa l'80%. Nei collettori solari piani, l'assorbitore viene protetto dagli agenti atmosferici con un telaio in lamiera d'acciaio e "coperto" da un pannello frontale con vetro di sicurezza per impianti solari a basso contenuto di ferro. Un eventuale rivestimento antiriflesso (AR) del vetro può ridurre ulteriormente la riflessione. L'isolamento termico diminuisce le dispersioni termiche.

La struttura del collettore solare piano Viessmann è costituita da un telaio a profilo continuo in alluminio piegato senza tagli obliqui né spigoli appuntiti. Insieme con la guarnizione di tenuta in un unico pezzo resistente alle intemperie e ai raggi UV e con parete posteriore

resistente agli urti garantisce lunga durata ed elevata efficienza.

I collettori solari piani si possono installare in modo semplice e sicuro sui tetti delle case, come soluzione integrata o sopra il tetto. Sempre più di frequente i collettori vengono installati anche sulla facciata. I collettori solari piani sono più economici dei collettori solari a tubi e vengono impiegati negli impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, per il riscaldamento delle piscine e come integrazione al riscaldamento.

I collettori solari piani standard presentano di regola una superficie lorda del collettore (misure esterne) di ca. 2–2,5 m<sup>2</sup>.



Fig. B.1.1-1 Collettore solare piano Vitosol 200-F

### Collettori solari a tubi sottovuoto

Di regola la trasformazione dell'irraggiamento solare in calore sull'assorbitore è identica nel collettore solare piano e nel collettore solare a tubi. Per l'isolamento termico sussistono invece differenze sostanziali: nel collettore solare a tubi l'assorbitore è simile a un termos incorporato in un tubo di vetro sotto vuoto (evacuato). Il vuoto presenta ottime caratteristiche d'isolamento termico, per cui le dispersioni termiche sono minori rispetto ai collettori solari piani, in particolare con temperature elevate, quindi alle condizioni di funzionamento consuete per il riscaldamento degli edifici o la climatizzazione.

Il presupposto per l'affidabilità e una lunga durata dei collettori solari a tubi sottovuoto è il mantenimento del vuoto a lungo termine mediante una tenuta ermetica sicura. Nei collettori Viessmann questo è garantito. Le quantità di gas minime (in particolare l'idrogeno) che penetrano comunque nei tubi vengono legate mediante una sottile pellicola di bario ("getter") che viene vaporizzata all'interno dei tubi.

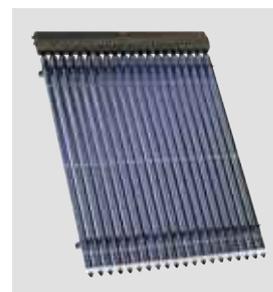


Fig. B.1.1-2 Collettore solare a tubi sottovuoto Vitosol 300

## B.1 Collettori

Fig. B.1.1-3 Collettore solare a tubi sottovuoto Vitosol 200-T



Collettore solare a tubi sottovuoto a flusso diretto con tubo coassiale sull'assorbitore

Fig. B.1.1-4 Collettore solare a tubi sottovuoto Vitosol 300-T



Collettore solare a tubi sottovuoto con trasferimento di calore secondo il principio heatpipe.

Per i collettori solari a tubi sottovuoto si distinguono le tipologie a flusso diretto e secondo il principio heatpipe.

Nei collettori a tubi sottovuoto a flusso diretto il termovettore circola direttamente nei tubi dell'assorbitore: quindi sono ideali per qualsiasi tipologia d'installazione.

Nei tubi heatpipe viene invece vaporizzato un termovettore, di regola l'acqua, in un tubo dell'assorbitore chiuso. All'estremità superiore del tubo il vapore condensa nel cosiddetto condensatore, dove l'energia termica viene ceduta al fluido termovettore. Questo procedimento richiede un determinato angolo d'incidenza del collettore affinché possa avvenire il trasporto del calore dai tubi al condensatore.

### B.1.2 Assorbitore

Il nucleo del collettore è costituito dall'assorbitore o piastra assorbente. Qui la radiazione solare viene trasformata in calore. Dalla lamiera rivestita dell'assorbitore attraverso le tubazioni brasate, pressate o saldate, il calore viene ceduto al fluido termovettore. L'assorbitore è costituito sostanzialmente da rame o alluminio. Il rivestimento applicato è altamente selettivo, ovvero garantisce che la radiazione venga trasformata il più interamente possibile in calore (assorbimento elevato,  $\alpha = \text{alfa}$ ) e la dispersione termica dovuta all'irraggiamento dell'assorbitore molto caldo sia minima (emissione ridotta,  $\epsilon = \text{epsilon}$ ).

Le lamiere vengono trattate con un rivestimento galvanico (assorbitore cromato nero) oppure lo strato dell'assorbitore viene vaporizzato sul materiale di supporto (cosiddetti "strati blu"). In entrambi i procedimenti è garantita una grande selettività e gli strati si contraddistinguono per la loro resistenza agli influssi ambientali in determinati campi d'impiego (ad es. salsedine nelle vicinanze del mare) e per il comportamento di emissioni o assorbimento a temperature diverse. Quest'ultimo, però, ha effetti molto ridotti sul comportamento d'esercizio di un impianto solare ed è quindi trascurabile in fase di progettazione.

Le parti della tubazione dell'assorbitore esposte alla luce solare possono essere verniciate in nero opaco; per l'assorbitore questo procedimento non viene più adottato. Gli assorbitori moderni non sono neri, bensì appaiono bluastri o verdastri a seconda dell'angolo di osservazione.

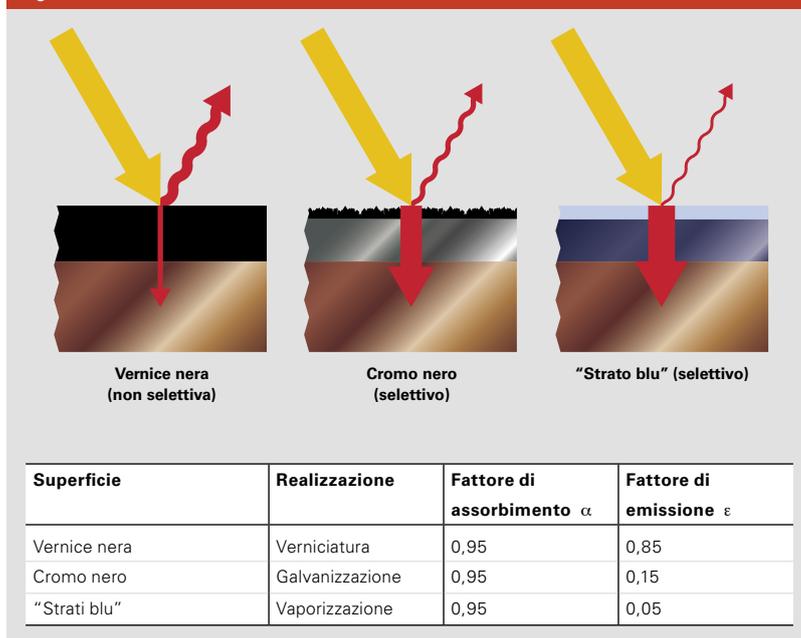
### Assorbitore nei collettori solari piani

Nei collettori solari piani l'assorbitore può essere costituito da strisce di lamiera o da una superficie unica. L'assorbitore della prima tipologia è costituito da strisce assorbenti sotto le quali è stato saldato un tubo diritto. Il circuito idraulico dell'assorbitore a strisce è necessariamente ad arpa (Fig. B.10.2-2). Nell'assorbitore a superficie piena, il tubo può essere saldato, oltre che ad arpa, anche a forma di meandro sull'intera superficie di assorbimento (fig. 1.2-3).

In condizioni di funzionamento usuali i collettori con assorbitore ad arpa hanno una perdita di carico ridotta, ma nascondono il rischio di un flusso irregolare. Gli assorbitori a forma di meandro garantiscono un prelievo sicuro del calore prodotto poiché il fluido scorre esclusivamente attraverso un unico tubo.

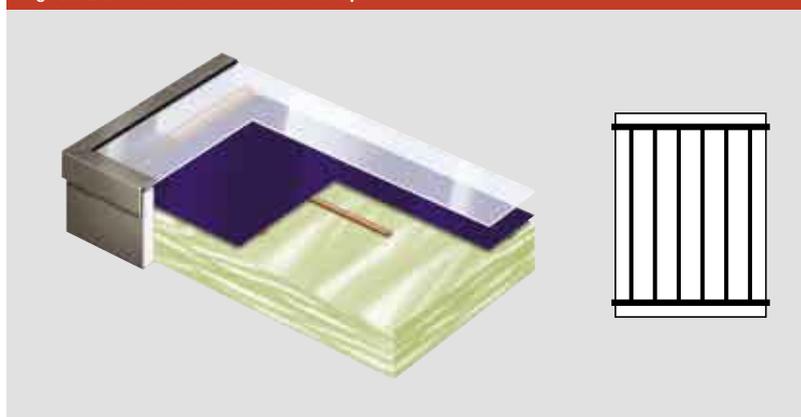
Negli impianti di piccole dimensioni questa differenza non è rilevante in fase di progettazione, mentre per campi di collettori più grandi e più complessi si deve fare attenzione a queste differenze (vedi capitolo C.1).

Fig. B.1.2-1 Rivestimenti dell'assorbitore



Durante la trasformazione della radiazione in calore, tutte le superfici sono uguali, mentre nella fase successiva si evidenziano le differenze.

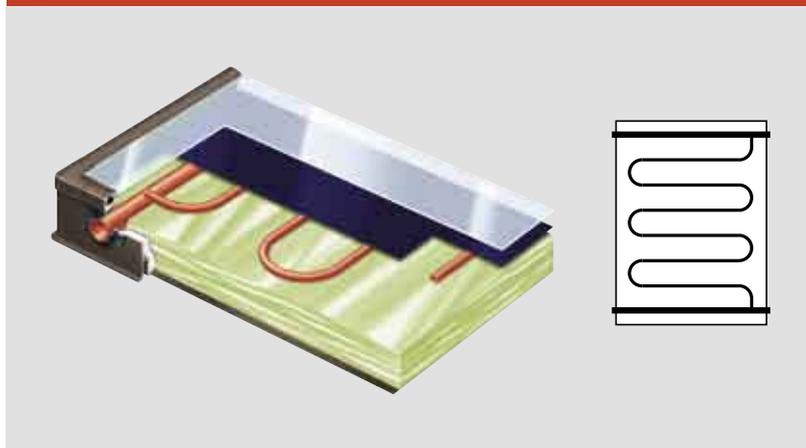
Fig. B.1.2-2 Tubo di assorbimento ad arpa



I collettori solari piani con assorbitore ad arpa presentano vantaggi dovuti alla ridotta perdita di carico.

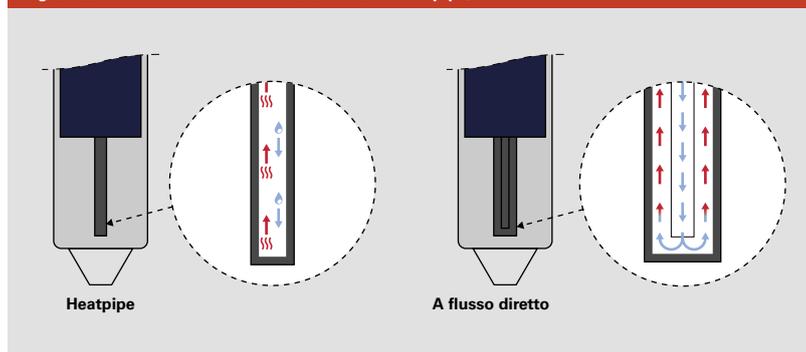
## B.1 Collettori

Fig. B.1.2-3 Tubo di assorbimento a forma di meandro



I collettori con assorbitore a meandri consentono un prelievo del calore prodotto uniforme e sicuro.

Fig. B.1.2-4 Tubi di assorbimento della tecnica heatpipe, a flusso diretto



Per trasferire il calore dell'assorbitore, viene utilizzato il principio della circolazione naturale per l'heatpipe oppure il flusso diretto.



Fig. B.1.2-5 Il condensatore della heatpipe viene integrato a secco nel circuito solare.

Bisogna inoltre prestare attenzione al numero degli attacchi sull'assorbitore. Se il collettore dispone di soli due attacchi, i collettori stessi possono essere collegati solo in serie senza un raccordo esterno supplementare. I collettori con quattro attacchi consentono una versatilità idraulica notevolmente superiore e facilitano l'esercizio sicuro in particolare di grandi campi di collettori.

### **Assorbitore per collettori solari a tubi sottovuoto**

#### **Assorbitore piano**

In questo tipo di collettore, l'assorbitore è costituito da una striscia piana di lamiera con un tubo di assorbimento saldato. Nei tubi a flusso diretto viene impiegato un tubo coassiale. Nel tubo interno il termovettore viene condotto dal ritorno solare verso i tubi; il fluido viene poi ricondotto attraverso il tubo saldato all'esterno dell'assorbitore e viene riscaldato. Con l'heatpipe si impiega un unico tubo chiuso in basso.

Nei collettori solari a tubi sottovuoto Viessmann ogni tubo sottovuoto può essere ruotato sull'asse longitudinale per orientare l'assorbitore in modo ottimale verso il sole, anche in caso di posizione di montaggio sfavorevole.

#### **Assorbitore cilindrico**

Con questo tipo di collettore due tubi di vetro inseriti uno dentro l'altro vengono saldati insieme e all'interno viene creato il vuoto. L'assorbitore è trattato sul lato del tubo di vetro interno. Grazie alla lamiera conduttrice di calore e ai tubicini di assorbimento il calore solare viene ceduto al fluido termovettore. Con questo tipo di assorbitore, per poter sfruttare la radiazione anche sul retro, la piastra assorbente deve essere dotata di uno specchio. In riferimento alla superficie di apertura, il rendimento ottico di questo tipo di collettore è, per ragioni costruttive, circa il 20% inferiore al valore dei collettori con assorbitori piani.

### B.1.3 Denominazioni delle superfici

Per i collettori vengono utilizzati tre diversi dati come grandezze di riferimento per i dati di potenza o di resa. In letteratura però non è sempre indicato correttamente a quale superficie si sta facendo riferimento. Per i collettori Viessmann nei dati tecnici sono indicati in modo univoco tutti i valori.

#### Superficie lorda del collettore

La superficie lorda si ricava dal prodotto di lunghezza x larghezza, misurate lungo le dimensioni esterne del collettore. La superficie lorda dei collettori non è significativa per la potenza dei pannelli né per la loro valutazione, ma è importante per la progettazione del montaggio e delle superfici del tetto necessarie. Anche per la richiesta di bandi pubblici la superficie lorda del collettore è spesso determinante.

#### Superficie di assorbimento

La superficie di assorbimento si riferisce esclusivamente all'assorbitore. Negli assorbitori a strisce piane non vengono calcolate le sovrapposizioni delle singole strisce poiché i settori nascosti non fanno parte della superficie attiva.

Negli assorbitori cilindrici conta invece l'intera superficie, anche se qui determinati settori della piastra assorbente non sono mai sottoposti alla luce diretta del sole. Perciò negli assorbitori cilindrici la superficie di assorbimento può essere maggiore della superficie lorda del collettore.

#### Superficie di apertura

Per superficie di apertura si intende la proiezione della superficie attraverso cui può filtrare la radiazione solare.

Nel collettore solare piano la superficie di apertura è il settore visibile della lastra di vetro, quindi il settore all'interno del telaio del collettore attraverso cui la luce può giungere all'assorbitore.

Nei collettori solari a tubi sottovuoto, con assorbitore sia piano che cilindrico senza superfici riflettenti la superficie di apertura è definita come la somma delle sezioni longitudinali di tutti i tubi di vetro. Poiché nella parte superiore e inferiore dei tubi si trovano piccoli settori senza lamiera di assorbimento ne deriva che in questi collettori la superficie di apertura è sempre un po' più grande della superficie dell'assorbitore.

Nei collettori solari a tubi con superfici riflettenti la proiezione di questa superficie speculare è definita come superficie di apertura.

#### Avvertenza

Come misura determinante per il dimensionamento di un impianto di collettori la superficie di apertura si sta affermando sempre di più come standard. Anche la superficie di assorbimento viene però considerata. Perciò è importante distinguere precisamente tra i singoli valori.

Fig. B.1.3-1 Denominazioni delle superfici nei collettori solari piani e nei collettori solari a tubi sottovuoto



La misura di un collettore viene indicata in metri quadrati. Per i dati di misura è fondamentale la superficie a cui fanno riferimento.

## B.1 Collettori

### B.1.4 Qualità e certificazioni

I collettori sono sempre sottoposti agli agenti atmosferici e a oscillazioni di temperatura elevate. Perciò devono essere realizzati con materiali che soddisfano queste condizioni.

I collettori Viessmann vengono costruiti con materiali di alta qualità come acciaio inossidabile, alluminio, rame e vetro speciale. La grande resistenza e i dati di resa dei collettori vengono verificati da istituti certificati.

#### Controllo dei collettori secondo EN 12975

Questo controllo include test per il rilevamento della resa dei collettori e verifiche della resistenza alle condizioni atmosferiche come pioggia, neve o grandine.

#### Solar Keymark

La certificazione secondo il Solar Keymark è anche la base della prova EN12975 dei collettori; il modello sottoposto a test è prelevato direttamente dal processo di produzione e da un ente certificatore indipendente.

#### Marchio CE

Con il marchio CE (applicato qui secondo le linee guida degli apparecchi in pressione) il costruttore stesso garantisce il rispetto delle norme vigenti. Non occorrono controlli esterni.

#### “Angelo blu” (RAL-UZ 73)

Il marchio “Angelo blu” è un ulteriore contrassegno. Questo simbolo non ha conseguenze per l'omologazione e fino al 2007 valeva come requisito per i finanziamenti del “Marktanreizprogramm”, un programma creato in Germania appositamente per incentivare e rafforzare il mercato dell'energia alternativa. Per conferire questo marchio oltre ai dati di resa vengono verificati la riciclabilità del collettore e i materiali utilizzati, in riferimento alla spesa di energia necessaria per costruirlo (KEA).

#### Ulteriori contrassegni di federazioni o associazioni per il controllo di qualità

Oltre ai controlli regolati dalle normative vi sono ulteriori contrassegni o marchi di qualità, i cui ulteriori vantaggi per gli utenti, i costruttori o gli operai sono difficili da riconoscere. Come la maggior parte dei fornitori, Viessmann non prevede questo ulteriore tipo di marchi.

Fig. B.1.4 –1 L'elevata efficienza e la lunga durata dei collettori Viessmann sono il risultato di un intenso lavoro di ricerca.



### B.1.5 Scelta del tipo di collettore idoneo

Per la scelta del tipo di collettore, oltre alla disponibilità di spazio e alle condizioni d'installazione descritte qui di seguito, è decisivo il fattore differenza di temperatura  $\Delta T$  tra la temperatura media del collettore e l'aria esterna (vedi capitolo A.2.1).

La temperatura media del collettore viene calcolata dalla media della temperatura di mandata e ritorno e influenza essenzialmente il rendimento del collettore, quindi la sua potenza. Per la scelta del collettore è decisivo il carico specifico dell'impianto solare; per effettuare questa valutazione si deve pertanto rilevare – per la maggior parte delle applicazioni di regola per un anno - il probabile ambito di esercizio del collettore per l'intero periodo di esercizio. Il risultato fornisce la differenza di temperatura attesa.

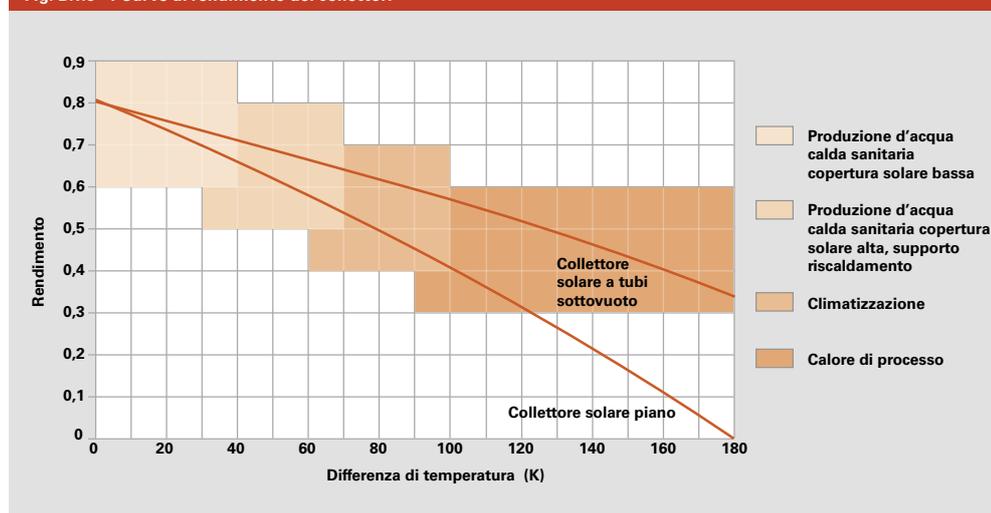
La figura B.1.5 –1 mostra che la differenza di temperatura media  $\Delta T$ , ad esempio negli impianti per la produzione d'acqua calda sanitaria con quota di copertura solare bassa, è notevolmente minore rispetto agli impianti con quota di copertura superiore o agli impianti per il supporto per il riscaldamento.

Per la scelta del collettore è naturalmente molto importante anche il rapporto qualità/prezzo. Dalla curva caratteristica la decisione cadrebbe sempre su un collettore solare a tubi

sottovuoto.

I collettori solari piani sono però più economici dei collettori solari a tubi sottovuoto e, in rapporto al prezzo, hanno ottimi rendimenti in particolare per la produzione d'acqua calda sanitaria.

Fig. B.1.5 –1 Curve di rendimento dei collettori



Tanto più alta è la differenza di temperatura tra il collettore e l'ambiente, tanto maggiore è il vantaggio del collettore solare a tubi sottovuoto.

Fig. B.1.6 -1 Possibilità di montaggio



### B.1.6 Aspetti del fissaggio del collettore

I collettori solari sono generatori di calore che, con il montaggio e l'esercizio corretto hanno una durata garantita di oltre 20 anni. Poiché, a differenza di quasi tutti gli altri componenti della tecnica del riscaldamento sono sempre sottoposti alle condizioni climatiche esterne, per il fissaggio dei collettori vi sono requisiti molto specifici: deve essere staticamente stabile e resistente alla corrosione, la protezione antifulmini è molto importante e, a causa della posizione esposta, anche la realizzazione architettonica gioca un ruolo fondamentale.

Come risposta al forte sviluppo di mercato degli anni passati, oggi sono disponibili soluzioni predefinite per quasi tutte le forme dei tetti e le situazioni di montaggio. Il collettore e il fissaggio costituiscono un'unità statica. Per tutti i più comuni tipi di tetto e per tutti i collettori Vitosol, Viessmann ha nel suo programma sistemi completi con statica verificata; ciò significa la massima sicurezza per i progettisti e per gli operatori.

Nei capitoli seguenti vengono chiariti i principi fondamentali delle diverse possibilità di fissaggio, mentre le indicazioni dettagliate sul montaggio e sui componenti corrispondenti, inclusi grafici e schizzi completi, sono disponibili nella documentazione per la progettazione del relativo Vitosol.

#### B.1.6.1 Possibilità di installazione

Date le loro svariate tipologie costruttive, i collettori solari possono essere installati sia negli edifici di nuova costruzione, sia durante le ristrutturazioni, nell'edificio o nelle sue immediate vicinanze. Possono essere installati su tetti inclinati, tetti piani e montati sulle facciate o liberi sul terreno.

### a. Tetto inclinato

Nella case monofamiliari il tipo di fissaggio più frequente è il montaggio su tetto inclinato parallelamente allo stesso. Il collettore può essere montato sul manto di copertura del tetto (montaggio su tetto) o nel manto di copertura del tetto (integrazione a tetto).

Per poter decidere quale tipo di montaggio è realizzabile su un tetto inclinato, la superficie necessaria per l'impianto di collettori viene stimata approssimativamente. Per garantire un montaggio sicuro è necessario prevedere uno spazio sufficiente intorno al collettore per poter eventualmente ospitare anche il telaio di montaggio del tetto.

Inoltre è indispensabile effettuare il controllo degli eventuali ombreggiamenti: osservata da un collettore orientato a sud la zona tra sudest e sudovest dovrebbe essere priva di ombre e con un angolo all'orizzonte non superiore a  $20^\circ$ . È importante però ricordare che l'impianto funzionerà per più di 20 anni e in questo intervallo di tempo gli alberi accresceranno la loro zona d'ombra.

Alla prima visita sul tetto viene annotato il tipo di copertura, affinché per la formulazione dell'offerta possano essere considerati tutti i componenti necessari. Anche il calcolo di costi e tempi di montaggio dipende dal tipo di tetto: vi sono differenze sostanziali tra i com-

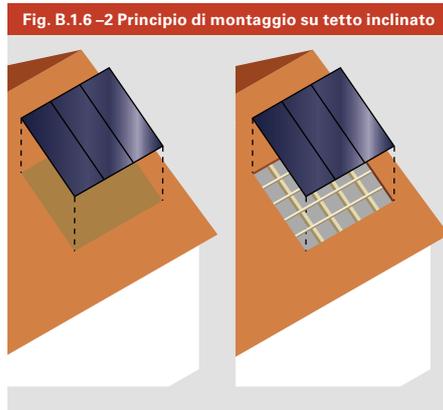


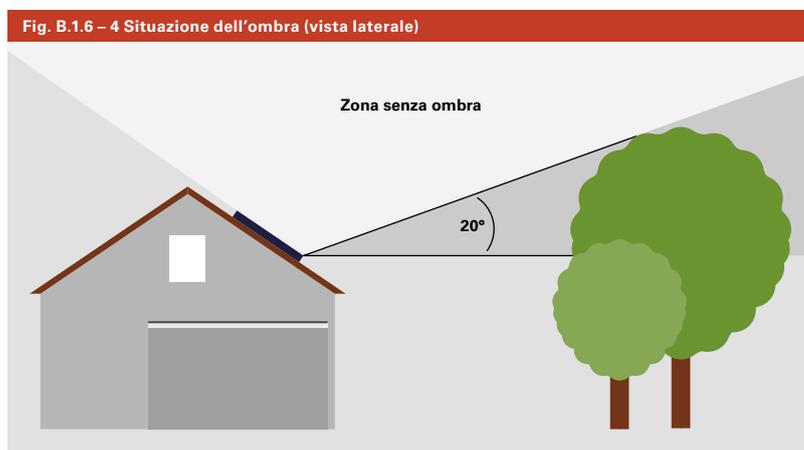
Fig. B.1.6 -2 Principio di montaggio su tetto inclinato

Sui tetti inclinati i collettori possono essere montati sul tetto o integrati nel tetto.

ponenti necessari e tra tetti inclinati semplici (ad es. tegola di Francoforte), tetti inclinati complessi (ad es. tegole ad S lavorate con la malta) e tetti per i quali è consigliata la collaborazione di un posatore di tetti (ad es. lastre d'ardesia). Il montaggio del collettore non deve avere conseguenze negative sulla funzione protettiva del tetto. Dopo il montaggio il tetto deve quindi essere a tenuta "dal punto di vista costruttivo" in tutti i punti di fissaggio e penetrazione e lo scolo dell'acqua deve essere continuo.



Per la scelta della superficie di montaggio può essere tollerata solo un ombreggiamento nelle ore del mattino e della sera.



Nell'ottica di una durata di 20 anni è necessario considerare anche la probabile ombreggiatura futura.

## B.1 Collettori

Per la scelta del sistema di fissaggio devono essere considerati i requisiti statici.

Il fissaggio tradizionale è sicuro solo nel caso standard con carichi normali.

Fig. B.1.6 – 5 Montaggio sul tetto (sezione)

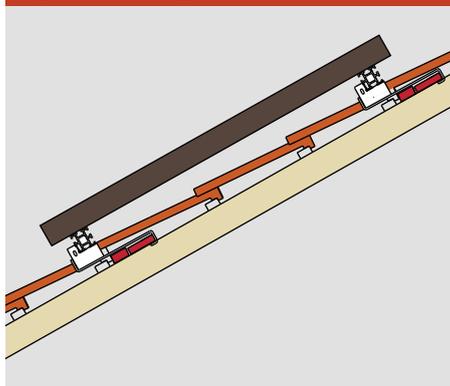
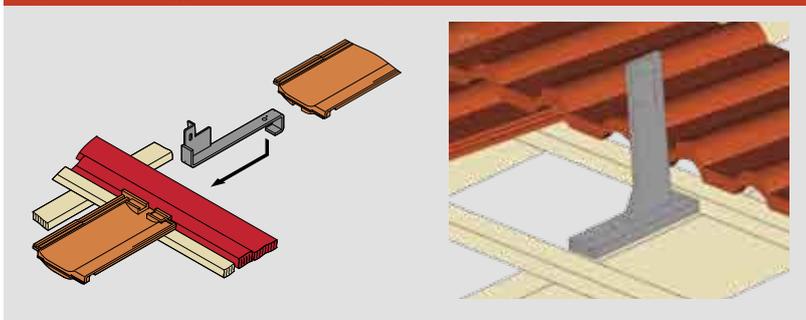


Fig. B.1.6 – 6 Montaggio sul tetto con staffe o ganci



A seconda dei requisiti statici per il montaggio su tetto vengono impiegati appositi ganci o staffe di fissaggio.

### Montaggio sul tetto

Per il montaggio sul tetto il collettore e l'orditura vengono sempre collegati tra di loro per garantire un montaggio sicuro dal punto di vista statico: per ciascun punto di fissaggio un componente (gancio o staffa per il tetto) attraversa la guaina impermeabile sotto al collettore. Devono essere garantiti l'assoluta resistenza alla pioggia e un ancoraggio sicuro, poiché i punti di fissaggio, quindi anche gli eventuali difetti, non sono più visibili dopo l'installazione. La scelta del fissaggio dipende dal probabile carico di vento o neve (vedi capitolo B.1.6.3).

Entrambi i tipi di fissaggio (staffe e ganci) offrono un collegamento affidabile al puntone. Il fissaggio ai listelli del tetto già esistenti non è idoneo: la qualità e la resistenza non possono essere valutate e, inoltre, per un fissaggio ai listelli del tetto comunemente reperibili in commercio non è possibile stilare una statistica generale. I collettori Vitosol devono essere montati con il materiale di montaggio fornito da Viessmann.

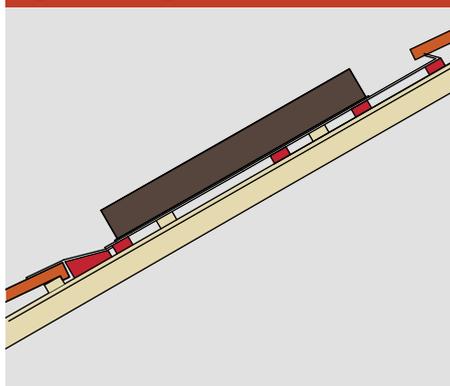
### Integrazione nel tetto

Per l'integrazione nel tetto il collettore solare piano viene installato al posto della copertura del tetto. Il collettore si trova quindi in posizione staticamente sicura sul collegamento di listelli e travetti inclinati.

Per quanto riguarda il passaggio dell'acqua vi sono diverse soluzioni di montaggio: la lastra di copertura in vetro del collettore costituisce la superficie su cui scorre l'acqua (sostituisce quindi sostanzialmente la "copertura tetto rigida" secondo norma DIN 4102-7) oppure al di sotto del collettore viene integrato un livello di tenuta supplementare. Viessmann predilige la seconda variante poiché in caso di rottura del vetro o di altri difetti del collettore viene impedita la penetrazione dell'acqua. Questi danni si verificano rarissimamente (ad es. in caso di grandinate estreme o atti vandalici), ma i successivi danni dovuti all'acqua potrebbero però essere molto seri.

Un vantaggio dell'integrazione nel tetto risiede nell'aspetto estetico. Il collettore viene integrato nel tetto e ne diventa parte integrante dal punto di vista ottico.

Fig. B.1.6 – 7 Integrazione nel tetto (sezione)



Le guide sottotetto possono ridurre le conseguenze delle perdite, ma una superficie su cui scorre l'acqua sempre a tenuta non si può mai sostituire.

Una protezione dalla penetrazione dell'acqua o della neve è offerta anche dall'angolo del tetto minimo per il quale sono ammessi i sistemi di integrazione nel tetto (vedi documentazione tecnica). Se il collettore è in posizione troppo orizzontale, nel suo ruolo di "copertura del tetto" non costituisce una pendenza positiva, bensì un'inversione locale della pendenza stessa.



Fig. B.1.6-8 Integrazione nel tetto

### b. Tetto piano

Per progetti più grandi nei condomini o in esercizi commerciali spesso i collettori vengono installati sui tetti piani. Il vantaggio: di regola l'impianto può essere orientato verso sud e installato con l'inclinazione ottimale.

Anche qui le prime fasi della progettazione riguardano il controllo di fattibilità e una stima approssimativa della superficie di montaggio, in considerazione delle distanze necessarie dai bordi e di un montaggio sicuro.

L'impianto collettori può essere montato su una sottostruttura fissa o libera. In caso di montaggio libero, l'impianto collettori viene assicurato con dei pesi per impedire che i collettori stessi slittino o si sollevino. Lo slittamento è lo spostamento dei collettori lungo la superficie del tetto, causato dal vento e dovuto alla mancanza di attrito tra la superficie del tetto e il sistema di fissaggio dei collettori. Per evitare lo slittamento il collettore può essere fissato ad altri componenti del tetto mediante ancoraggi. A questo proposito deve sempre essere effettuato un calcolo statico dedicato.

Per il montaggio sul tetto piano, l'angolo d'inclinazione dei collettori può essere adeguato al modo operativo dell'impianto. A seconda dell'utilizzo principale viene scelto un angolo più o meno acuto.

Fig. B.1.6-9 Montaggio su sottostruttura

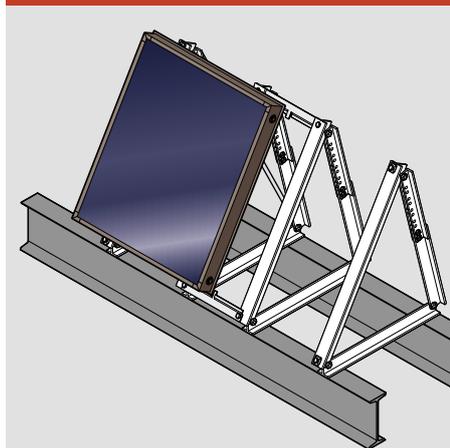
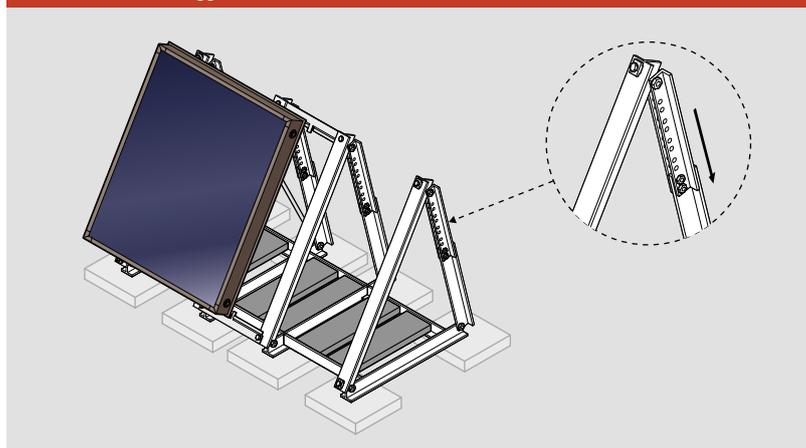
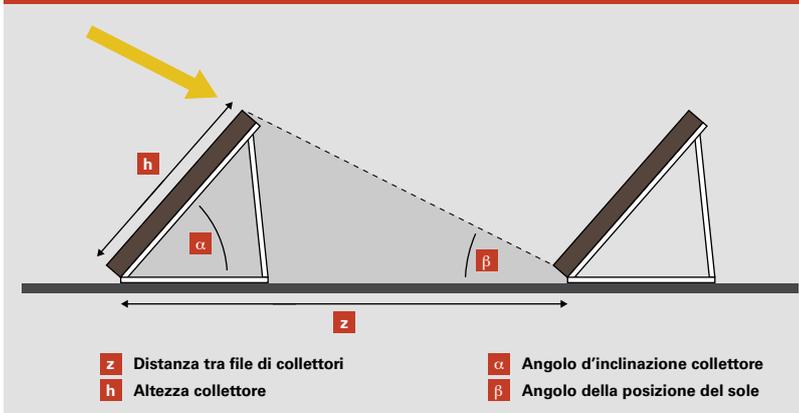


Abb. B.1.6-10 Montaggio libero



## B.1 Collettori

Fig. B.1.6 -11 Montaggio su tetto piano (distanza collettori)



Per evitare l'ombreggiamento, la distanza tra le file di collettori deve essere adeguata.

### Distanze tra le file di collettori

Per evitare ombreggiamenti in caso di montaggio di più file di collettori la distanza deve essere sufficiente. Per rilevarla è necessario misurare l'angolo della posizione del sole a mezzogiorno del 21 dicembre, la giornata più corta dell'anno. In Italia tale angolo, a seconda del grado di latitudine, è compreso tra 20° (Bolzano) e 29,6° (Ragusa).

Le fasi mattutine e serali dell'ombreggiatura non si possono evitare, ma si evitano i cali di rendimento.

La risultante distanza dei collettori viene calcolata come segue:

$$\frac{z}{h} = \frac{\sin(180^\circ - (\alpha + \beta))}{\sin\beta}$$

**z** = distanza tra file di collettori  
**h** = Altezza collettore  
**α** = Angolo d'inclinazione collettore  
**β** = Angolo della posizione del sole

### Esempio

Prendiamo l'esempio di Venezia con un collettore da 1,2 m, inclinato a 45°:

$$z = \left( \frac{\sin(180^\circ - (45^\circ + 21,1^\circ))}{\sin 21,1^\circ} \right) \times 1,2 \text{ m} = 3,05$$

La misura dell'asse z della serie di collettori in questo caso deve essere di almeno 3,05 m

### Esempio

Venezia è situata a 45,4° di latitudine nord. Nell'emisfero settentrionale tale valore viene sottratto da un angolo prefissato (90° - 23,5° = 66,5°), a tale proposito si veda il par. A.1.1.

Il 21.12. l'altezza del sole a Venezia è 21,1° (66,5° - 45,4° = 21,1°).

Nella documentazione per la progettazione Viessmann per tutti i tipi di collettori si trovano le distanze corrispondenti per le diverse angolazioni della posizione del sole.

### Montaggio su tetto piano (orizzontale)

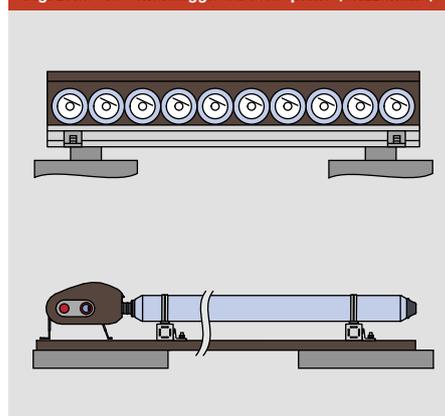
I collettori solari a tubi sottovuoto a flusso diretto possono essere montati su tetti piani anche in orizzontale. Il rendimento per m<sup>2</sup> di superficie del collettore in questo caso è leggermente inferiore (capitolo A.1.2), ma anche il tempo di montaggio è notevolmente ridotto. Se il collettore con i tubi è orientato in direzione est-ovest, il rendimento può essere aumentato ruotando i singoli tubi fino a 25°.

I collettori solari piani non possono essere montati in posizione orizzontale poiché con la pioggia non avverrebbe l'autopulizia della lastra di copertura in vetro e l'aerazione e lo sfiato del collettore sarebbero più difficoltosi.



Fig. B.1.6 -12  
Montaggio su tetto piano  
(orizzontale)

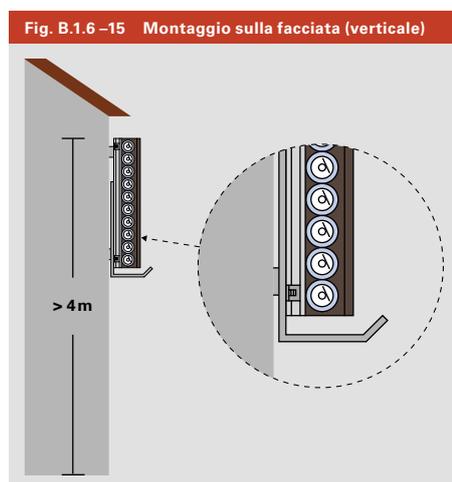
Fig. B.1.6 -13 Montaggio su tetto piano (orizzontale)



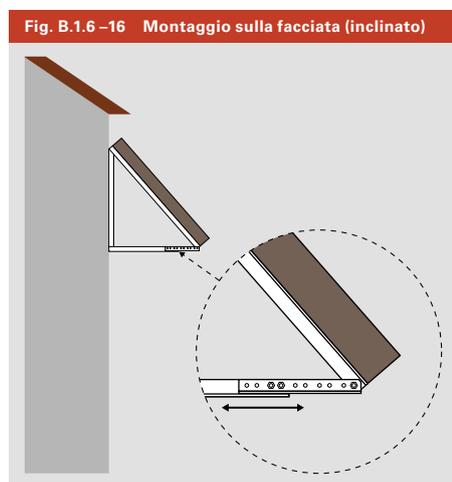
### c. Facciata

Sulle facciate si possono fissare sostanzialmente tutti i tipi di collettori.

Questo tipo di montaggio è soggetto però ad approvazione da parte dell'autorità comunale espressa dalla Soprintendenza ai Beni Ambientali. Le vetrate con angolo d'inclinazione superiore a 10° rispetto alla verticale sono denominate tettoie in vetro, mentre quelle con un angolo d'inclinazione inferiore a 10° vetrate verticali.



Per il montaggio verticale sulla facciata di collettori solari a tubi sottovuoto l'inclinazione dell'assorbitore può essere adattata. La vasca di raccolta svolge una funzione di sicurezza.



Per il montaggio inclinato sulla facciata l'inclinazione del collettore può essere adattata.

In caso di montaggio parallelo alla facciata (orientamento a sud) il collettore raggiunge nella media annua circa il 30% in meno di radiazione rispetto agli impianti con inclinazione di 45°. Se l'utilizzo principale si ha nel periodo di mezza stagione o d'inverno (integrazione riscaldamento), dai collettori si possono ottenere rendimenti superiori (capitolo A.2.4).

Se i collettori non vengono montati parallelamente alla facciata il rendimento è pari a quello degli impianti per tetti piani o inclinati con la stessa inclinazione. Se più serie di collettori vengono montate le une sopra le altre anche qui devono essere rispettate determinate distanze per evitare le ombreggiature. A differenza degli impianti con fissaggio per tetti piani non si deve considerare la posizione massima del sole d'inverno, bensì in piena estate.



Fig. B.1.6-14 Montaggio sulla facciata, superfici verticali



Fig. B.1.6-17 Montaggio sulla facciata, superfici inclinate

## B.1 Collettori

### B.1.6.2 Protezione dalla corrosione

I collettori solari e i sistemi di fissaggio Viessmann sono costituiti da materiali durevoli ed estremamente resistenti alle intemperie e questa caratteristica deve trovare la giusta corrispondenza nel montaggio dei collettori. Questo vale in particolare per la scelta dei materiali di fissaggio nell'ottica della protezione dalla corrosione e il loro utilizzo durante la lavorazione.

La soluzione più sicura è l'impiego di acciaio inossidabile e/o alluminio. Entrambi i materiali sono estremamente resistenti alla corrosione, sia singolarmente che combinati. In prossimità del mare le parti in alluminio devono essere anodizzate o comunque protette. I fissaggi Viessmann sono esclusivamente in acciaio inossidabile o alluminio, incluse le relative viti, dadi e altri elementi di raccordo. Se a causa di particolari condizioni architettoniche il supporto di un collettore viene progettato e installato appositamente, anche la sua tutela dalla corrosione deve soddisfare questi elevati requisiti di qualità.

Se per gli impianti (per tetto piano) di dimensioni maggiori per ragioni di costi o requisiti statici si utilizza una struttura con travi in acciaio zincate, questa deve essere realizzata conformemente al procedimento per i fissaggi nella zona del tetto: dopo aver montato la struttura zincata sul tetto non devono più essere praticati fori!

I fissaggi effettivi dei collettori vengono montati mediante graffe di supporto. Non è consigliabile praticare fori sulla trave prima della zincatura, poiché è difficile adattarli con precisione nel luogo d'installazione.

Anche il fissaggio dei travetti inclinati o dei ganci per il tetto deve essere a prova di corrosione. Qui non avviene il contatto diretto con l'acqua piovana, ma si è comunque spesso in presenza di una elevata umidità dell'aria.

#### Avvertenza

Le minuterie in ferro zincato non sono resistenti alla corrosione nella struttura in alluminio o in acciaio inossidabile. Le viti arrugginite – e le viti di questo tipo arrugginiscono – oltre ad essere antiestetiche con il tempo minacciano la statica dell'intera struttura. Anche l'utilizzo dello spray zincante non è una soluzione!



Fig. B.1.6 –18 Nella scelta dei materiali, si deve prestare attenzione che siano a prova di corrosione.

Destra: B.1.6 –19  
Elementi di fissaggio a prova di corrosione.

### B.1.6.3 Carichi di vento e neve

I fissaggi del collettore devono essere costruiti in modo da gestire carichi elevati di vento e neve, preservando così la struttura e i collettori dai danni. È quindi necessario attenersi alle regole descritte nelle norme DIN 1055 e EN 1991.

La neve agisce come peso supplementare sulla struttura. Nell'installazione di un impianto solare bisogna quindi prestare attenzione alla zona a forte carico di neve in cui deve essere costruito l'impianto

Il vento agisce sulla struttura come pressione o depressione; qui gioca un ruolo fondamentale l'altezza dell'edificio. Nella norma EN 1991 sono indicate zone di vento e caratteristiche del terreno che, insieme all'altezza dell'edificio, danno i carichi teorici specifici.

I collettori Viessmann e tutti gli elementi di fissaggio e gli accessori sono verificati secondo EN 12975; la loro resistenza è dimostrata, insieme anche a tutti i componenti. Questo vale sia per i fissaggi standard, sia per i fissaggi speciali in condizioni straordinarie, come ad esempio zone a forte carico di neve.

La resistenza dimostrata secondo EN 12975 è un presupposto necessario per la stabilità dell'intera costruzione, ma da sola non è sufficiente per la progettazione di un impianto. Per garantire la sicurezza dell'intera struttura nelle fasi preliminari della progettazione si deve rispondere alle seguenti domande:

1. La costruzione della copertura del tetto esistente o pianificata sostiene il peso del

collettore, della sua sottostruttura e del carico supplementare dovuto alla neve, alla pressione o al risucchio del vento?

2. I punti di fissaggio o — in caso di impianti a montaggio libero — i pesi inseriti, sono misurati correttamente per garantire un sostegno sicuro dell'impianto in riferimento all'altezza dell'edificio?

Determinate parti del tetto sono soggette a requisiti particolari:

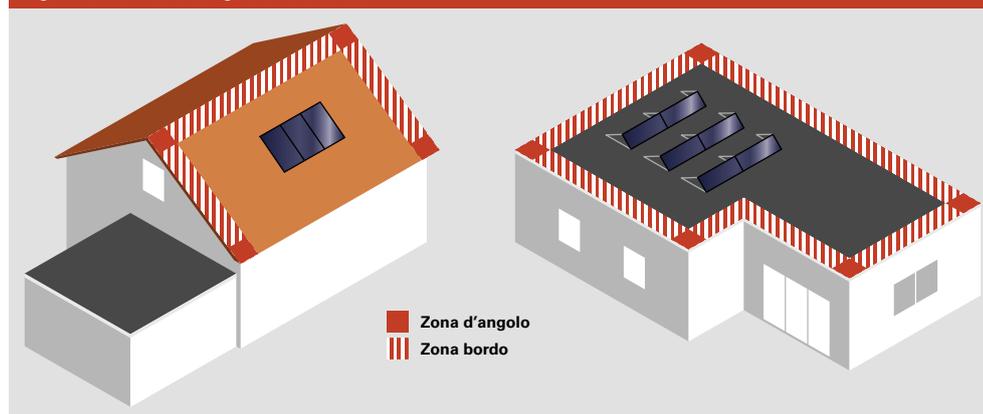
- zona d'angolo — limitata su due lati della fine del tetto
- zona bordo — limitata su un lato della fine del tetto (senza grondaia)

La larghezza della striscia della zona d'angolo e della zona bordo deve essere calcolata secondo la normativa italiana in riferimento all'edificio e all'ubicazione. Non deve essere inferiore a 1 m.

#### Avvertenza

Nelle zone dei bordi vi sono particolari condizioni (turbolenze non calcolabili) che consentono un'installazione solo con determinate condizioni di carico. Il montaggio di un collettore in queste zone è rischioso e dovrebbe essere evitato.

Fig. B.1.6 –20 Zona d'angolo e zona bordo



Le zone d'angolo e bordo del tetto non sono adatte per il montaggio del collettore.

## B.1 Collettori



Fig. B.1.6.4—1 Facciata collettore nella "City of tomorrow".



Fig. B.1.6.4—2 Il collettore come oscuramento.

### B.1.7 Collettori come elementi architettonici

I collettori solari piani e a tubi offrono svariate possibilità di realizzazione estetica degli edifici. Grazie alle numerose varianti di installazione si hanno interessanti possibilità di realizzazione per l'architettura moderna.

I collettori solari a tubi Viessmann non devono solo essere adeguati all'edificio, ma possono essere impiegati anche come elemento strutturale.

Con la "City of tomorrow" nella città svedese Malmö, ad esempio, è stata realizzata l'idea di una città modello ecologica: 500 abitazioni traggono tutto il loro fabbisogno energetico esclusivamente dalle energie rinnovabili. I collettori solari a tubi sottovuoto Viessmann conferiscono alla facciata dell'insediamento uno stile all'avanguardia e mostrano una perfetta integrazione di tecnica e architettura.

I telai e le lamiere di copertura dei collettori Viessmann, così come gli alloggiamenti degli attacchi, sono disponibili in tutti i colori RAL e garantiscono una transizione armonica tra la superficie del collettore e il tetto.



Fig. B.1.7—3 Il collettore come elemento del tetto dai colori abbinati.

Vi sono moltissimi altri esempi dei collettori come elementi architettonici. Essi mostrano che gli impianti solari sono molto di più che “solo” collettori. Sono multifunzionali e danno anche un contributo visibile ed estetico alla tutela delle risorse e del clima. Questo dovrebbe far parte delle argomentazioni a favore dell’investimento in un impianto solare.



Fig. B.1.7—4 Il collettore come elemento architettonico dell’eliotropo di Friburgo.



## Accumuli

**L'accumulo di un impianto solare ha il compito di compensare le oscillazioni e lo sfasamento tra l'offerta di irraggiamento solare e il fabbisogno di calore utile.**



Fig. B.2—1 Vitocell 100 -U con stazione pompa SolarDivicon integrata

Nei capitoli precedenti sono stati descritti l'offerta di irraggiamento e la tecnica dei collettori. È stato chiarito che il fabbisogno di energia e l'energia prodotta negli impianti solari non devono essere osservati soltanto quantitativamente, bensì innanzitutto nei loro processi temporali, a differenza degli impianti con generatori di calore in cui la potenza installata è sempre disponibile. Per questa ragione l'accumulo di calore è particolarmente importante negli impianti solari termici.

In questo capitolo vengono descritti i principi fondamentali dell'accumulo termico, nonché i diversi tipi di serbatoi e le possibilità di carico. Le avvertenze relative al dimensionamento per la specifica applicazione sono riportate al capitolo C.2.

### B.2.1 Perché accumulare?

Un metro quadrato di superficie collettore ha una potenza massima calcolabile. È possibile calcolare anche la probabile resa del collettore riferita a un arco di tempo a piacere (in kWh per unità di tempo). In questo caso, quanto maggiore è il periodo di osservazione, tanto più precisa è la previsione di resa e viceversa.

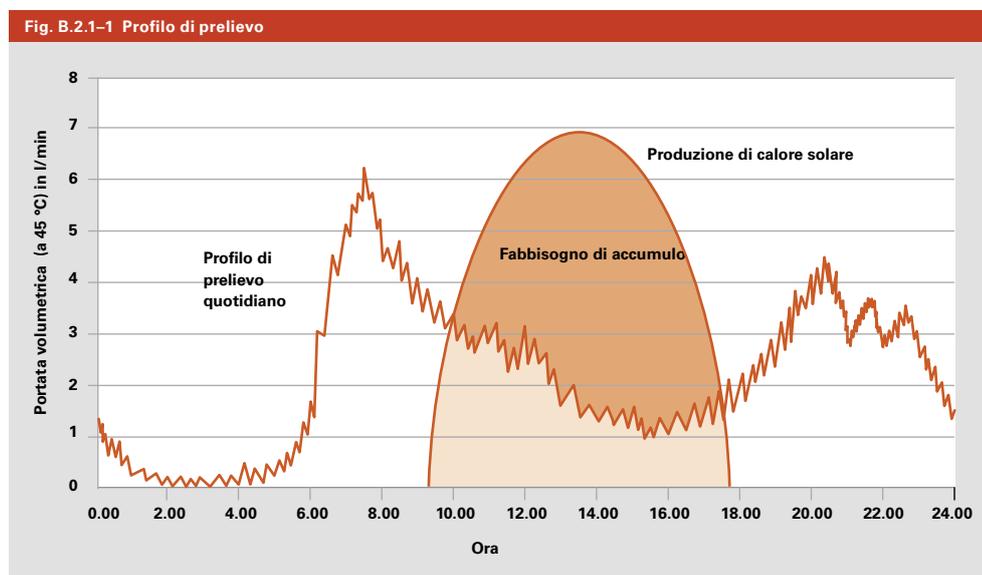
Anche l'offerta di irraggiamento annuale e la conseguente resa annua possono essere previste con oscillazioni relativamente ridotte. È però impossibile effettuare una previsione di questo tipo per singoli giorni o ore. Il generatore di calore collettore solare si distingue appunto per questo da una caldaia.

Per la modalità di funzionamento di un impianto solare vi sono due caratteristiche che giustificano la necessità di accumulo:

la prima è che almeno nei giorni di sole il collettore ha un tempo di accensione del bruciatore relativamente lungo, cioè produce calore per un lungo periodo di tempo. Per ottenere la quantità di energia necessaria, la potenza dell'impianto di collettori deve quindi essere inferiore ad esempio a quella di un impianto di caldaie che fornisce la quantità di energia desiderata con tempi di funzionamento del bruciatore notevolmente minori, ma con una potenza maggiore.

La seconda caratteristica è che il periodo della produzione di calore e il periodo del prelievo del calore prodotto raramente coincidono. La produzione di calore di un impianto convenzionale viene regolata dal fabbisogno, mentre la produzione di calore di un impianto solare dipende esclusivamente dall'offerta di irraggiamento solare.

Queste particolarità dimostrano che per un utilizzo efficiente di un impianto solare termico è indispensabile un accumulo che possa garantire lo stoccaggio del calore solare prodotto.



L'andamento quotidiano della richiesta di calore di una casa plurifamiliare mostra il fabbisogno di calore utile. La produzione di calore solare non segue, però, questo fabbisogno, bensì l'offerta d'irraggiamento.

### B.2.2 Principi fondamentali della tecnica di accumulo

#### B.2.2.1 Fluido

L'acqua è il fluido utilizzato solitamente per l'accumulo di energia termica. È economica, sempre disponibile e tecnicamente ben controllabile (stoccaggio, carico e scarico). Inoltre l'acqua ha una elevata capacità termica di  $c_w = 4,187 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ . Nella tecnica del riscaldamento è invece più consueto il valore  $c_w = 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ . Non importa se si tratta di acqua di riscaldamento o acqua calda sanitaria per accumulare il calore.

Oltre ai brevi tempi di accumulo del calore solare, nei comuni accumuli verticali è anche possibile accumulare energia per un periodo più lungo. I cosiddetti accumuli stagionali o a lungo termine lavorano per lo più con l'acqua come mezzo di stoccaggio e hanno un volume di diverse migliaia di litri (grandi accumuli standard) o addirittura di diverse migliaia di metri cubi (ad es. vasche in cemento).

Si cerca di accumulare il calore attraverso modi fisico-chimici. Si parla di accumulatori di calore latente che, ad es., utilizzano il cambio di stato (solido liquido o viceversa) dei materiali come la paraffina o i sali per accumulare il calore.

#### B.2.2.2 Contenuto d'energia

Per la scelta di un accumulatore, è decisivo non la sua capacità, bensì il suo contenuto d'energia. Il contenuto d'energia di un accumulatore dipende dallo scostamento della temperatura: quanto maggiore la differenza, tanto maggiore è il contenuto di energia utile per unità di volume dell'accumulo.

Per determinare la capacità dell'accumulo, si tiene conto dello scostamento di temperatura sul lato di prelievo del calore prodotto. La temperatura massima dell'accumulo è determinata dal fluido acqua. La grandezza fondamentale per determinare la capacità dell'accumulo necessaria è quindi la minima temperatura di stoccaggio possibile.

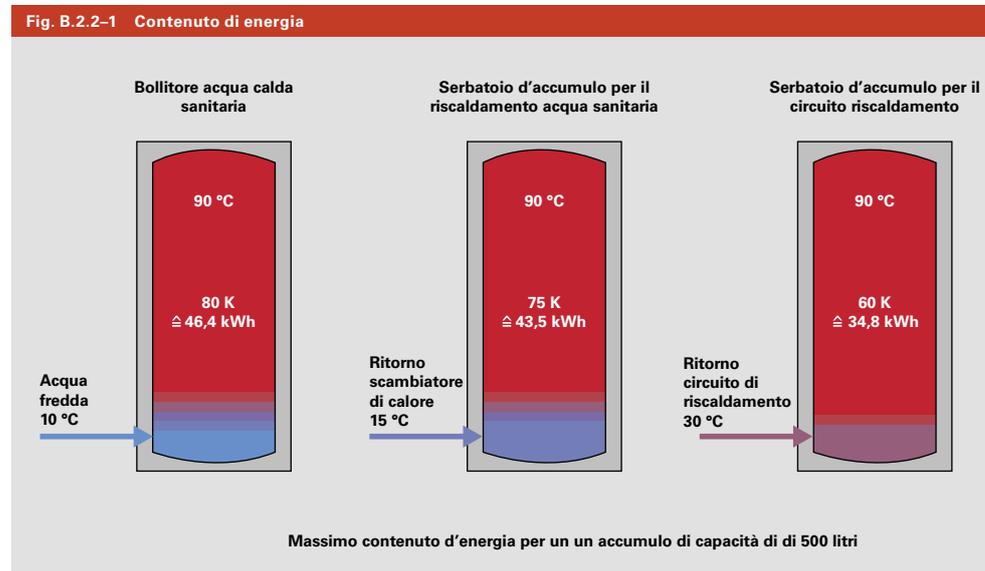
Per il dimensionamento degli accumuli, come temperatura minima vale la temperatura media dell'acqua fredda, ad esempio  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nei serbatoi d'accumulo per la produzione d'acqua calda sanitaria (ad es. mediante una stazione di produzione di acqua calda istantanea) la temperatura minima dell'accumulo viene determinata dalla temperatura dell'acqua fredda e dalla differenza di temperatura tra l'ingresso e l'uscita sullo scambiatore di calore per acqua sanitaria. Nel caso di integrazione riscaldamento ambienti tramite impianto solare, la temperatura minima durante il periodo di riscaldamento viene indicata dal ritorno del

#### Avvertenza

Per il riscaldamento di edifici o la climatizzazione con integrazione solare anche l'edificio funge da accumulatore, la cui capacità deve essere considerata per il dimensionamento dell'impianto.

Il contenuto di energia di accumulatore viene determinato sostanzialmente dalla temperatura più bassa che è possibile introdurre nell'accumulo stesso.

Fig. B.2.2-1 Contenuto di energia



**Esempio**

Casa monofamiliare con 4 persone, fabbisogno di acqua calda di 47 l per persona (40°C) per un totale di 188 l al giorno.

Con la temperatura dell'acqua fredda a 10 °C corrisponde a una quantità di energia di 6,5 kWh, escluso il fabbisogno di calore per le perdite di accumulo (1,5 kWh) e il ricircolo (1,5 kWh).

La quantità di energia complessiva per la produzione d'acqua calda sanitaria è dunque pari a 9,5 kWh.

Per un'elevata copertura solare deve essere accumulata la quantità di energia doppia, quindi 19 kWh.

riscaldamento. La capacità dell'accumulo viene calcolata come segue:

$$m = \frac{Q}{c_w \cdot \Delta T}$$

$m$  quantità accumulo (capacità)

$Q$  quantità di energia

$c_w$  capacità termica acqua

$\Delta T$  differenza di temperatura

**Esempio**

Con una temperatura acqua fredda di 10 °C il volume necessario per l'accumulo è pari a 19 kWh con una temperatura di accumulo massima di

**60 °C:** 19.000 Wh / (1,16 Wh/(kg·K) · 50 K)  $\cong$  **328 l**

**80 °C:** 19.000 Wh / (1,16 Wh/(kg·K) · 70 K)  $\cong$  **234 l**

**90 °C:** 19.000 Wh / (1,16 Wh/(kg·K) · 80 K)  $\cong$  **205 l**

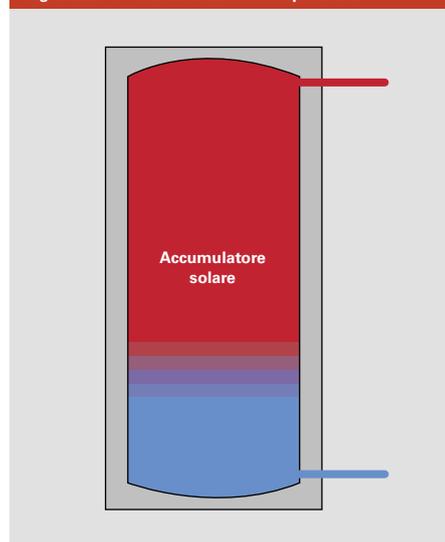
Il contenuto d'energia di un accumulo (vedi fig. B.2.2-1) si può calcolare adattando la formula.

$$Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T$$

**B.2.2.3 Stratificazione della temperatura**

Indipendentemente dal volume, gli accumulatori solari sono realizzati sostanzialmente come unità verticali; così, grazie alla diversa densità dell'acqua calda e fredda può formarsi una buona stratificazione della temperatura. L'acqua calda più leggera "galleggia" sull'acqua fredda più pesante. Se non si formano vortici dovuti ai flussi interni, questa stratificazione è molto stabile.

Fig. B.2.2-4 Stratificazione temperatura



Fino a pochi centimetri gli strati a diversa temperatura con un netto strato di separazione non si mescolano e rimangono molto stabili.

Uno strato inferiore più freddo possibile nell'accumulo garantisce il funzionamento del circuito solare a una temperatura del ritorno bassa e dell'impianto solare con un buon rendimento. Perciò la stratificazione della temperatura nell'accumulo deve essere protetta dai vortici.

**Avvertenza**

Nell'accumulo la circolazione dell'acqua calda può causare una consistente miscelazione del contenuto del serbatoio.

Oltre alla portata volumetrica e al tempo di funzionamento della pompa di ricircolo si deve considerare anche l'attacco della mandata del ricircolo: non deve essere collegato alla mandata acqua fredda del bollitore per evitare che l'intera portata della pompa di ricircolo venga fatta circolare.

### B.2.2.4 Dispersioni termiche

Quando si stabilisce la capacità dell'accumulo per i sistemi solari bisogna tenere conto anche delle dispersioni termiche dell'accumulo. Accumuli di grande capacità possono assorbire più energia, ma hanno maggiori dispersioni termiche. Con l'aumento delle dimensioni dell'accumulo diminuiscono le dispersioni termiche specifiche, mentre aumentano le dispersioni assolute.

In pratica: un accumulo più grande è più vantaggioso di più accumuli piccoli. Dato il migliore rapporto superficie-volume le dispersioni termiche di un accumulo più grande sono sempre notevolmente minori rispetto a più accumuli piccoli. Per la scelta si devono però considerare anche limiti oggettivi, come ad es. la larghezza delle porte e altezza del locale (misura diagonale accumulolo!). Inoltre il numero degli accumuli viene determinato dalla tipologia impiantistica.

Le perdite dell'accumulo si distinguono in dispersioni termiche per mantenimento (in kWh/d, vedi DIN 47538) e in quote di dispersione termica (in W/K, vedi DIN V ENV 12977-3).

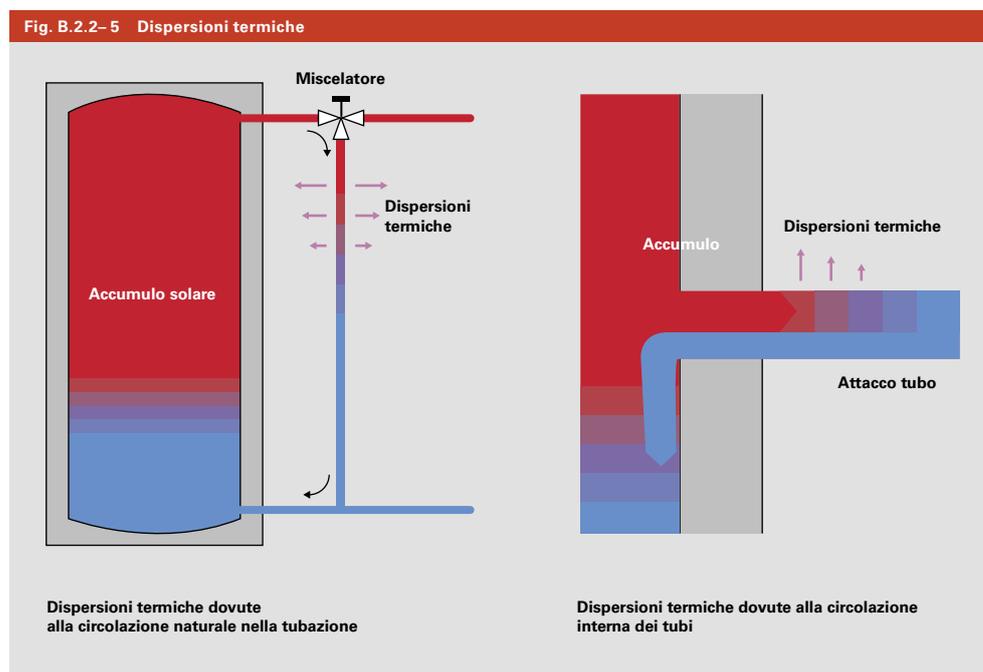
A seconda delle dimensioni un buon bollitore standard per la produzione d'acqua calda sani-

taria solare in una casa monofamiliare ha una dispersione termica compresa tra 1,5 e circa 3 kWh/d, supposto però che il bollitore e i suoi attacchi siano stati eseguiti al meglio. In caso di isolamento insufficiente le dispersioni possono diventare notevolmente superiori.

Dispersioni termiche superiori si verificano, ad esempio, se il calore può salire dell'accumulo attraverso le tubazioni. Queste dispersioni termiche per convezione si possono impedire collegando la relativa tubazione mediante una curva con sifone termico o una valvola con freno di gravità per evitare circolazioni naturali.

Particolarmente critici sono gli allacciamenti dell'accumulo isolati male; la dispersione termica può raggiungere facilmente un valore doppio. Con un bollitore da 300 l, ad esempio, nell'arco di un anno la dispersione può essere pari a  $4 \text{ kWh/d} \cdot 365 \text{ d} = 1.460 \text{ kWh}$ . Se si prende la metà come perdita inevitabile, la sola perdita evitabile con una copertura solare del 50% significa un aumento del fabbisogno di circa  $1 \text{ m}^2$  di superficie del collettore e un aumento del consumo di almeno 50 litri di gasolio o della quantità corrispondente di un altro combustibile.

La differenza di densità dell'accumulo può portare a dispersioni termiche indesiderate dovute al flusso convettivo. Il calore fuoriesce continuamente dell'accumulo attraverso gli attacchi o i tubi.



### **B.2.2.5 Materiale dell'accumulo**

I bollitori per l'accumulo di acqua calda sanitaria sono realizzati in acciaio inossidabile o acciaio smaltato. Anche se la realizzazione è accuratissima non si possono escludere del tutto i difetti di smaltatura, per cui per questi bollitori è necessaria una protezione supplementare dalla corrosione. Questa funzione viene svolta dagli anodi alimentati da energia esterna o dagli anodi di magnesio.

Gli accumuli in acciaio inossidabile di regola non richiedono una protezione supplementare dalla corrosione e presentano anche un vantaggio in termini di peso.

I serbatoi d'accumulo riscaldamento non contengono invece acqua sanitaria ricca di ossigeno, bensì acqua dell'impianto termico. Gli accumuli in acciaio possono essere quindi utilizzati senza nessuna protezione dalla corrosione. Poiché funzionano con una pressione più bassa (circuito di riscaldamento anziché rete acqua sanitaria) hanno un prezzo più vantaggioso rispetto ai bollitori.

Bisogna ancora menzionare i serbatoi d'accumulo riscaldamento in plastica. Questo materiale è leggero ed economico, ma può essere messo in esercizio solo con temperature massime basse. Inoltre questi accumuli consentono solo l'esercizio non in pressione, per cui è necessario un ulteriore scambiatore di calore.

Le cisterne del gasolio non sono idonee come soluzione economica di accumulo, anche se consentono un volume di diverse migliaia di litri:

- Il rapporto superficie-volume sfavorevole e l'isolamento difficile da applicare hanno come conseguenza elevate dispersioni termiche. Perciò d'estate il serbatoio diventa un'indesiderata fonte di calore interna.
- L'integrazione della tecnica di carico e di scarico è molto dispendiosa.
- La modifica (taglio, rettifica, saldatura) può essere effettuata solo con il riempimento di azoto.
- Questo tipo di accumuli può funzionare solo non in pressione.

## B.2 Accumulo



Fig. B.2.3—1  
I bollitori Viessmann per l'utilizzo solare si contraddistinguono per una forma cilindrica slanciata, sono realizzati in acciaio inossidabile o acciaio smaltato, sono a prova di corrosione e sono provvisti di un efficacissimo isolamento termico avvolgente privo di clorofluorocarburi (CFC).

### B.2.3 Tipi di accumulo

#### B.2.3.1 Accumulo con scambiatore di calore interno

##### a. Acqua sanitaria

L'utilizzo dell'acqua sanitaria come mezzo di accumulo obbliga a destinare l'energia solare per il solo riscaldamento dell'acqua stessa. L'uso del bollitore per altri scopi, come ad esempio l'integrazione riscaldamento, non ha alcun senso. Di regola i bollitori devono essere resistenti a una pressione fino a 10 bar.

##### Bollitore monovalente

Se un impianto di riscaldamento già esistente viene integrato con impianto solare e si desidera continuare a utilizzare il vecchio bollitore, viene collegato a monte un secondo bollitore monovalente. Gli impianti più grandi (anche appena installati) per la produzione d'acqua calda sanitaria possono essere realizzati con due bollitori monovalenti.

Il riscaldamento dell'intero contenuto d'acqua

avviene esclusivamente attraverso uno scambiatore di calore posizionato nella parte bassa del bollitore.

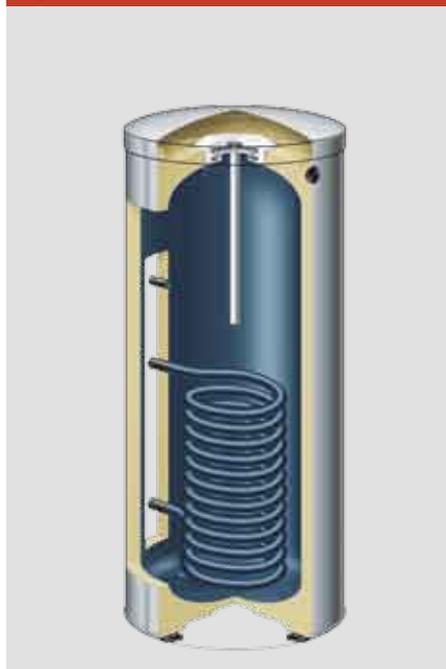
##### Bollitore bivalente

Nelle nuove costruzioni, o in caso di montaggio di un nuovo impianto di riscaldamento per gli impianti di piccole dimensioni la variante preferibile è un bollitore bivalente per la produzione d'acqua calda sanitaria.

Un bollitore bivalente è provvisto di due scambiatori di calore, uno inferiore collegato al circuito collettori per il riscaldamento solare dell'acqua sanitaria e uno superiore per il collegamento al riscaldamento integrativo attraverso la caldaia.

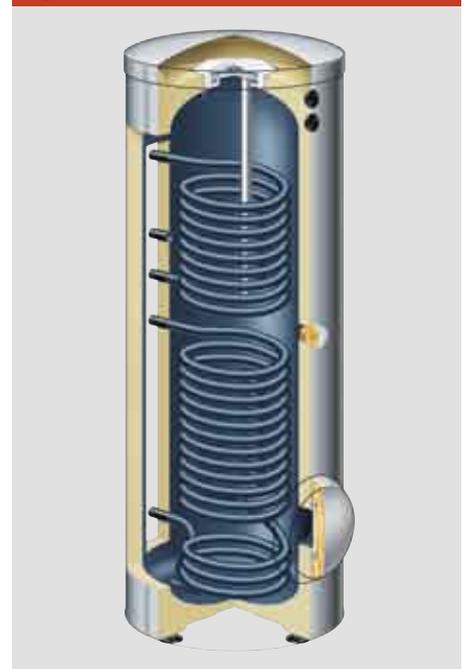
Solitamente con il mezzo di accumulo acqua sanitaria si deve prestare attenzione che esclusivamente le zone del bollitore a riscaldamento solare o i preriscaldatori vengano disinfettati termicamente conformemente alle norme igieniche per l'acqua sanitaria.

Fig. B.2.3-2 Bollitore monovalente



Bollitore monovalente Vitocell 100 V

Fig. B.2.3-3 Bollitore bivalente



Bollitore bivalente Vitocell 100-B

### b. Acqua di riscaldamento

Se si sceglie l'acqua di riscaldamento come mezzo di accumulo vengono utilizzati i serbatoi combinati o di accumulo. Questi vengono impiegati in prima linea negli impianti in cui il calore solare ottenuto oltre che per la produzione d'acqua calda sanitaria deve essere utilizzato anche per l'integrazione del riscaldamento ambiente (integrazione riscaldamento solare).

Anche in impianti solari di grandi dimensioni per la produzione d'acqua calda sanitaria si utilizza l'acqua di riscaldamento come mezzo di accumulo. In questo caso non è necessaria la disinfezione termica del mezzo di accumulo.

Gli accumuli vengono inseriti conformemente ai valori di pressione nel circuito di riscaldamento. Poiché si tratta di circuiti chiusi non è necessaria una protezione dalla corrosione.

### Serbatoio d'accumulo riscaldamento

In un serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento il calore solare può essere prelevato direttamente per il circuito di riscaldamento oppure può essere utilizzata una stazione per la produzione d'acqua calda sanitaria (modulo FRIWA).

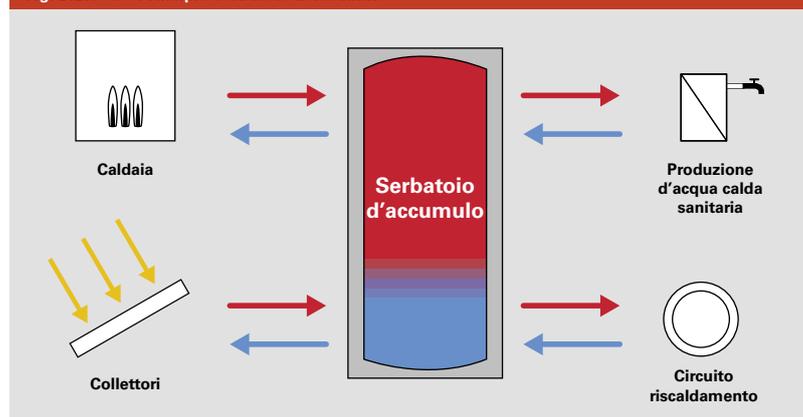
Ai serbatoi d'accumulo riscaldamento possono essere collegati altri generatori di calore, ad esempio una caldaia a biomassa. Nel serbatoio d'accumulo riscaldamento i flussi energetici possono essere "gestiti" in modo ottimale in impianti bivalenti o multivalenti.

Fig. B.2.3- 4 Serbatoio d'accumulo



Serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento con scambiatore di calore solare integrato Vitocell 140-E

Fig. B.2.3- 5 Principio serbatoio d'accumulo



Il serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento come "gestore di energia" consente l'integrazione di diversi generatori e consumatori di calore.

## B.2 Accumulo

### L'accumulo combinato

L'accumulo combinato è una combinazione tra serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento e bollitore. È adatto anche per più generatori di calore. Il prelievo del calore per la produzione d'acqua calda sanitaria avviene mediante uno scambiatore di calore integrato (per i serbatoi d'accumulo acqua di riscaldamento Viessmann Vitocell 340-M e 360-M mediante un tubo flessibile in acciaio inossidabile) attraverso cui viene condotta e riscaldata l'acqua fredda.

### B.2.3.2 Accumulo con carico esterno

Per la scelta degli accumuli con carico esterno non è determinante solo la capacità, visto che la capacità di carico viene determinata dalla scelta dello scambiatore di calore a piastre (vedi capitolo B.2.5.2). Le possibilità d'impiego e i requisiti per la protezione dalla corrosione e la resistenza alla pressione sono uguali a quelli degli accumuli con scambiatori di calore interni.

Fig. B.2.3-6 Bollitore combinato



Serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento polivalente con produzione integrata d'acqua calda sanitaria Vitocell 340-M

Fig. B.2.3-7 Bollitore acqua calda sanitaria



Bollitore ad accumulo Vitocell 100-L

Fig. B.2.3-8 Serbatoio d'accumulo



Serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento Vitocell 100-E

## B.2.4 Carico dell'accumulo

### B.2.4.1 Carico ad accumulo stratificato

Con il principio del carico ad accumulo stratificato l'acqua riscaldata dall'energia solare viene stratificata al livello che presenta la stessa temperatura. Non avviene pertanto una miscelazione con strati più freddi. Sia gli scambiatori di calore interni, sia esterni sono idonei al carico ad accumulo stratificato.

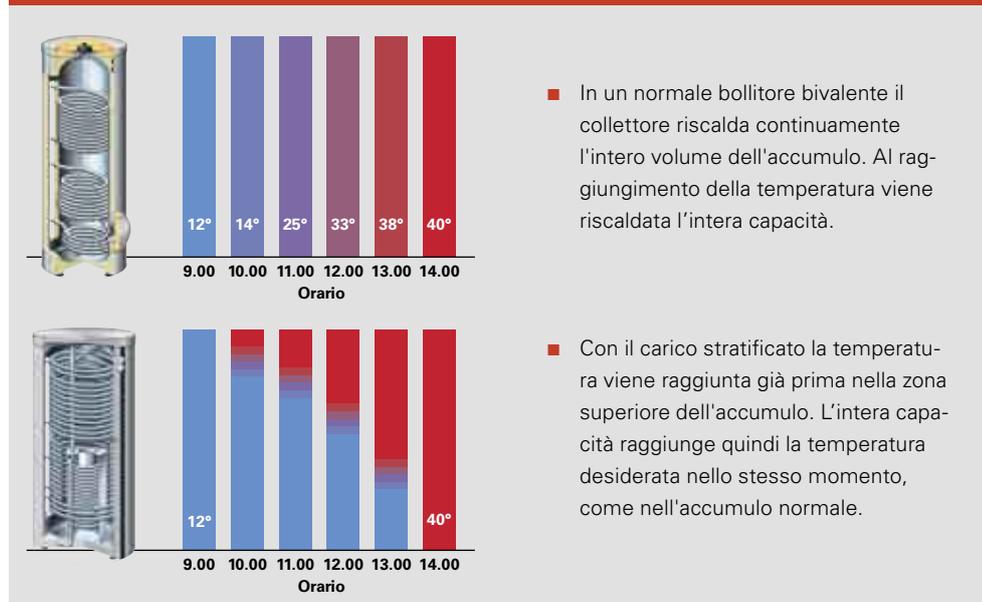
#### Principio del carico stratificato

Durante il carico dell'accumulo con scambiatori di calore interni senza carico stratificato viene riscaldata uniformemente l'intera capacità dell'accumulo. Finché non viene raggiunta la temperatura utile nella zona di preparazione dell'accumulo, il campo collettori fornisce calore per un periodo altrettanto lungo.

Se il calore utile è necessario ancora prima del raggiungimento di questa temperatura, il valore di temperatura richiesto viene raggiunto mediante il riscaldamento ausiliario.

Con il principio del carico stratificato, il fabbisogno di riscaldamento ausiliario può essere ridotto stratificando il più possibile l'acqua riscaldata da energia solare al valore di temperatura utile nella zona di preparazione dell'accumulo. In questo modo il calore utile può essere messo a disposizione dal campo collettori in un periodo precedente in condizioni ottimali prima di inserire l'integrazione del riscaldamento.

Fig. B.2.4 -1 Principio del carico ad accumulo stratificato



- In un normale bollitore bivalente il collettore riscalda continuamente l'intero volume dell'accumulo. Al raggiungimento della temperatura viene riscaldata l'intera capacità.

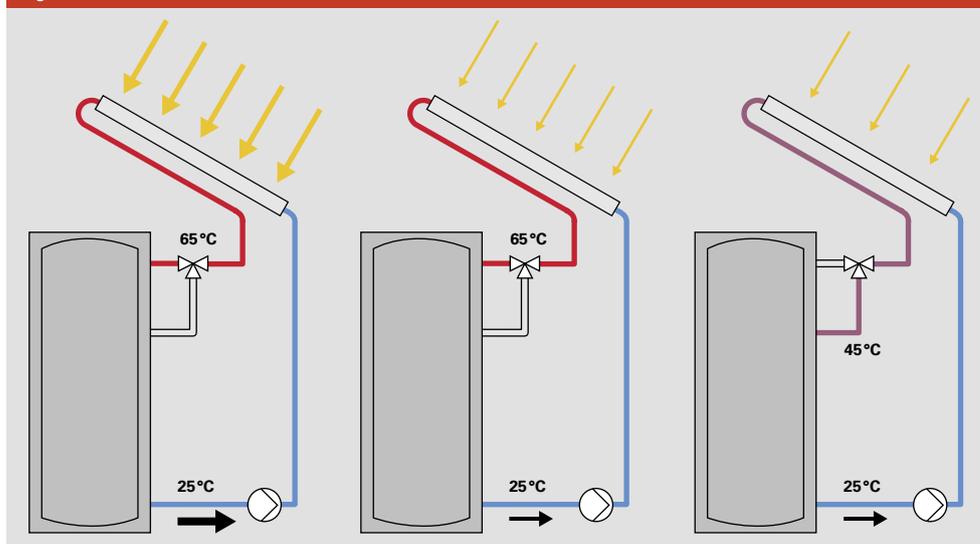
- Con il carico stratificato la temperatura viene raggiunta già prima nella zona superiore dell'accumulo. L'intera capacità raggiunge quindi la temperatura desiderata nello stesso momento, come nell'accumulo normale.

Il vantaggio del carico ad accumulo stratificato risiede nel raggiungimento rapido della temperatura impostata

## B.2 Accumulo

A seconda dell'irraggiamento, nel circuito collettori circola una portata alta o bassa. L'accumulo può quindi essere caricato al valore della temperatura impostata. Qualora l'irradiazione non sia più sufficiente, il carico viene effettuato a un valore di temperatura inferiore.

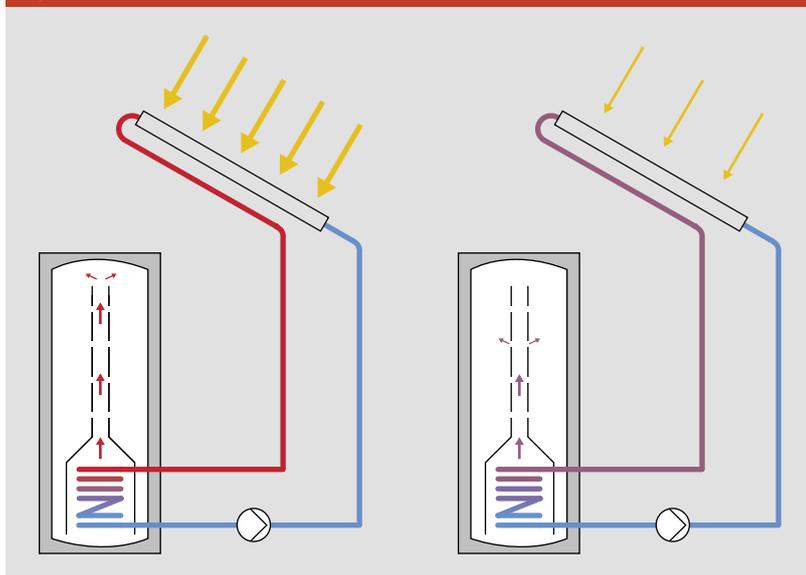
Fig. B.2.4 -2 Funzionamento matched-flow



Per il carico stratificato, nel circuito collettori circola fluido con una temperatura superiore, ovvero la portata volumetrica è ridotta rispetto al convenzionale carico dell'accumulo. Ne risulta quindi una temperatura media del collettore maggiore e, di conseguenza, un rendimento del collettore minore. Date le dispersioni termiche ridotte, i collettori solari a tubi sottovuoto sono più adatti al carico stratificato rispetto ai collettori solari piani; questo vale in particolare per gli impianti per l'integrazione riscaldamento a energia solare. Per il carico stratificato la portata volumetrica

nel circuito collettori viene regolata in modo che all'uscita del collettore (mandata solare) venga sempre mantenuta la temperatura impostata, ovvero la temperatura utile più il differenziale dello scambiatore di calore. Qualora l'irradiazione non sia più sufficiente per mantenere la stratificazione, si carica ad un livello più basso o si carica un altro accumulo. A seconda dell'irradiazione e del valore di temperatura già raggiunto nel circuito solare si hanno diverse portate volumetriche e si parla quindi del cosiddetto funzionamento matched-flow.

Fig. B.2.4-3 Carico stratificato con scambiatore di calore interno

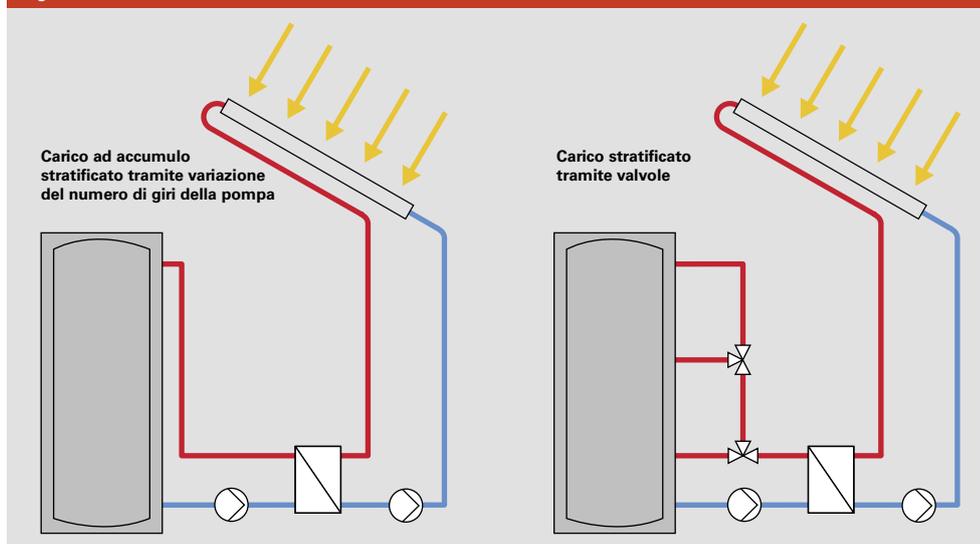


### Realizzazione tecnica

Gli accumuli con scambiatori di calore integrati sono provvisti di speciali tubi in cui l'acqua riscaldata al valore della temperatura utile può salire non miscelata nella zona di preparazione dell'accumulo. Se la temperatura impostata all'uscita collettore non viene più raggiunta, l'acqua riscaldata al di sotto del valore di temperatura utile fuoriesce dal tubo di distribuzione nello strato con la stessa temperatura (= stessa densità).

In caso di carico stratificato con camino di flusso, l'acqua riscaldata ad energia solare sale nel camino fino allo strato che presenta la stessa temperatura.

Fig. B.2.4-4 Carico stratificato con scambiatore di calore esterno



Il numero di giri della pompa segue l'irradiazione e l'accumulo viene caricato alla temperatura impostata. Oppure il carico dell'accumulo viene regolato tramite valvole a portata volumetrica costante.

In caso di trasmissione del calore con scambiatore esterno l'accumulo viene caricato in alto finché il circuito collettori può rendere disponibile la temperatura impostata. Se questa temperatura non viene più raggiunta, il calore solare viene caricato mediante le valvole in una zona più bassa e più fredda dell'accumulo oppure si disinseriscono le pompe.

### Valutazione

Per quanto concerne il prelievo del calore prodotto, presupposti favorevoli per il carico stratificato vengono offerti da sistemi con temperatura elevata, come nel caso della produzione d'acqua calda sanitaria con impianto solare termico. Il potenziale vantaggio del carico stratificato (il risparmio di energia di riscaldamento integrativo) negli impianti con una quota di copertura solare elevata (> 50%) ha effetto solo se si ha un fabbisogno di calore utile mattutino anche nei mesi estivi.

Nei profili di prelievo con punte di consumo mattutine e serali l'impianto solare nei mesi estivi ha tempo sufficiente per riscaldare l'accumulo anche senza carico ad accumulo stratificato. Un carico stratificato in questo profilo di prelievo è vantaggioso solo nel periodo di mezza stagione (autunno/primavera).

In entrambi i casi un carico stratificato è vantaggioso solo se l'integrazione del riscalda-

mento viene regolato precisamente in funzione del fabbisogno.

Gli impianti solari di grandi dimensioni per la produzione d'acqua calda sanitaria vengono dimensionati su rese elevate e di conseguenza limitate coperture solari; raggiungono appena un livello di temperatura utile. Essi sono dotati di accumuli di elevata capacità, provvisti di uno scambiatore di calore esterno. Poiché il funzionamento dell'impianto non viene regolato sulla temperatura acqua calda come temperatura da raggiungere, un carico di tipo stratificato non ha senso.

Negli impianti solari per integrazione riscaldamento sono adatti alla stratificazione particolari circuiti di riscaldamento con elevate differenze di temperatura (radiatori).

### B.2.4.2 Sistemi a circolazione naturale



Fig. B.2.4.5 Collettore a circolazione naturale.

#### Principio della circolazione naturale

In questi impianti la circolazione tra il bollitore e il collettore avviene in base al principio della circolazione naturale, detto anche principio del termosifone. Al posto di una pompa, la differenza di densità del fluido termovettore caldo e freddo viene utilizzata come energia motrice. Il collettore (produzione di calore) deve essere disposto al di sotto del bollitore (prelievo del calore prodotto).

Il fluido termovettore viene riscaldato nel collettore dall'irraggiamento solare. Il liquido caldo nel collettore sottostante è più leggero del liquido freddo nel bollitore situato al di sopra del collettore. Quando il liquido caldo più leggero sale si forma una circolazione naturale.

Nel bollitore il liquido riscaldato cede il calore all'acqua sanitaria accumulata e scende nuovamente al punto più basso nel circuito

collettori. Si crea così un circuito. Questo circuito viene interrotto se la differenza di temperatura/densità tra il collettore e il bollitore è talmente ridotta da non essere più sufficiente a superare la perdita di carico nel circuito collettori.

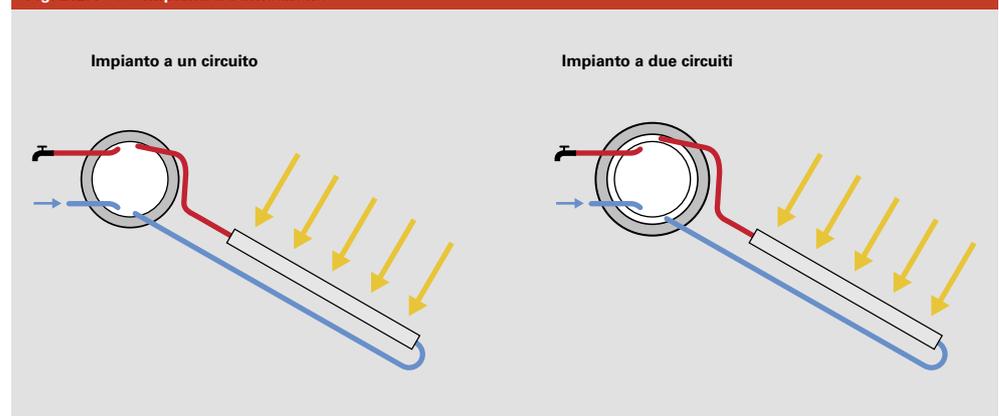
L'acqua pulita e senza ossigeno a 20 °C ha un peso specifico di 0,998 kg/l, l'acqua calda a 50 °C pesa 0,988 kg/l; la differenza di peso è quindi pari a ca. 10 grammi al litro (= 1%). La forza motrice in questo circuito è quindi estremamente ridotta rispetto ai sistemi a circolazione forzata.

Ne risultano le caratteristiche tipiche di un impianto a circolazione naturale in funzione:

- la portata volumetrica è ridotta.
- nell'assorbitore non si verificano flussi turbolenti.
- il circuito collettori deve presentare una perdita di carico molto bassa (lunghezza ridotta, sezioni grandi).
- si deve impedire che il bollitore si raffreddi di notte a causa della circolazione naturale contraria.

I sistemi a un circuito vengono impiegati esclusivamente nelle regioni protette dal gelo. Nei sistemi a due circuiti i bollitori a doppio rivestimento vengono utilizzati come scambiatori di calore.

Fig. B.2.4-6 Impianti a termosifone



### Impianti a uno e due circuiti

Gli impianti a circolazione naturale possono essere realizzati a uno e due circuiti. Negli impianti a un circuito l'acqua sanitaria viene riscaldata direttamente nel collettore. Negli impianti a due circuiti il fluido termovettore nel circuito collettori e l'acqua sanitaria nel bollitore sono separati da uno scambiatore di calore.

Gli impianti a un circuito vengono impiegati esclusivamente in regioni ben protette dal gelo poiché i collettori congelerebbero e si danneggerebbero. Inoltre tutti i componenti devono essere resistenti alla corrosione poiché assieme con l'acqua sanitaria nel sistema entra sempre ossigeno. Il vantaggio di questa soluzione risiede in particolare nel sistema semplice e compatto e nel prezzo relativamente conveniente.

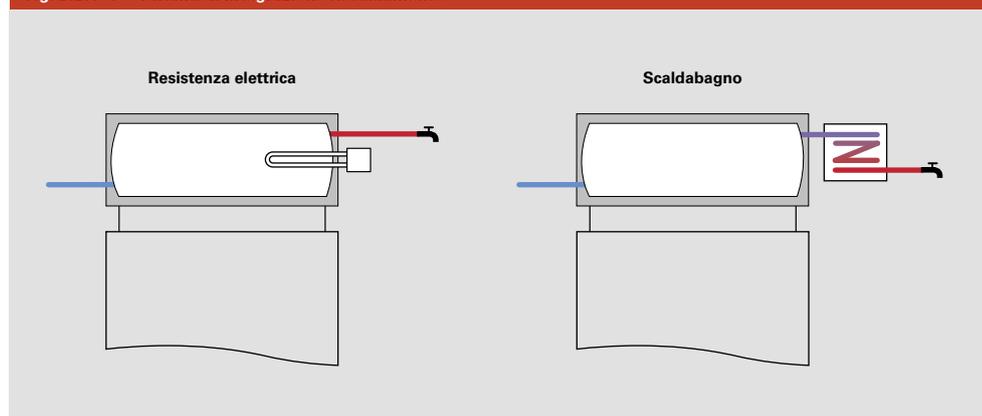
Nelle regioni in cui non si può escludere il rischio di gelo vengono impiegati gli impianti a due circuiti. Il circuito collettori viene messo in funzione con un fluido termovettore antigelo. Per la trasmissione del calore vengono impiegati sostanzialmente bollitori a intercapedine. Il fluido termovettore riscaldato nel collettore cede il calore all'acqua sanitaria attraverso la superficie di contatto tra i due circuiti.

Oltre al circuito collettori anche il lato sanitario è soggetto a possibile gelo. Il bollitore viene quindi installato in un locale a prova di gelo al di sopra dei collettori oppure viene protetto permanentemente dal congelamento mediante un riscaldamento supplementare. Anche per le tubazioni collegate (acqua calda e fredda) deve essere prevista la protezione antigelo. In alternativa il bollitore e la tubazione di alimentazione possono essere svuotati quando c'è pericolo di gelo.

Sia per gli impianti a un circuito, sia a due circuiti si deve considerare il rischio di sovratemperatura. Se non esiste una possibilità di regolazione termostatica, nel bollitore viene ceduto calore finché non viene raggiunta la temperatura di stagnazione. Negli impianti a un circuito l'acqua raggiunge il punto di ebollizione nel bollitore, mentre negli impianti a due circuiti il fluido termovettore lo raggiunge nell'intercapedine del bollitore.

La necessaria integrazione del riscaldamento avviene direttamente nel bollitore mediante una resistenza elettrica.

Fig. B.2.4 -7 Varianti di integrazione riscaldamento



Per l'integrazione del riscaldamento viene impiegata sostanzialmente la resistenza elettrica. L'uso di uno scaldabagno è costoso, ma significativo energeticamente.

## B.2 Accumuli

### B.2.5 Scambiatori di calore

Gli scambiatori di calore negli impianti solari termici hanno il compito di trasmettere calore con perdite di temperatura il più ridotte possibili. Ciò deve essere tenuto in considerazione nella scelta degli scambiatori stessi. Eventuali errori possono ridurre drasticamente il rendimento dell'impianto. L'obiettivo di ciascun dimensionamento è alimentare il collettore con il fluido più freddo possibile.

Per il calcolo degli scambiatori di calore come potenza di progetto si considera mediamente 600 W per metro quadrato di superficie del collettore.

La differenza di temperatura nello scambiatore di calore tra l'uscita sul lato primario (verso il collettore) e l'ingresso sul lato secondario (dall'accumulo) — con scambiatori di calore interni al serbatoio d'acqua circostante — deve essere la più ridotta possibile. Più questa differenza è ridotta, più calore solare può essere trasferito all'accumulo.

#### Avvertenza

Nel solare termico è importante soprattutto raffreddare il collettore nel modo più efficace possibile ovvero sottrargli più calore possibile.

#### B.2.5.1 Scambiatori di calore interni

Con scambiatori di calore interni è consueta una differenza di temperatura tra la mandata del circuito solare e l'acqua dell'accumulo circostante compresa tra 10 K e 15 K.

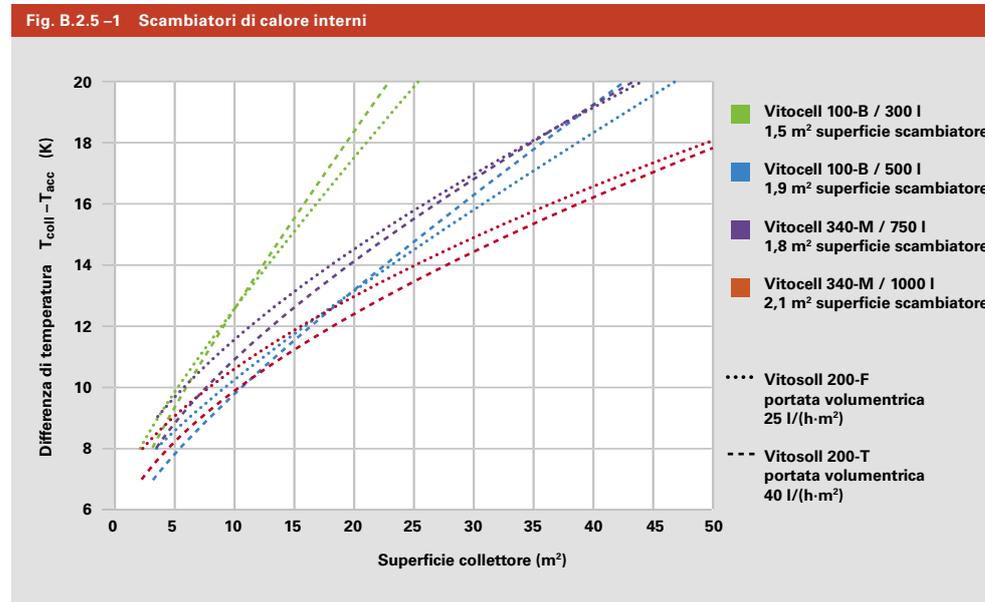
A seconda della costruzione dello scambiatore si ha un rapporto tra la superficie del collettore e la superficie dello scambiatore di 10:1 e 15:1, ovvero per ciascun metro quadrato di superficie dello scambiatore si possono collegare da 10 a 15 metri quadrati di superficie collettore.

Il collegamento di una superficie maggiore di collettori può causare il superamento della temperatura di 15 K.

Per la gamma di accumuli Viessmann si hanno i valori rappresentati in fig. B.2.5—1.

Le potenze ( $T_{acc}$ ) degli scambiatori di calore interni dipendono dalla differenza di temperatura tra l'acqua dell'accumulo ( $T_{acc}$ ) e la mandata del circuito solare ( $T_{coll}$ ). Anche la potenza di campi collettori più grandi può venire trasmessa.

Fig. B.2.5 –1 Scambiatori di calore interni



### B.2.5.2 Scambiatori di calore esterni

Negli scambiatori di calore a piastre è ottimale una differenza di temperatura di 5 K tra il ritorno del circuito solare e il ritorno dell'accumulo. Per garantirla si dovrebbero preferire gli scambiatori in cui il fluido deve percorrere il percorso più lungo possibile nello scambiatore (grande lunghezza termica).

#### Dimensionamento

Il dimensionamento di uno scambiatore di calore a piastre in un impianto solare dipende dal tipo di accumulo e di fluido scelto, mentre i principi fondamentali per la progettazione sono sempre gli stessi. Non è importante quale programma venga scelto per il dimensionamento: i parametri iniziali vengono sempre rilevati allo stesso modo.

#### Portata volumetrica lato primario

La portata volumetrica nel circuito primario ("lato collettore") deriva dal tipo di collettore impiegato e dalla portata del collettore specifica selezionata, nei collettori solari piani ad esempio 25 l/(h·m<sup>2</sup>).

#### Portata volumetrica lato secondario

Di regola uno scambiatore di calore a piastre viene dimensionato con un flusso di calore costante su entrambi i lati. Per ottenerlo, sul lato secondario ("lato accumulo") dello scambiatore di calore a piastre si deve presupporre una portata volumetrica inferiore del 15% rispetto al lato primario. In questo modo viene compensata la capacità termica leggermente inferiore della miscela acqua-glicole.

#### Fluidi

Nell'Europa centrale di regola viene utilizzato glicole propilenico in una concentrazione del 40%, mentre nel circuito secondario acqua.

#### Temperature

La temperatura d'ingresso del circuito secondario dovrebbe essere di 20 °C, l'acqua dell'accumulo non raggiunge temperature inferiori. Se si effettua il dimensionamento consigliato a 5 K, si presuppone una temperatura di uscita nel circuito primario di 25°C. I valori di temperatura per l'uscita del circuito secondario e l'ingresso del circuito primario derivano dal calcolo.

#### Potenza

Indipendentemente dal tipo di collettore, per le applicazioni usuali (= temperature usuali) si presuppone una potenza di progetto di 600 W/m<sup>2</sup>. Per le applicazioni con temperature superiori (calore di processo) questa potenza di progetto può essere ridotta a 500 W/m<sup>2</sup>.

#### Perdita di carico

Si è rivelato utile ridurre la perdita di carico su ambo i lati a max 100 mbar.

Per il dimensionamento pratico può essere utile effettuare calcoli di comparazione. Il primo calcolo viene effettuato con max 100 mbar e un secondo con max 150 mbar. Se si ha dunque uno scambiatore di calore decisamente più competitivo, la scelta dello scambiatore può essere effettuata in base alla perdita di carico complessiva sul lato corrispondente (di regola circuito primario).

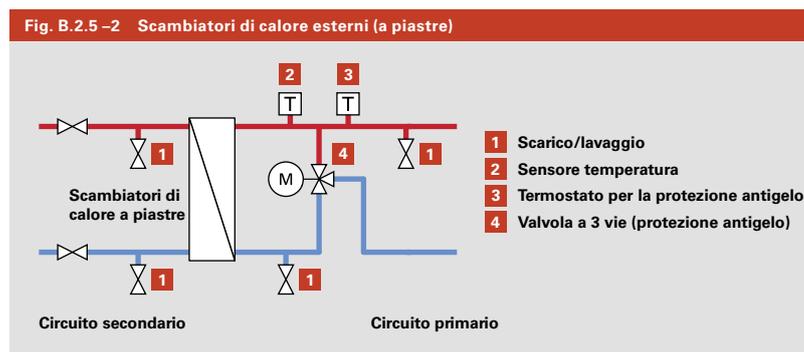
I parametri descritti sopra sono sufficienti per il dimensionamento di uno scambiatore di calore a piastre. Ulteriori indicazioni relative al dimensionamento sono riportate al capitolo C.2.1.2.

#### Montaggio

Per il montaggio negli impianti solari valgono le normali indicazioni di montaggio per gli scambiatori di calore a piastre. I dispositivi d'intercettazione e scarico devono ovviamente essere presenti in ogni scambiatore di calore a piastre.

Ulteriori indicazioni relative agli scambiatori di calore nel riscaldamento dell'acqua di piscina sono riportate al capitolo C.2.4.

Gli scambiatori di calore a piastre devono essere protetti dal gelo che può derivare dal fluido termovettore raffreddato dal circuito solare.





## Circuito primario

**Per circuito primario di un impianto solare si intendono tutti i componenti e le tubazioni che uniscono il collettore all'accumulo.**

In questo capitolo vengono descritte le condizioni di funzionamento tipiche di un impianto solare e le relative prescrizioni per una corretta progettazione. I singoli componenti del circuito primario vengono analizzati nel dettaglio e rappresentati nella loro interazione.

### B.3.1 Circuito collettori

#### B.3.1.1 Rilevamento della portata volumetrica

Gli impianti di collettori possono essere messi in funzione con diverse portate volumetriche specifiche. L'unità di misura corrispondente è la portata in litri/(h · m<sup>2</sup>), mentre la grandezza di riferimento è la superficie di assorbimento.

Una portata volumetrica alta significa una differenza di temperatura ridotta nel circuito collettori, una portata volumetrica bassa comporta invece una grande differenza di temperatura.

Nel caso di grandi differenze di temperatura (= portata volumetrica bassa) aumenta la temperatura media del collettore, quindi diminuisce il rendimento dei collettori. Con portate volumetriche basse, però, è necessaria una minore energia ausiliaria per l'esercizio della pompa e si possono utilizzare tubazioni di collegamento di dimensioni minori.

Si distingue tra:

- **funzionamento low-flow** = funzionamento con portate volumetriche fino a ca. 30 l/(h · m<sup>2</sup>)
- **funzionamento high-flow** = funzionamento con portate volumetriche superiori a 30 l/(h · m<sup>2</sup>)
- **funzionamento matched-flow** = funzionamento con portate volumetriche variabili

Le modalità di funzionamento low-flow e high-flow non sono fissate tassativamente su un valore determinato e vengono adoperate in letteratura diversamente.

#### Quale modalità di funzionamento è opportuna?

Per una progettazione sicura vale quanto segue: la portata volumetrica specifica deve essere sufficientemente alta da garantire una circolazione sicura ed omogenea dell'intero campo. Negli impianti con collettori solari piani e collettori solari a tubi sottovuoto basati sul principio heatpipe, questo valore è pari a 25 l/(h · m<sup>2</sup>) con velocità pompa al 100%. Negli impianti dotati di regolazione solare la portata volumetrica ottimale (riferita alle tem-

perature accumulo attuali e all'irraggiamento attuale) si imposta automaticamente nel funzionamento matched-flow. Impianti a campo unico con i due tipi di collettori indicati sopra possono essere messi in esercizio senza problemi fino a circa metà della portata volumetrica specifica. Per l'impostazione precisa è necessario attenersi alle istruzioni d'uso della centralina di regolazione Vitosolic.

Nei collettori a tubi sottovuoto a flusso diretto, i cui singoli tubi sono raggruppati in parallelo nel collettore è necessaria una portata volumetrica specifica di almeno 40 l/(h · m<sup>2</sup>). In questo tipo di collettori il funzionamento matched-flow non è consigliabile poiché si metterebbe in discussione la circolazione interna uniforme del collettore.

Il superamento di questi valori a favore di un rendimento leggermente superiore non ha senso poiché l'elevato fabbisogno di energia elettrica della pompa che ne deriva non può essere compensato.

Nel caso di un campo di collettori idraulicamente complesso con più campi collettori collegati in parallelo il funzionamento di tipo matched-flow richiede una progettazione molto accurata (vedi capitolo C.1.2).

#### Esempio

Un impianto con sette collettori solari piani da 2,3 m<sup>2</sup>, quindi con una superficie assorbente di 16,1 m<sup>2</sup> e una portata volumetrica specifica desiderata di 25 l/(h · m<sup>2</sup>) ha una portata di 402,5 l/h ovvero 6,7 l/min.

Questo valore deve essere raggiunto con una velocità della pompa del 100%.

La regolazione può essere effettuata mediante i gradini di velocità della pompa.

Viene selezionato il gradino di velocità della pompa che si trova appena al di sopra del valore desiderato.

## B.3 Circuito primario

A seconda della portata volumetrica e delle dimensioni del tubo si hanno diverse velocità di flusso. L'intervallo consigliato tra 0,4 e 0,7 m/s e rappresenta un buon compromesso tra la perdita di carico e lo sfianto.

Fig. B.3.1-1 Velocità di flusso

Portata volumetrica (intera superficie collettore)		Velocità di flusso in m/s						
in m <sup>3</sup> /h	in l/min	Dimensione tubo						
		DN 10	DN 13	DN 16	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40
0,125	2,08	0,44	0,26	0,17	0,11	0,07	0,04	0,03
0,15	2,50	0,53	0,31	0,21	0,13	0,08	0,05	0,03
0,175	2,92	0,62	0,37	0,24	0,15	0,10	0,05	0,04
0,2	3,33	0,70	0,42	0,28	0,18	0,11	0,06	0,05
0,25	4,17	0,88	0,52	0,35	0,22	0,14	0,08	0,06
0,3	5,00	1,05	0,63	0,41	0,27	0,17	0,09	0,07
0,35	5,83	1,23	0,73	0,48	0,31	0,20	0,11	0,08
0,4	6,67	1,41	0,84	0,55	0,35	0,23	0,13	0,09
0,45	7,50	1,58	0,94	0,62	0,40	0,25	0,14	0,10
0,5	8,33	1,76	1,04	0,69	0,44	0,28	0,16	0,12
0,6	10,00	2,11	1,25	0,83	0,53	0,34	0,19	0,14
0,7	11,67	2,46	1,46	0,97	0,62	0,40	0,22	0,16
0,8	13,33	2,81	1,67	1,11	0,71	0,45	0,25	0,19
0,9	15,00	3,16	1,88	1,24	0,80	0,51	0,28	0,21
1,0	16,67	3,52	2,09	1,38	0,88	0,57	0,31	0,23
1,5	25,00	5,27	3,13	2,07	1,33	0,85	0,47	0,35
2,0	33,33	7,03	4,18	2,76	1,77	1,13	0,63	0,46
2,5	41,66	8,79	5,22	3,45	2,21	1,41	0,79	0,58
3,0	50	10,55	6,27	4,15	2,65	1,70	0,94	0,70

 dimensione tubo consigliata

### Avvertenza

A differenza del circuito di riscaldamento, lo sfianto nel circuito solare è reso più difficoltoso dai tubi sovradimensionati. L'aria deve andare verso il basso, non verso l'alto!

### Dimensionamento della tubazione del circuito solare

Per il dimensionamento delle tubazioni del circuito solare è determinante la velocità di flusso ottenuta con la portata volumetrica complessiva.

Per avere le minori perdite di carico possibili la velocità di flusso non deve essere superiore a 1 m/s. Si consigliano velocità del fluido comprese tra 0,4 e 0,7 m/s. Una velocità maggiore aumenta la perdita di carico, mentre una velocità più bassa rende più difficoltoso lo sfianto (vedi capitolo B.3.3). Nella figura B.3.1—1 si possono rilevare le velocità di flusso in diverse dimensioni dei tubi con portate volumetriche

### Esempio

Per l'esempio con sette collettori (portata 402,5 l/h, o 6,7 l/min) si hanno i seguenti valori:

- per tubo in rame 15x1 (DN 13) una velocità di flusso di 0,84 m/s
- per tubo in rame 18x1 (DN 16) una velocità di flusso di 0,55 m/s
- per tubo in rame 22x1 (DN 20) una velocità di flusso di 0,35 m/s

Viene dunque scelto il tubo in rame 18x1.

sempre differenti.

### B.3.1.2 Principi fondamentali del calcolo della perdita di carico

#### Perdita di carico dell'impianto solare

Anche per gli impianti solari il calcolo della perdita di carico è uno dei presupposti per l'esercizio dell'impianto senza disturbi e all'insegna del risparmio energetico (particolarmente per la corrente della pompa). In generale qui valgono le stesse regole di tutti i dispositivi idraulici.

La perdita di carico complessiva del circuito primario dell'impianto solare ("circuito glicole") deriva dalla somma delle seguenti resistenze:

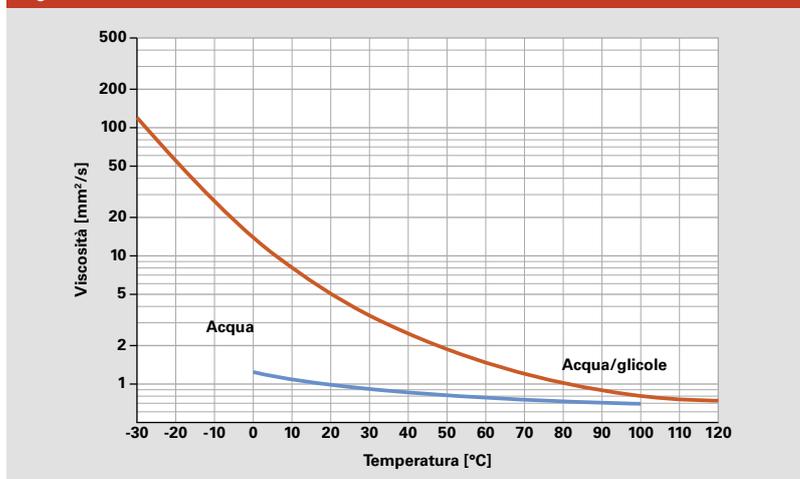
- resistenza collettore
- resistenza tubazione
- singole resistenze dei dispositivi di regolazione
- resistenza dello scambiatore di calore interno nell'accumulo o del lato primario dello scambiatore di calore a piastre esterno.

### Avvertenza relativa al fluido termovettore

Nel calcolo della perdita di carico si deve considerare che il fluido termovettore ha una viscosità diversa dall'acqua pura. Le caratteristiche idrauliche dei fluidi sono maggiormente simili tra di loro quanto più aumenta la temperatura dei fluidi.

A basse temperature intorno a 0 °C, l'elevata viscosità del fluido termovettore può far sì che la potenza della pompa debba essere maggiore di circa il 50% rispetto all'acqua sola. A partire da 50 °C di temperatura del fluido, quindi per il funzionamento normale degli impianti solari, la differenza nella viscosità è invece molto ridotta.

Fig. B.3.1-2 Perdita di carico e viscosità

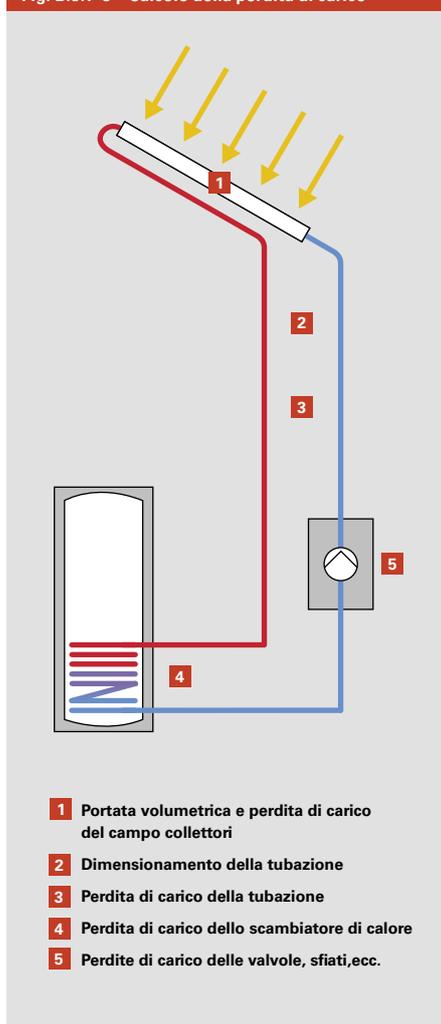


Con l'aumento della temperatura diminuiscono le differenze di viscosità della miscela acqua-glicole.

### Modalità di calcolo

1. La portata specifica per i collettori viene determinata dal tipo di collettore impiegato e dalla modalità di funzionamento programmata del campo collettori (vedi sopra: rilevamento portata volumetrica). In base al collegamento dei collettori si ha quindi la perdita di carico del campo collettori.
2. La portata volumetrica complessiva dell'impianto deriva dalla moltiplicazione della portata volumetrica specifica e della superficie di assorbimento complessiva. Se si presuppone una velocità di flusso necessaria compresa tra 0,4 e 0,7 m/s viene determinata la dimensione della tubazione.
3. Una volta determinata la dimensione della tubazione si può calcolare la perdita di carico della tubazione (in mbar/m).
4. Gli scambiatori di calore esterni devono anche essere inseriti nel calcolo e non dovrebbero superare una perdita di carico di 100 mbar. In caso di scambiatori di calore a tubi lisci interni la perdita di carico è molto più bassa e negli impianti di piccole dimensioni (< 20 m<sup>2</sup>) è trascurabile.
5. Le perdite di carico di ulteriori componenti del circuito solare sono riportate nella documentazione tecnica e vengono considerate nel calcolo complessivo.

Fig. B.3.1-3 Calcolo della perdita di carico



- 1 Portata volumetrica e perdita di carico del campo collettori
- 2 Dimensionamento della tubazione
- 3 Perdita di carico della tubazione
- 4 Perdita di carico dello scambiatore di calore
- 5 Perdite di carico delle valvole, sfiati, ecc.

### Perdite di carico nel collettore

Per i collettori valgono le stesse regole di tutti gli altri componenti idraulici:

- nel collegamento in serie, la perdita di carico complessivo è uguale alla somma delle singole perdite di carico.
- nel collegamento in parallelo, la perdita di carico complessiva è uguale alla singola perdita di carico.

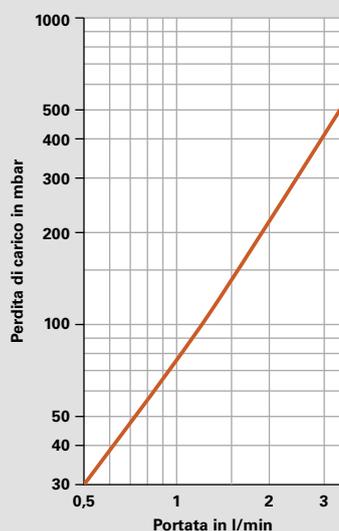
(Ipotesi: tutte le singole perdite di carico sono uguali).

I diagrammi delle perdite di carico del programma collettori Vitosol sono riportati nella documentazione tecnica.

I diagrammi di perdita di carico si riferiscono all'intero collettore. Se i collettori sono collegati in parallelo, la perdita di carico dell'intero campo di collettori è uguale alla perdita di carico di un collettore. Se i collettori vengono collegati in serie, aumentano le perdite a causa della portata volumetrica più elevata per ciascun collettore e inoltre si sommano le singole perdite di tutti i collettori.

Nel campo della portata volumetrica specifica consigliata di  $25 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  la perdita di carico del collettore è di circa 70 mbar.

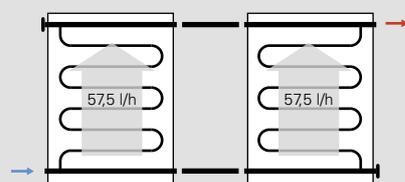
Fig. B.3.1-4 Perdita di carico Vitosol 200-F



### Esempio

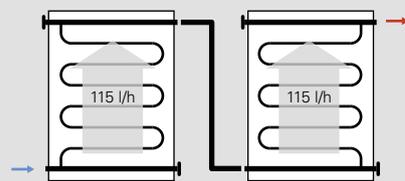
Un impianto con due collettori solari piani da  $2,3 \text{ m}^2$ , quindi con una superficie assorbente di  $4,6 \text{ m}^2$  e una portata volumetrica specifica desiderata di  $25 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  ha una portata di 115 l/h.

Se i collettori sono collegati in parallelo la portata di ciascun collettore è pari a circa 1 l/min (57,5 l/h). La perdita di carico singola di un collettore è di circa 70 mbar. Le perdite di carico non si sommano, la perdita di carico complessiva del campo di collettori completa è anche pari a circa 70 mbar.



Se i collettori sono collegati in serie la portata di ciascun collettore è pari a circa 2 l/min (115 l/h). La perdita di carico singola di un collettore è di circa

200 mbar. Le perdite di carico si sommano, la perdita di carico complessiva dell'intero campo collettori è pari a circa 400 mbar.



In entrambi i casi per l'intero campo collettori vale: la temperatura media del collettore è identica, il rendimento è quasi lo stesso.

### Perdite di carico nella tubazione

Di regola delle tubazioni viene calcolata mediante un programma di dimensionamento; negli impianti di grandi dimensioni con sistema idraulico complesso questo procedimento è indispensabile. Negli impianti semplici con tubazioni in rame si possono calcolare valori approssimativi supponendo quanto segue:

- temperatura d'esercizio: 60 °C
- fluido: acqua/glicole (60: 40)
- 1 curva (non gomito) ogni 2 m di tubo in rame
- rubinetti a sfera necessari e raccordi a T (ad es. per rubinetti di intercettazione).

I valori in figura B.3.1— 5 corrispondono a questi valori approssimativi.

Se si utilizzano le tubazioni solari fornite da

#### Esempio

Per l'impianto dell'esempio con sette collettori (portata 402,5 l/h o 6,7 l/min) la tabella mostra per il tubo in rame selezionato 18x1 una perdita di carico di circa 5,6 mbar/m incluso tutta la rubinetteria.

La lunghezza del circuito solare progettato è pari a 18 m. Ne deriva quindi una resistenza complessiva di circa 100 mbar.

Viessmann (tubo flessibile in acciaio inossidabile DN 16) si possono presupporre le perdite di carico come da figura B.3.1- 6.

### Ulteriori componenti del circuito primario

Fig. B.3.1- 6 Perdita di carico tubo flessibile DN 16

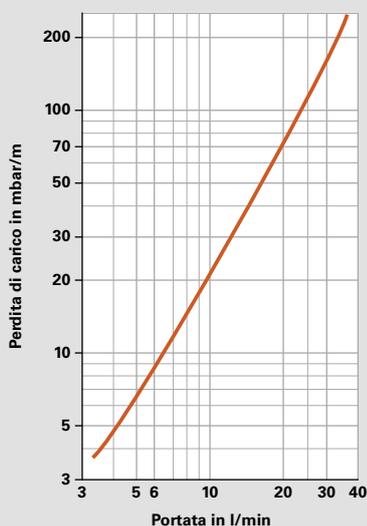


Fig. B.3.1- 5 Perdita di carico e diametro tubo

Portata volumetrica in m <sup>3</sup> /h	Perdita di carico per metro di tubazione (incl. valvole) in mbar/m				
	Dimensione tubo				
	DN 10	DN 13	DN 16	DN 20	DN 25
0,100	4,6				
0,125	6,8				
0,150	9,4				
0,175	12,2				
0,200	15,4	4,4			
0,225	18,4	5,4			
0,250	22,6	6,6	2,4		
0,275	26,8	7,3	2,8		
0,300		9	3,4		
0,325		10,4	3,8		
0,350		11,8	4,4		
0,375		13,2	5		
0,400		14,8	5,6	2	
0,425		16,4	6,2	2,2	
0,450		18,2	6,8	2,4	
0,475		20	7,4	2,6	
0,500		22	8,2	2,8	
0,525			8,8	3	
0,550			9,6	3,4	
0,575			10,4	3,6	
0,600			11,6	3,8	
0,625				4,2	
0,650				4,4	
0,675				4,8	
0,700				5	1,8
0,725				5,4	1,9
0,750				5,8	2
0,775				6	2,2
0,800				6,4	2,3
0,825				6,8	2,4
0,850				7,2	2,5
0,875				7,6	2,6
0,900				8	2,8
0,925				8,4	2,9
0,950				8,8	3
0,975				9,2	3,2
1,000				9,6	3,4

Intervallo compreso tra 0,4 e 0,7 m/s

I componenti del circuito primario progettati per un impianto devono essere considerati nei calcoli della perdita di carico secondo le indicazioni del costruttore.

Le resistenze singole dei componenti raggruppate nella Solar-Divicon Viessmann vengono considerate per i calcoli nel capitolo seguente relativo al dimensionamento della pompa.

## B.3 Circuito primario

### Avvertenza

Verificare che la pompa ed eventualmente gli altri componenti elettrici siano adatti anche per la regolazione del numero di giri. In abbinamento alla regolazione solare Vitosolic, a seconda della potenza assorbita della pompa, può essere necessario un relé supplementare. In questo caso deve essere disattivata la regolazione del numero di giri.

### B.3.1.3 Pompa del circuito solare

#### Scelta del tipo

Negli impianti solari chiusi vengono utilizzate le pompe centrifughe comunemente reperibili in commercio. Se nell'installazione considerata la pompa è protetta in modo affidabile dall'eccesso di temperatura non devono essere previsti particolari requisiti di termoresistenza. Il funzionamento con miscele acqua-glicole di regola non crea problemi, ma in caso di dubbi è consigliabile consultare il costruttore della pompa.

Singolarmente vengono offerti sistemi solari per i quali si consigliano modelli di pompe differenti, ad esempio pompe a ruota dentata. Questi tipi di pompa sono necessari perché in quel caso vengono utilizzati componenti con una perdita di carico molto elevata. Tutti gli schemi impianto presenti in questo manuale e i relativi componenti Viessmann utilizzati sono dimensionati per l'esercizio con le comuni pompe centrifughe.

Con la diffusione degli impianti solari termici, sul mercato si sono imposte speciali pompe solari con curva caratteristica adeguata che si contraddistinguono per un ottimo rendimento nei settori tipici di un impianto solare (rispetto a portate volumetriche ridotte con una perdita di carico elevata). Queste pompe solari vengono realizzate sempre di più anche come cosiddette pompe ad alto rendimento con un ridotto consumo di energia, per cui viene migliorata l'efficienza complessiva del sistema solare.



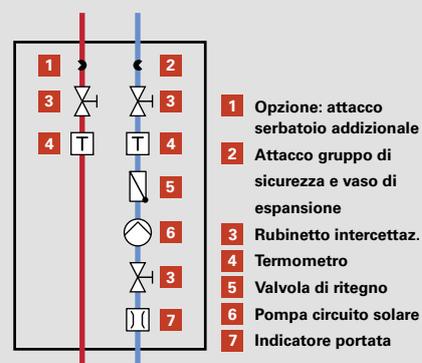
Fig. B.3.1-7 Gruppo circuito solare Solar-Divicon premontato

#### Dimensionamento della pompa

La scelta della pompa avviene in base al procedimento consueto, con riferimento alla curva caratteristica, se sono note la portata volumetrica e la perdita di carico dell'intero impianto.

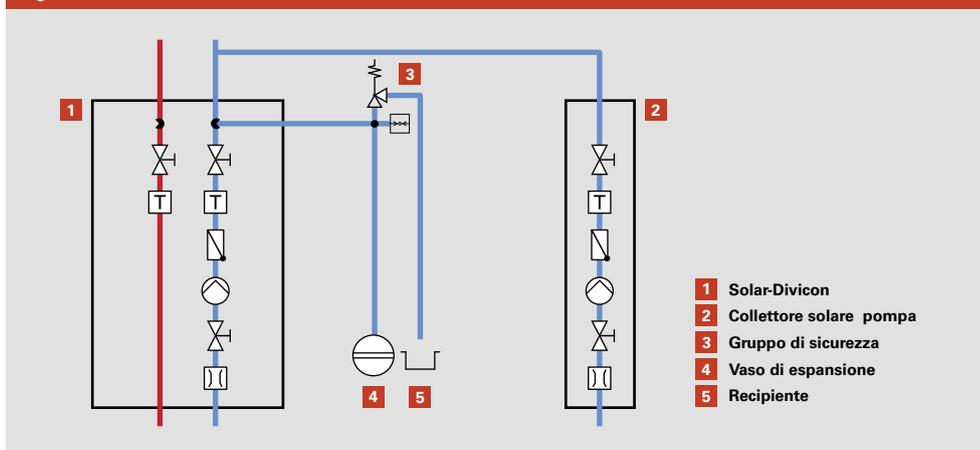
L'utilizzo dei regolatori per le portate volumetriche variabili (funzionamento matched-flow), non influisce sulla scelta della pompa che deve essere dimensionata per la potenza massima. In caso di irraggiamento ridotto le regolazioni del numero di giri possono ridurre (non aumentare!) la potenza assorbita dalla pompa e quindi anche il numero di giri.

Fig. B.3.1-8 Schema Solar-Divicon



Il gruppo pompa Solar-Divicon contiene, oltre alla pompa del circuito solare, tutti i componenti necessari per l'esercizio del circuito primario.

Fig. B.3.1-9 Schema Solar-Divicon sistema a 2 tubi



Per impianti con un secondo circuito o collegamento bypass il gruppo pompa Solar-Divicon può essere ampliato con un collettore solare pompe supplementare.

Nei gruppi di ritorno solari Viessmann preconfezionati (Solar-Divicon) è già integrata una pompa. È idonea per il funzionamento con fluido termovettore Viessmann.

Il gruppo pompa Solar-Divicon contiene tutti i componenti necessari per l'esercizio dell'impianto ed è disponibile in due diverse potenze.

Per impianti con un secondo circuito pompa o collegamento bypass non è necessario un altro gruppo pompa Solar-Divicon completo, bensì un collettore pompe supplementare.

Anche questo è disponibile in due potenze (P10 e P20).

Con le curve caratteristiche dei rispettivi gruppi Solar-Divicon (fig. B.3.1-10) è possibile concludere la progettazione idraulica dell'impianto. Per le applicazioni tipiche come l'abitazione monofamiliare di regola è sufficiente il gruppo pompa Solar-Divicon PS 10 che è anche parte integrante dei pacchetti solari Viessmann preconfezionati.

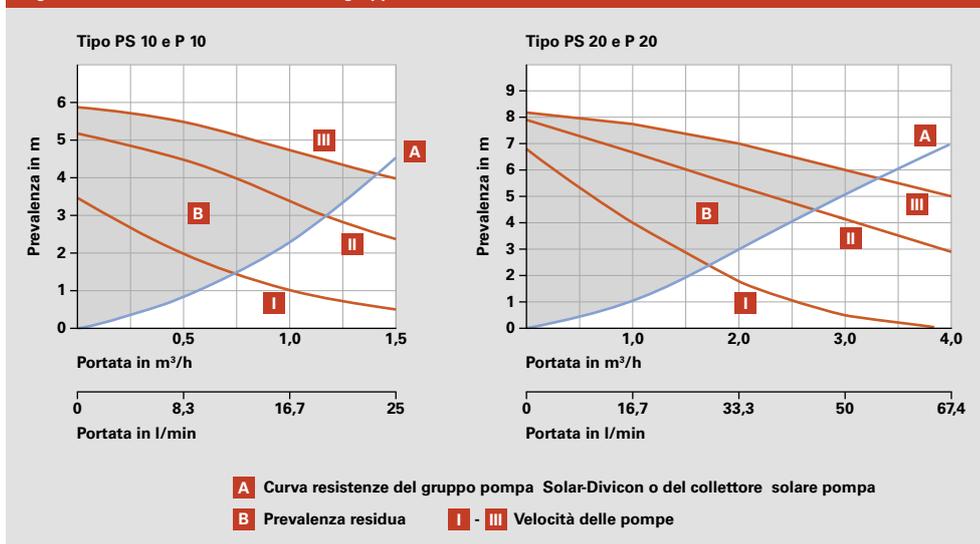
**Avvertenza**

Il gruppo pompa Solar-Divicon e il collettore solare pompe non sono adatti per il contatto diretto con l'acqua di piscina.

**Avvertenza**

Montare Solar-Divicon sempre più in basso rispetto ai collettori per evitare che in caso di stagnazione il vapore raggiunga il vaso ad espansione.

Fig. B.3.1-10 Curve caratteristiche dei gruppi Solar-Divicon



Sia la Solar-Divicon, sia il collettore solare pompe sono disponibili in due classi di potenza.

## B.3 Circuito primario

### B.3.1.4 Indicatore di portata

L'indicatore di portata, spesso denominato anche flussimetro, mostra la portata volumetrica e serve ad effettuare il controllo di funzionamento in abbinamento a due termometri. Entrambi sono integrati nel gruppo pompa Solar-Divicon.

Negli impianti a campo unico l'indicatore di portata è integrato nel ritorno dell'impianto. In passato questo flussimetro veniva spesso combinato con una valvola di regolazione che consentiva di impostare la portata volumetrica dell'impianto. Oggi questa installazione non è più adottata poiché la riduzione della portata volumetrica dell'impianto attraverso una valvola a farfalla idraulica causa un incremento di

energia ausiliaria (corrente pompa).

Se si superano o non si raggiungono di poco le portate volumetriche consigliate nell'impianto a campo unico, la resa non viene quasi influenzata. È sufficiente avvicinarsi alla portata volumetrica desiderata nell'impianto mediante l'impostazione della velocità sulla pompa. In questo modo si ottiene un migliore bilancio energetico del sistema.

Gli indicatori di portata comunemente reperibili in commercio dispongono di un tubicino in vetro o in plastica trasparente graduato, in cui un anello a molla indica la portata attuale. Questo componente nella versione Inline è

Fig. B.3.1-11 Indicatore di portata



L'indicatore di portata nella versione Inline (a sinistra) è parte integrante del gruppo pompa Solar-Divicon. Per il confronto di più sottocampi viene impiegata nelle vicinanze dei collettori la versione bypass.

Fig. B.3.1-12 Lettura dell'indicatore di portata



sensibile alla temperatura, per cui viene sempre impiegato sul ritorno del solare dell'impianto in assenza di formazione di vapore.

Se questo componente viene danneggiato da una temperatura troppo elevata, fuoriesce il fluido termovettore.

Negli impianti con più sottocampi gli indicatori di portata vengono impiegati nelle vicinanze dei collettori, ovvero in zone con un carico di temperatura elevato. Qui vengono utilizzate le versioni bypass. Se i sottocampi devono essere bilanciati hanno senso esecuzioni combinate con valvole a farfalla.

### B.3.1.5 Valvola di ritegno

In particolare di notte può accadere che il collettore sia più freddo dell'acqua dell'accumulo. Sussiste il rischio che l'accumulo solare venga nuovamente scaricato a causa di una circolazione indesiderata. Quanto più alta è la differenza di temperatura tra accumulo caldo e il collettore freddo, maggiore è la spinta che porta a una circolazione indesiderata. Una circolazione indesiderata è riconoscibile dal fatto che il collettore si riscalda senza irraggiamento.

Per evitare tali circolazioni indesiderate, nel ritorno del circuito solare viene integrata una valvola di ritegno (freno di gravità). La pressione differenziale per l'apertura della valvola è impostata in modo che, da un lato, la spinta termica non è più sufficiente per aprire questa valvola e, dall'altro, è necessario l'impiego più ridotto possibile di energia ausiliaria (corrente pompa).

La valvola viene sempre integrata nel regolatore di portata del collegamento a valle della pompa e a monte del collegamento al vaso di espansione a membrana e alla valvola di sicurezza. Nel gruppo pompa Solar-Divicon Viessmann la valvola di ritegno è già integrata.

In caso di tubazioni poco adatte, ovvero sezioni verticali lunghe senza raccordi, in casi eccezionali può accadere che la spinta termica apra comunque la valvola. In questo caso si consiglia il montaggio di una valvola a due vie che venga regolata in parallelo alla pompa del circuito solare e si apra solo quando quest'ultimo è in funzione.

Per evitare la circolazione interna al tubo sull'attacco acqua calda dell'accumulo di regola è sufficiente una tubazione in discesa o una curva a sifone nelle vicinanze del collegamento dell'accumulo (vedi capitolo B.2.2.4).

### B.3.2 Tubazioni

Le tubazioni nel circuito solare devono essere — come tutti i componenti — termoresistenti e adatte per il funzionamento con fluidi a base di glicole. Le tubazioni in materiale plastico non sono adatte per la maggior parte degli impianti se non si possono garantire basse temperature. Anche il tubo in acciaio zincato non è adatto poiché lo strato di zinco origina una reazione chimica con il fluido termovettore rendendolo inutilizzabile.

In considerazione di un rapporto qualità-prezzo adeguato per l'intera tubazione installata, nella pratica si è rivelata la soluzione più vantaggiosa il tubo di rame fino a DN 40; oltre questa misura viene utilizzato il tubo in acciaio. In merito al funzionamento e al rendimento dell'impianto entrambi i materiali sono equivalenti se vengono isolati conformemente alle normative e viene effettuata una compensazione della dilatazione lineare.

#### Tubazioni

Di regola le tubazioni in rame vengono saldate ad ottone nel circuito solare o pressate. Le brasature dolci, in particolare nelle vicinanze del collettore, possono essere indebolite dalle alte temperature che si verificano. Le guarnizioni in grafite non sono idonee in abbinamento al glicole.

In caso di raccordi con la canapa si deve utilizzare un materiale di tenuta resistente alla pressione e alla temperatura. A causa dell'elevata permeabilità all'aria i raccordi con la canapa devono essere utilizzati il meno possibile e per nessuna ragione nelle immediate vicinanze del collettore.

I più adatti sono i raccordi metallici a tenuta o gli attacchi con doppi O-Ring, come quelli utilizzati da Viessmann.

#### Avvertenza

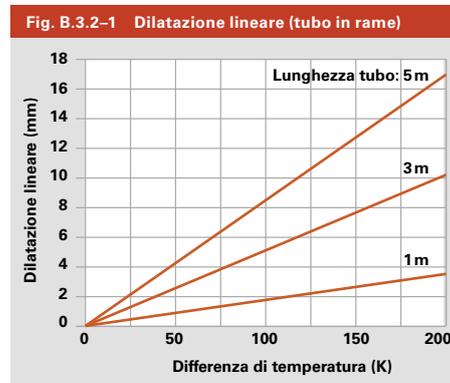
Con i raccordi pressati si devono utilizzare anelli di tenuta idonei (resistenti al glicole e termoresistenti). Devono essere utilizzati solo anelli di tenuta omologati dal costruttore.

### Fissaggi delle tubazioni

Per la progettazione e l'installazione del fissaggio delle tubazioni del circuito solare, valgono le stesse regole in vigore per altri fissaggi dei tubi nella costruzione dell'impianto:

- I tubi non devono essere fissati ad altre tubazioni, né essere utilizzati come sostegni per altre tubazioni o carichi.
- Il fissaggio deve garantire l'isolamento acustico.
- La dilatazione termica delle tubazioni deve essere tenuta in considerazione.

Il coefficiente di dilatazione del tubo in rame è del 30 % superiore rispetto a quello del tubo in acciaio.



Per la dilatazione lineare della tubazione dovuta all'elevata differenza di temperatura nel circuito primario sono necessarie misure di compensazione.

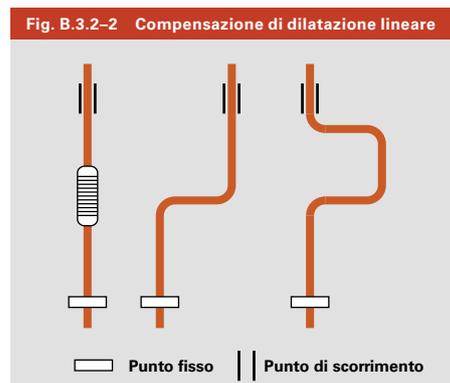


Fig. B.3.2-3 Danni dovuti alla dilatazione lineare.



L'ultimo punto differisce dai valori empirici noti nella costruzione degli impianti di riscaldamento. Per via della grande differenza di temperatura nel circuito primario di un impianto solare (da -25 °C a oltre +175 °C = > 200 K) si hanno dilatazioni lineari notevolmente elevate. Un tubo in rame da un metro si allunga — indipendentemente dal diametro del tubo — con un aumento di temperatura di 100 K di ca. 1,7 mm; ciò significa che nella tubazione del circuito solare si deve calcolare una dilatazione lineare almeno doppia (ca. 3,5 mm al metro).

Negli impianti di riscaldamento convenzionali la dilatazione lineare è notevolmente inferiore. Con gli accorgimenti abituali per i fissaggi (curve di dilatazione e compensatori) non si ha ragione delle differenze di temperatura notevolmente superiori e delle frequenti variazioni di carico nei circuiti solari. Se si trasferissero le esperienze convenzionali al circuito solare, si avrebbe come conseguenza l'instaurarsi di tensioni che causano la formazione di fessure nel tubo, nella raccorderia o nei punti di collegamento, quindi fonti di perdite.

Per l'adozione delle misure di compensazione nei segmenti del tubo che possono venire a contatto con il vapore si suppone una temperatura massima di 200 °C, mentre nei restanti segmenti di 120 °C. Se per l'allacciamento dei collettori si utilizzano ad esempio tubi flessibili in acciaio inossidabile, le sollecitazioni di dilatazione non hanno un effetto dannoso sui raccordi filettati. Si deve assolutamente prestare attenzione anche ai limiti di carico per i compensatori di dilatazione. I progettisti degli impianti dovrebbero informare chiaramente le aziende di queste particolarità.

Per la compensazione valgono sostanzialmente le misure adottate per tutti gli altri impianti con tubazioni. Per evitare danni l'allacciamento dei collettori deve essere effettuato direttamente a un punto fisso oppure con tubi in materiale flessibile.

### Isolamento

Per minimizzare le dispersioni termiche nelle tubazioni del circuito primario, i tubi devono essere isolati per tutta la lunghezza, analogamente al circuito di riscaldamento e alle linee acqua sanitaria, conformemente ai requisiti della normativa per il risparmio energetico. Se per l'isolamento si utilizzano materiali la cui conduttività termica è differente dal valore indicato nella normativa gli spessori minimi degli strati di isolamento devono essere adeguati di conseguenza.

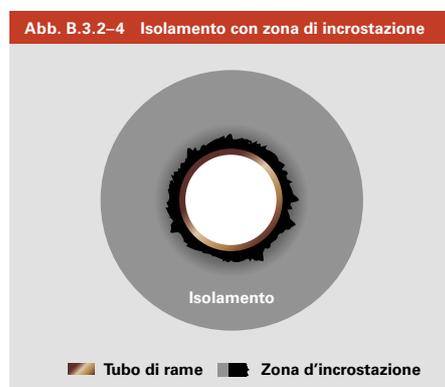
In generale, i materiali isolanti previsti devono mantenersi inalterati alle temperature d'esercizio previste ed essere sempre protetti dall'umidità, altrimenti peggiorano le caratteristiche di isolamento. Alcuni materiali isolanti che sopportano un grande carico termico, come ad es. le fibre minerali, a causa della frequente oscillazione di carico con corrispondenti elevate differenze di temperatura nel circuito primario non possono essere protetti in modo sicuro dall'umidità dovuta alla condensazione.

Le esecuzioni normalmente usate di tubi isolanti in materiale espanso cellulare per temperature elevate sono sufficientemente resistenti all'umidità, ma sopportano una temperatura massima di carico di circa 170 °C. Nella zona dei raccordi di collegamento al collettore possono però verificarsi temperature fino a 200 °C (collettore solare piano), mentre per i collettori solari a tubi sottovuoto si verificano temperature ancora più elevate.

Con temperature superiori a 170 °C il materiale isolante modifica la sua struttura e forma delle incrostazioni per cui si riduce l'effetto isolante. La zona di incrostazione si limita però a pochi millimetri direttamente sul tubo, mentre la maggior parte della sezione di isolamento non viene danneggiata. Questo rischio dell'effetto isolante ridotto nell'area di collegamento dei collettori si può correre, poiché il sovraccarico si verifica solo su breve periodo e il possibile danno dell'isolamento non rappresenta un ulteriore pericolo per altri componenti.

È estremamente importante proteggere l'isolamento della tubazione del circuito primario posata all'aperto dai danni causati dagli uccelli e dai roditori. Questi problemi vengono spesso sottovalutati, con la conseguenza che l'isolamento del tubo in questa zona non rag-

giunge una durata utile di vent'anni. L'utilizzo di materiale isolante resistente ai raggi UV costituisce solo una soluzione parziale poiché non considera i danni dovuti ai roditori. Al contrario, una protezione dai roditori (ad es. in lamiera) di regola costituisce anche una sufficiente protezione UV, per cui nella scelta del materiale isolante non è necessario considerare la resistenza ai raggi UV.



Sul lato interno dell'isolamento in materiale espanso a cellule chiuse e adatto a temperature elevate si può tollerare un'incrostazione ridotta.



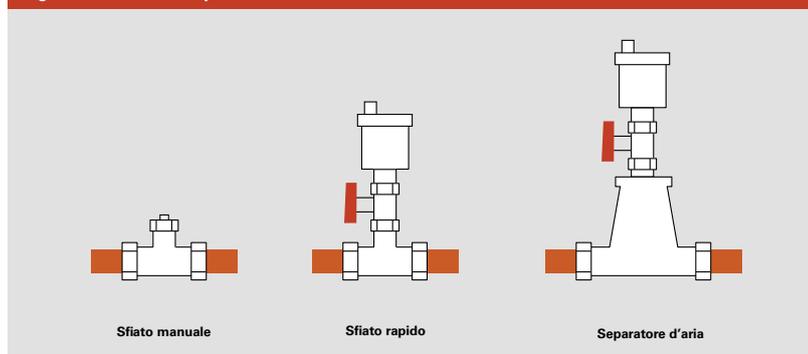
Fig. B.3.2-5 Danni dovuti ai roditori.



Fig. B.3.2-6 Protezione dai danni dovuti ai roditori e dai raggi UV.

## B.3 Circuito primario

Fig. B.3.3-1 Diversi tipi di sfiato



A seconda del luogo d'installazione e delle diverse esigenze vi sono componenti adatti a garantire lo sfato perfetto del circuito primario.

### B.3.3 Sfiato

Per un funzionamento regolare ed efficiente dell'impianto solare il presupposto è uno sfato perfetto del circuito collettori.

L'aria nel circuito collettori è fonte di rumore nel circuito solare e compromette la circolazione del fluido nei collettori o nel singolo sottocampo collettori. Inoltre comporta un'ossidazione più rapida dei fluidi termovettori organici, come le comuni miscele acqua-glicole.

Per eliminare l'aria dal circuito collettori si utilizzano sfiati manuali o automatici. Questi ultimi sono disponibili come sfiati rapidi automatici o come separatori d'aria. Poiché i fluidi termovettori devono essere sfiati più a lungo rispetto all'acqua pura, negli impianti solari si utilizza di preferenza un dispositivo automatico di sfato.

Come ad ogni riempimento degli impianti di riscaldamento, anche nel circuito collettori inizialmente è presente l'aria. L'aria viene rimossa per la gran parte durante la fase di riempimento del fluido termovettore. Una parte dell'aria viene però convogliata nel flusso del liquido in forma di bollicine e solo successivamente viene nuovamente espulsa a poco a poco. Un'altra parte è dissolta nel fluido termovettore e viene nuovamente rilasciata solo a temperature superiori. Questa aria si raccoglie nel punto più alto del circuito collettori o forma le cosiddette sacche d'aria in sezioni orizzontali della tubazione.

Quantità d'aria maggiori nel circuito collettori

possono interrompere la circolazione del fluido termovettore. Se l'aria si raccoglie nella pompa, sussiste il pericolo che i cuscinetti si possono surriscaldare danneggiando la pompa.

Per il riempimento più semplice del sistema si possono montare degli sfiati nel punto più alto del circuito collettori e nei punti in cui si può formare una sacca d'aria.

In caso di stagnazione il fluido termovettore si vaporizza nel collettore e la bolla di vapore si estende anche a una parte della tubazione. Perciò gli sfiati nei punti più alti dell'impianto — in particolare nei collettori — devono essere chiusi con un rubinetto d'intercettazione dopo il processo di riempimento.

Se la tubazione è posata in linea retta senza grandi dislivelli si può rinunciare allo sfato nella zona del tetto. Per effettuare lo sfato durante il funzionamento viene integrato uno sfato centrale nella tubazione di mandata nel locale caldaia in direzione del flusso, a monte dello scambiatore di calore (vedi fig. B.3.3-2). Il luogo di installazione deve essere ben protetto dal vapore.

I dispositivi di sfato devono essere scelti e dimensionati con molta cura. Dalle miscele acqua-glicole l'aria si separa più lentamente rispetto all'acqua sola. D'estate, quando il fluido diventa molto caldo, dal fluido termovettore esce ancora aria; questo processo è conosciuto negli impianti di riscaldamento in inverno.

#### Avvertenza

Gli sfiati automatici devono essere installati con il rubinetto d'intercettazione se non si può escludere con certezza il vapore nella sezione tubo.

#### Avvertenza

A seconda della temperatura massima raggiunta dal fluido termovettore la fase di sfato aria può durare fino a sei mesi (ad es. semestre invernale).

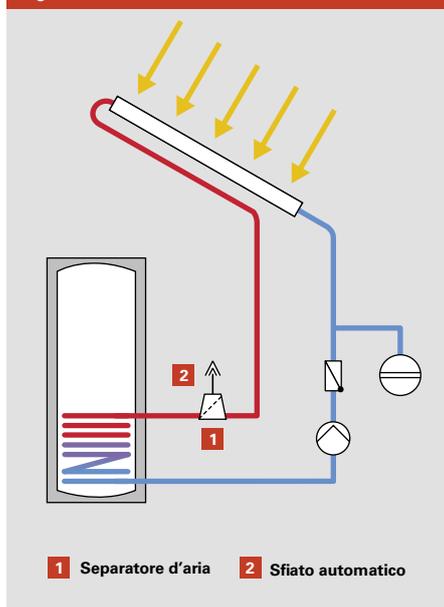
È importante chiedere ai costruttori di separatori d'aria se la capacità di separazione indicata nella documentazione tecnica si riferisce alle miscele di acqua e glicole.

Affinché lo sfiato possa adempiere ai suoi compiti nel locale caldaia, ovvero al di sotto del collettore, le bollicine d'aria devono essere convogliate con il fluido termovettore verso il basso, in direzione opposta alla circolazione naturale. Perciò le tubazioni vengono dimensionate in modo che la velocità di flusso sia pari ad almeno 0,4 m/s. Se il fluido scorre più lentamente le bolle d'aria non vengono più trasportate in modo ottimale.

Negli impianti con una pressione statica superiore a 2,5 bar (altezza edificio > 25 m) si riesce con difficoltà a separare le bolle d'aria liberate nel locale caldaia. Per facilitare lo sfiato nel punto più alto viene montato un separatore d'aria o una valvola automatica di sfiato. La valvola automatica di sfiato richiede però uno sfiato manuale frequente e regolare.

Gli impianti con un'altezza statica notevole, soprattutto gli impianti con più sottocampi, sono messi particolarmente a rischio dall'aria. In questo caso si consiglia l'utilizzo di dispositivi di degassificazione. Grazie all'iposaturazione del fluido l'aria viene rimossa in modo affidabile da tutti i componenti dell'impianto.

Fig. B.3.3-2 Sfiato centrale in mandata



#### Avvertenza

Attenzione al rischio vapore nei punti alti dell'impianto, in particolare modo in centrali di riscaldamento sul tetto. Qui si possono utilizzare soltanto valvole automatiche di sfiato con sfiati manuali.

### B.3.4 Fluido termovettore

Il fluido termovettore trasporta il calore dal collettore all'accumulo: nelle tubazioni dell'assorbitore viene riscaldato il fluido termovettore, che a sua volta nell'accumulo restituisce l'energia all'acqua del serbatoio tramite lo scambiatore di calore.

La base per il fluido termovettore è costituita dall'acqua che, salvo poche eccezioni in applicazioni con temperature elevate, è particolarmente adatta grazie alla sua capacità termica elevata.

Per evitare che il fluido termovettore geli causando danni nel collettore o nelle tubazioni esterne all'acqua viene aggiunto un antigelo (solitamente glicole propilenico), nell'Europa centrale in una concentrazione di circa il 40% del volume.

Il glicole propilenico 1,2 è un liquido difficilmente infiammabile, atossico e biodegradabile. Non necessita di contrassegni in base ai criteri EU e non è soggetto a particolari normative di trasporto. Il punto di ebollizione è di 188 °C, mentre la densità è di 1,04 g/cm<sup>3</sup>.

## B.3 Circuito primario

I fluidi termovettori utilizzati da Viessmann proteggono anche dalla corrosione, prolungando così la vita dell'intero impianto.

Il glicole è un prodotto organico soggetto ai normali fenomeni di degrado. Il fluido termovettore è quindi provvisto di una protezione dall'invecchiamento: un tampone basico garantisce che il valore pH del fluido resti stabile a lungo nella zona alcalina ( $> 7,0$ ). In questo modo viene garantita la funzione di protezione dalla corrosione.

I fluidi termovettori che sono sottoposti solo a carichi termici ridotti si conservano perfettamente per circa dieci anni. Si deve però verificare regolarmente la densità del glicole e il valore pH (vedi capitolo F.1.4).

Il fluido termovettore è sottoposto a carichi elevati se l'impianto ristagna spesso. Le molecole del glicole si rompono ("cracking") a temperature superiori a circa 170 °C. Quindi possono poi legarsi con altre molecole acce-

lerando la formazione degli acidi (pericolo di corrosione).

A temperature elevate il glicole è soggetto all'ossidazione. Il fluido termovettore viene danneggiato e possono formarsi depositi solidi, se nell'impianto è presente ossigeno. Studi scientifici mostrano chiaramente che gli impianti non a tenuta ermetica con ingresso costante di ossigeno sono molto più problematici rispetto ad impianti che subiscono temperature elevate a causa della stagnazione.

Negli impianti con tempi di stagnazione lunghi (ad es. l'integrazione riscaldamento solare), si consiglia di effettuare un controllo annuale del fluido termovettore, stilando il protocollo dei risultati (vedi capitolo E.1.4). Durante la compilazione delle prestazioni di manutenzione devono essere indicati questi aspetti in modo completo e preciso.

Al fine di ottenere una sicurezza d'esercizio ottimale e un'alta efficienza complessiva i sistemi Viessmann sono concepiti per l'utilizzo di glicole propilenico come fluido termovettore.

I fluidi termovettori alternativi, come ad esempio gli oli diatermici o i sali liquidi, sono ancora allo stadio di ricerca oppure non sono idonei per il funzionamento nei campi di temperatura usuali per la produzione d'acqua calda sanitaria o l'integrazione riscaldamento.

Il fluido termovettore utilizzato da Viessmann, il Tyfocor, è disponibile in diverse versioni. Le differenze non riguardano la sostanza base utilizzata, il glicole propilenico, bensì i relativi additivi (inibitori) per proteggere dall'invecchiamento e dalla corrosione. Il tipo corrispondente è riconoscibile dal colore. E' necessario verificare che i fluidi si possano mescolare tra di loro quando si fa il riempimento degli impianti esistenti.

Sotto l'influsso delle temperature elevate e dell'ossigeno il fluido termovettore viene danneggiato e possono formarsi depositi solidi.



Fig. B.3.4 -2 Fluido termovettore Viessmann

	Tyfocor HTL	Tyfocor G-LS	Tyfocor LS
Colore	verde-blu	violetto	rosso
in commercio	fino al 2001	dal 05/2003 al 2008	fino all 04/2003; dal 2008
<i>mescolabile con</i>			
<b>Tyfocor HTL</b>	■	—	—
<b>Tyfocor G-LS</b>	—	■	■
<b>Tyfocor LS</b>	—	■	■

■ Miscela ammessa

E' necessario verificare la miscibilità del fluido termovettore quando si effettua il riempimento.

### B.3.5 Stagnazione e dispositivi tecnici di sicurezza

#### B.3.5.1 Stagnazione e dispositivi tecnici di sicurezza

Un collettore solare genera sempre calore se l'irraggiamento colpisce l'assorbitore, indipendentemente dal fabbisogno in quel momento. Se nel sistema non è più possibile effettuare un prelievo del calore prodotto l'impianto si disinserisce e va in stagnazione. Continuando l'irraggiamento solare si ha un aumento delle temperature nel collettore fino alla temperatura massima alla quale immissione ed emissione di energia si equivalgono. Nei collettori vengono raggiunte temperature che di regola superano il punto di ebollizione del liquido solare.

Per il funzionamento regolare, ad esempio di un impianto per l'integrazione riscaldamento solare, è importante includere nella progettazione le fasi di stagnazione previste: mediante programmi di simulazione è possibile determinare in quale momento e per quanto tempo si può verificare la stagnazione.

Anche i guasti o l'interruzione di corrente possono comportare la stagnazione di un impianto per cui non viene più prelevato calore da un collettore. Una condizione d'esercizio di questo tipo deve essere sempre considerata nella progettazione dell'impianto, al fine di garantire sempre la sicurezza intrinseca del sistema.

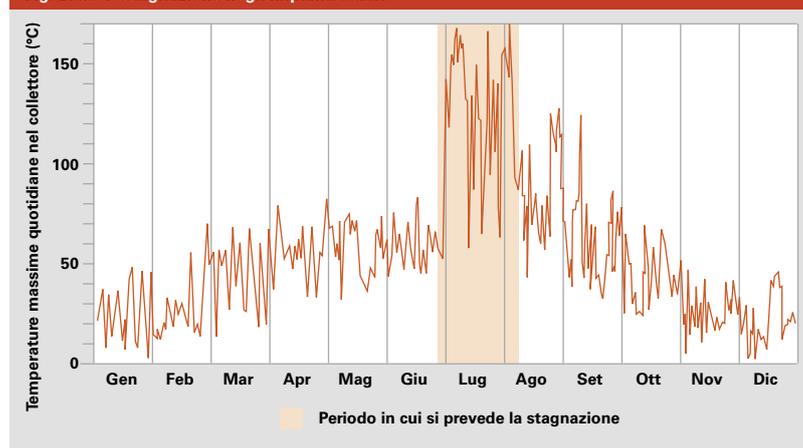
In questa simulazione si possono leggere i periodi in cui può avvenire la stagnazione.

Sicurezza intrinseca significa:

- l'impianto non deve danneggiarsi a causa della stagnazione.
- durante la stagnazione l'impianto non deve rappresentare un pericolo.
- al termine della stagnazione l'impianto deve tornare automaticamente in funzione.
- i collettori e le tubazioni di allacciamento devono essere predisposti per le temperature massime prevedibili in caso di stagnazione.

Durante la stagnazione nell'impianto solare vengono raggiunte le temperature e le pressioni massime. Perciò il mantenimento della pressione e dispositivi di sicurezza vengono dimensionati in base a questa condizione di funzionamento.

Fig. B.3.5-1 Stagnazione negli impianti solari



## B.3 Circuito primario

### Comportamento del collettore in caso di stagnazione

Negli ultimi anni il comportamento in stagnazione degli impianti solari è stato studiato intensamente. Oggi i processi di stagnazione nel collettore sono noti e vengono suddivisi in cinque fasi.

#### Fase 1: espansione del liquido

Durante l'irraggiamento solare il fluido non circola più a causa della pompa del circuito solare disinserita. Il volume del fluido termovettore aumenta e la pressione nel sistema sale di circa 1 bar fino al raggiungimento della temperatura di ebollizione.

#### Fase 2: vaporizzazione del fluido termovettore

Alla temperatura di ebollizione nel collettore si forma il vapore e la pressione nel sistema sale ancora di circa 1 bar. La temperatura del fluido è ora di circa 140 °C.

#### Fase 3: ebollizione a vuoto del collettore

Finché nel collettore è ancora presente il fluido termovettore viene prodotto vapore. La miscela acqua-glicole si concentra e aumenta il punto di ebollizione. La pressione nel sistema continua ad aumentare e raggiunge il suo massimo, mentre il fluido viene riscaldato fino a una temperatura di circa 180 °C.

#### Fase 4: surriscaldamento

A causa della concentrazione eccessiva del fluido può essere vaporizzata sempre meno acqua. Di conseguenza aumenta il punto di ebollizione, quindi la temperatura nel collettore. La resa del collettore diminuisce e si riduce anche la quantità di vapore nel sistema. La pressione si abbassa e la temperatura nel collettore raggiunge la temperatura di stagnazione. Questa condizione perdura finché l'irraggiamento non è più sufficiente a mantenere il collettore alla temperatura di stagnazione.

#### Fase 5: nuovo riempimento del collettore

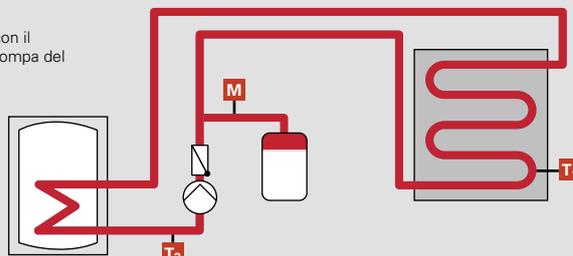
Con la diminuzione dell'irraggiamento solare si abbassano la temperatura del collettore e la pressione nel sistema. Il vapore condensa e il fluido termovettore viene spinto nel collettore. Se il fluido viene a contatto con le parti del collettore surriscaldate possono verificarsi ancora leggeri colpi di vapore.

Fig. B.3.5-2 Fasi di stagnazione

#### Fase 1

La stagnazione inizia con il disinserimento della pompa del circuito solare.

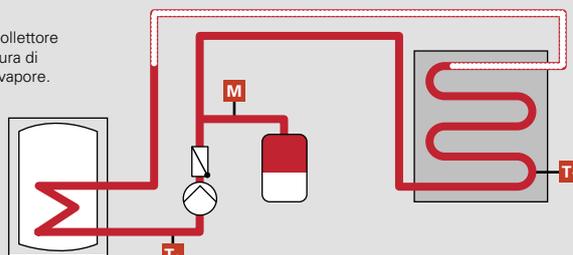
$T_1$  125 °C  
 $T_2$  90 °C  
M 3,5 bar



#### Fase 2

Dopo ca. 10 minuti il collettore raggiunge la temperatura di ebollizione e produce vapore.

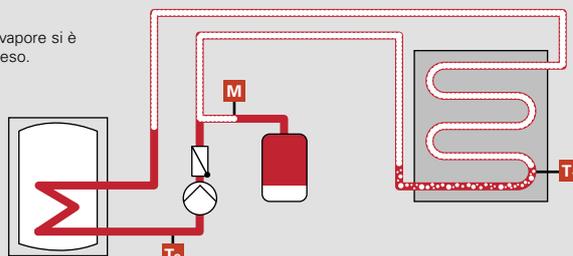
$T_1$  140 °C  
 $T_2$  90 °C  
M 4,5 bar



#### Fase 3

Dopo altri 30 minuti il vapore si è abbondantemente esteso.

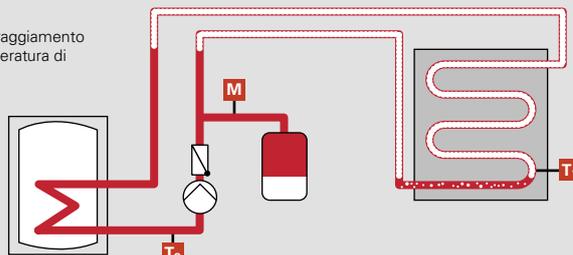
$T_1$  180 °C  
 $T_2$  90 °C  
M 5,0 bar



#### Fase 4

Fino al protrarsi dell'irraggiamento il collettore ha la temperatura di stagnazione.

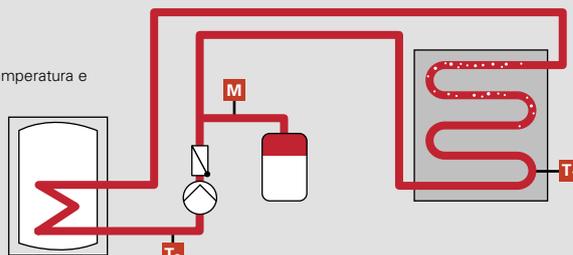
$T_1$  200 °C  
 $T_2$  80 °C  
M 4,5 bar



#### Fase 5

Con la diminuzione dell'irraggiamento diminuisce anche la temperatura e il vapore si condensa.

$T_1$  130 °C  
 $T_2$  50 °C  
M 3,5 bar



## Definizioni

Al fine di descrivere i processi nel collettore in caso di stagnazione per il solare termico sono stati introdotti e definiti nuovi termini:

- Il **volume massimo del vapore (Vd)** indica il volume del fluido che viene assorbito dal vaso di espansione a membrana durante la vaporizzazione.
- L'**ampiezza di diffusione del vapore (AV)** indica la lunghezza della tubazione che in caso di stagnazione AV viene interessata dal vapore. La massima AV dipende dall'energia dissipata della tubazione, dunque essenzialmente dall'isolamento. Le indicazioni si riferiscono ad uno spessore dell'isolamento corretto.
- La **capacità di produzione del vapore (CPV)** è l'energia del campo collettori che in fase di stagnazione viene ceduta alle tubazioni in forma di vapore. La CPV massima viene influenzata dal processo di svuotamento dei collettori e del campo.

## Comportamento di più campi collettori

Il carico di vapore dell'intero sistema può essere ridotto se la fase 3 della stagnazione è la più breve possibile o addirittura non si verifica. Ciò accade sempre se nella fase 2 il fluido viene spinto completamente fuori dal collettore e quest'ultimo non deve quindi bollire a vuoto. Un valido rapporto di stagnazione si presenta nel campo collettori; se vengono evitate le sacche di liquido che dovevano vaporizzarsi durante la fase 3. È sempre fondamentale l'installazione dell'intero campo, non del

singolo collettore.

I collettori Vitosol si possono ordinare in considerazione della loro posizione d'installazione e del tipo di collegamento delle potenze di produzione del vapore massime. Queste sono importanti per il dimensionamento del serbatoio addizionale (SA) e del vaso di espansione a membrana (VEM).

Rispetto agli assorbitori ad arpa, gli assorbitori meandro presentano un comportamento più valido poiché il vapore generato nella parte superiore del collettore può mettere in pressione il tubo a meandro completamente vuoto.

Per i collettori solari piani con scarico ottimale l'influsso dell'angolo d'inclinazione sul comportamento di stagnazione non è quasi quantificabile. Il comportamento di stagnazione dei collettori a tubi sottovuoto può invece essere notevolmente migliorato mediante una disposizione ottimizzata.

Per quanto riguarda il comportamento in stagnazione si è rilevata vantaggiosa una pressione di sistema bassa. Perciò è importante impostare la pressione dell'impianto in modo ottimale: la sovrappressione di 1 bar (in caso di riempimento e di una temperatura del fluido termovettore di ca. 20 °C) sul collettore è più che sufficiente.

### Avvertenza

Per il collettore solare a tubi sottovuoto Vitosol 300 -T (Heatpipe) si può tenere conto di una CPV di 100 W/m<sup>2</sup>, indipendentemente dalla posizione d'installazione.

Abb. B.3.5-3 Capacità di produzione del vapore di collettori o campi collettori



A seconda del tipo di collettore e del collegamento idraulico è necessario tenere conto delle diverse capacità di produzione del vapore.

### **B.3.5.2 Mantenimento della pressione e linea di raffreddamento**

La corretta progettazione, esecuzione, manutenzione del controllo della pressione sono fondamentali per la sicurezza d'esercizio di un impianto termico solare (capitolo E.1.1). L'esperienza dimostra che questa è una delle più frequenti cause di malfunzionamento.

Il vaso di espansione soddisfa tre funzioni importanti:

- fornisce il liquido necessario per compensare la diminuzione di volume causata durante il funzionamento dalle temperature molto basse e dalla degassificazione.
- contiene la dilatazione del fluido termovettore causata dall'aumento della temperatura durante il funzionamento regolare.
- contiene la dilatazione del volume causata dalla formazione di vapore durante la fase di stagnazione.

Le prime due funzioni del vaso di espansione sono simili a quelle dei normali impianti di riscaldamento e vengono calcolate allo stesso modo. La terza funzione costituisce la vera e propria sfida di progettazione in un impianto solare termico. Durante la stagnazione la formazione di vapore non ha luogo solo nel collettore, ma vengono riempite di vapore anche parti delle tubazioni di collegamento. La quantità di vapore che deve essere considerata per il dimensionamento del vaso di espansione dipende dunque anche dalla posizione di montaggio e dalla tipologia dei collettori.

Finora nel dimensionamento del vaso di espansione si è tenuto conto di questa formazione di vapore con un incremento forfettario. Questo calcolo è sempre valido e gli impianti esistenti non devono essere smontati, né ricalcolati.

Oggi però sono state effettuate molte altre ricerche sulla capacità di produzione del vapore in funzione della posizione, per cui possiamo presentare in questa sede un metodo di calcolo molto più preciso.

In particolare per gli impianti più grandi si ha così un'alternativa più economica all'attuale dimensionamento del vaso di espansione. Per la progettazione del mantenimento della pressione deve essere innanzitutto rilevato se in caso di stagnazione il vapore può giungere nel vaso di espansione o in altri dispositivi sensibili alla temperatura. In questo caso si deve progettare un dissipatore di calore. Solo allora può essere determinato il volume del vaso stesso.

### **Determinazione della portata del vapore**

Il maggior volume di espansione è determinato dalla quantità di vapore che si forma durante la stagnazione. Tale quantità è composta dal contenuto dei collettori completamente vaporizzati (non si presuppone alcun liquido residuo) e dalla quantità di vapore che si trova nelle tubazioni nella fase di stagnazione 3 (vedi capitolo B.3.5.1).

La lunghezza delle tubazioni soggette al vapore nell'esercizio di stagnazione viene calcolata dal bilancio tra la capacità di produzione del vapore del campo collettori e le dispersioni termiche di questa tubazione.

La capacità di produzione del vapore dell'intero campo collettori è il prodotto della superficie di apertura e delle capacità di produzione del vapore specifiche in  $W/m^2$  (vedere fig. B.3.5 -3).

Per la potenza da dissipare vengono considerati come valori pratici di una tubazione del circuito solare in rame isolata al 100% con un materiale comunemente reperibile in commercio.

Misura 12x1, 15x1 und 18x1: **25 W/m**

Misura 22x1 und 28x1,5: **30 W/m**

L'ampiezza massima di diffusione del vapore (AV) in metri viene rilevata come segue:

$$AV_{max} = \frac{PRV_{max} \cdot A_{coll}}{\dot{q}_{tubo}}$$

$AV_{max}$  massima ampiezza di diffusione del vapore

$CPV_{max}$  massima capacità di produzione del vapore in  $W/m^2$

$A_{coll}$  superficie di apertura in  $m^2$

$\dot{q}_{tubo}$  dispersione termica della tubazione in  $W/m$

**Avvertenza**

Se la posizione di montaggio e quindi anche il comportamento in fase di stagnazione dei collettori non sono noti, vengono considerati i valori massimi per la CPV (100 o 200  $W/m^2$ ).

**Esempio**

Per l'impianto con due collettori solari piani e la tubazione del circuito solare in rame 15x1 significa:

$$CPV_{max} = 60 \text{ W/m}^2$$

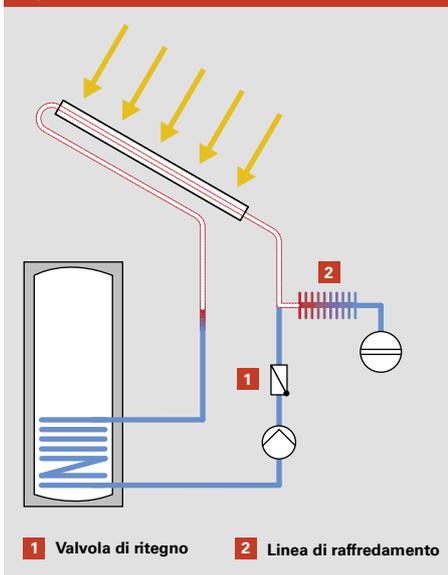
$$A_{coll} = 4,66 \text{ m}^2$$

$$\dot{q}_{tubo} = 25 \text{ W/m}$$

$$AV_{max} = \frac{60 \text{ W/m}^2 \cdot 4,66 \text{ m}^2}{25 \text{ W/m}}$$

Il vapore viene quindi sospinto per massimo 11,18 metri nelle tubazioni di collegamento del collettore.

Fig. B.3.5 – 4 Linea di raffreddamento



1 Valvola di ritegno

2 Linea di raffreddamento

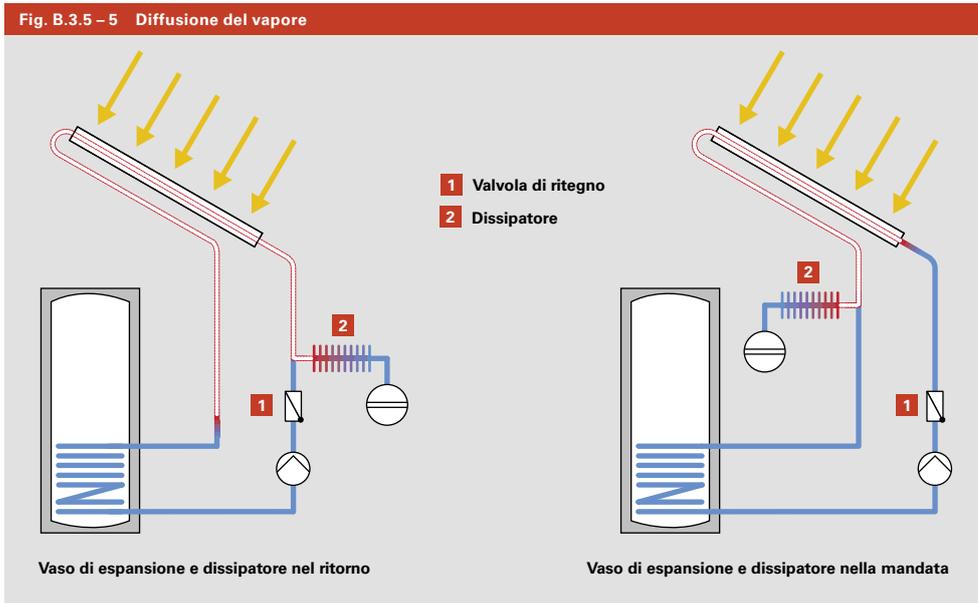
Se l'ampiezza di diffusione del vapore è minore delle lunghezze effettive del tubo nel circuito solare (mandata e ritorno) tra il collettore e il vaso di espansione, il vapore non riesce a raggiungere il vaso stesso in caso di stagnazione. Se tale ampiezza è maggiore, si deve progettare una linea di raffreddamento per la protezione della membrana del vaso dal sovraccarico termico. In questa linea di raffreddamento il vapore si condensa nuovamente e porta il fluido termovettore a una temperatura < 70° C.

Per proteggere il vaso di espansione dal surriscaldamento il fluido termovettore viene raffreddato a monte del VEM, nella linea di raffreddamento.

## B.3 Circuito primario

A sinistra: il vapore può diffondersi nella mandata e nel ritorno, il vaso di espansione viene installato sulla linea dopo il dissipatore sul ritorno.

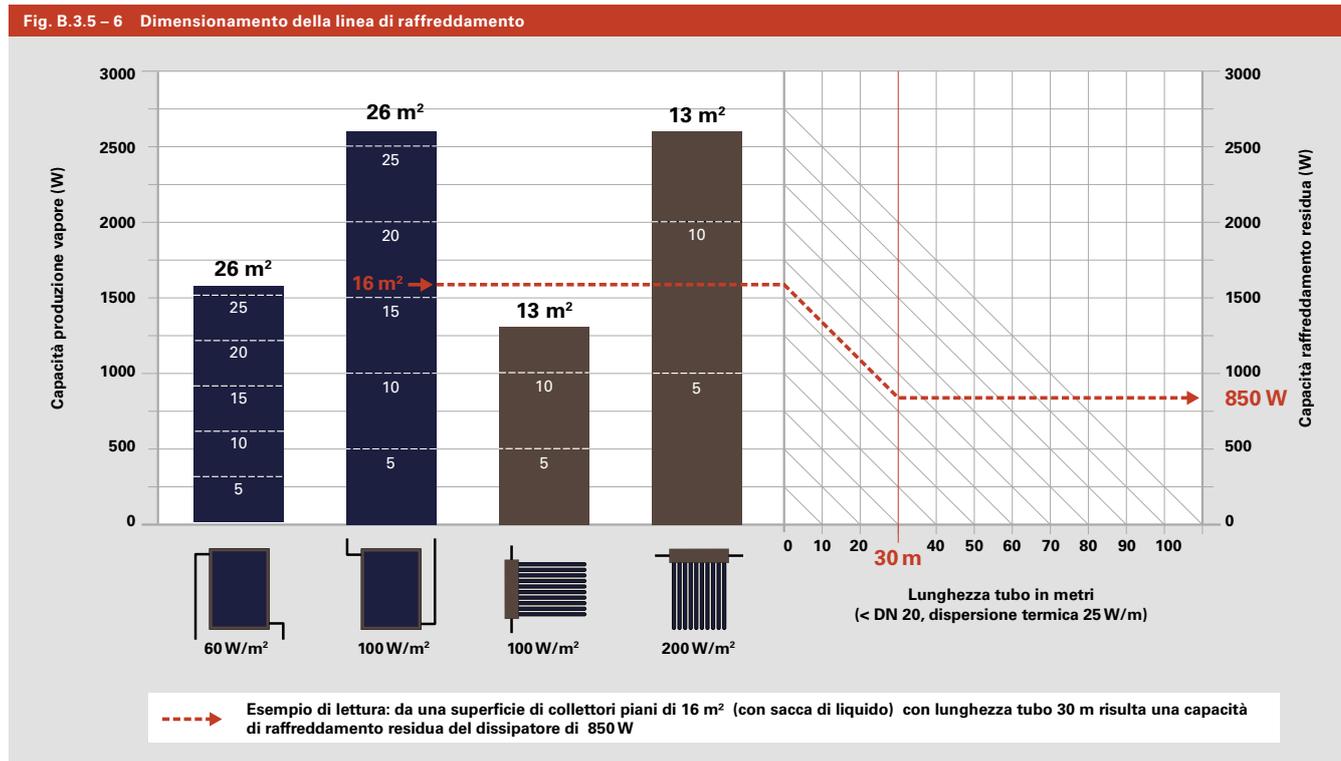
A destra: il vapore può diffondersi solo nella mandata, il vaso di espansione viene installato nella mandata dopo il dissipatore.



### Determinazione della posizione del dissipatore

A seconda dei componenti sensibili alla temperatura nel luogo di installazione, come ad esempio le pompe, in caso di stagnazione

frequente può avere senso collocare il vaso di espansione e il dissipatore nella mandata. Il ritorno non viene più alimentato con il vapore, però non è nemmeno più disponibile come dispersione termica.



A seconda della CPV del campo collettori e della dispersione termica della tubazione si ha una capacità di raffreddamento residua necessaria che deve essere smaltita dal dissipatore. Gli impianti con tubazioni di allacciamento  $\geq$  DN 20 possono essere calcolati mediante un foglio di lavoro Excel (vedi avvertenza a pagina 95).

### Determinazione della capacità di raffreddamento residua

La differenza tra la capacità di produzione del vapore del campo di collettori e la dispersione termica delle tubazioni fino al punto di attacco del vaso di espansione dà la capacità di raffreddamento residua ancora necessaria. Qui si deve considerare la posizione del vaso e del dissipatore poiché da essa dipende la lunghezza delle tubazioni effettivamente disponibile come dispersione termica.

$$\dot{Q}_{tr} = (PPV_{max} \cdot A_{coll}) - (\dot{q}_{tubo} \cdot L_{tubo})$$

$\dot{Q}_{tr}$  capacità di raffreddamento della linea di raffreddamento

$CPV_{max}$  massima capacità di produzione del vapore in  $W/m^2$

$A_{coll}$  superficie di apertura in  $m^2$

$\dot{q}_{tubo}$  dispersione termica della tubazione in  $W/m$

$L_{tubo}$  lunghezza della tubazione

#### Esempio

La CPV di un impianto di collettori solari piani di  $10 m^2$  è pari a  $600 W$ . L'impianto è collegato a un tubo in rame DN 20 da  $30 m$ . La portata del vapore è quindi pari a  $20 m$  ( $600 W / 30 W$  al  $m$ ), quindi non sono necessarie misure preventive.

Se si presuppone una superficie del collettore doppia ( $20m^2$ ) raddoppia anche la portata del vapore a  $40 m$  e il vapore può quindi raggiungere il VEM.

La capacità di raffreddamento necessaria viene calcolata come segue:

$$CPV_{max} = 60 W/m^2$$

$$A_{coll} = 20 m^2$$

$$\dot{q}_{tubo} = 30 W/m$$

$$L_{tubo} = 30 m$$

$$\dot{Q}_{pr} = (60 W \cdot 20 m^2) - (30 W/m \cdot 30 m)$$

La capacità di raffreddamento  $Q_{pr}$  è pari a  $300 W$ .

Per gli impianti con una tubazione di collegamento fino a DN 20 (quindi con una dispersione termica della tubazione del circuito solare di  $25 W/m$ ) dalla figura B.3.5 — 6 si può rilevare velocemente la capacità di raffreddamento residua necessaria.

### Determinazione del dissipatore

Se è nota la capacità di raffreddamento residua necessaria viene stabilito il tipo di dissipatore. In impianti piccoli spesso vengono utilizzati serbatoi addizionali (SA). La loro capacità di raffreddamento fino a ca.  $100 l$  di capacità è indicata nella figura B.3.5 -7.

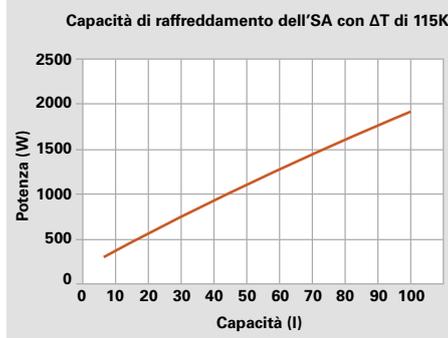
In aggiunta al serbatoio addizionale oppure in alternativa può essere corretto integrare altri dissipatori. In impianti grandi una soluzione del genere può essere più vantaggiosa economicamente.

Come dissipatori si possono utilizzare tubi alettati oppure radiatori comunemente reperibili in commercio. Per determinare la capacità di riscaldamento si possono utilizzare le potenze di riscaldamento date per la mandata e il ritorno ( $75^\circ C / 65^\circ C$ ), moltiplicate di un fattore 2 in considerazione di una temperatura notevolmente superiore.

#### Avvertenza

A volte si deve prevedere una protezione per evitare il contatto poiché in caso di stagnazione del campo collettori può penetrare vapore fino a  $140^\circ C$  nella linea di raffreddamento.

Fig. B.3.5 -7 Capacità di raffreddamento dell'SA



La potenza di raffreddamento del serbatoio addizionale dipende dalla capacità.

### Calcolo del vaso di espansione

Per il calcolo del vaso si deve aggiungere il volume contenuto nel dissipatore  $V_{raf}$  al volume di liquido dell'impianto  $V_a$  e al contenuto volume presente nelle tubazioni  $V_{tubo}$ .

Per determinare il volume del vapore nelle tubazioni  $V_{tubo}$  si sommano i volumi ottenuti nelle tubazioni tra il collettore e il dissipatore (solo mandata o mandata e ritorno, a seconda della posizione di montaggio) e il volume contenuto nel dissipatore.

## B.3 Circuito primario

Con il calcolo dell'ampiezza di diffusione del vapore e considerando il dissipatore eventualmente impiegato si può calcolare esattamente il vaso di espansione. Il volume necessario viene determinato dall'espansione del fluido termovettore allo stato liquido, dalla riserva di liquidità e dal presunto volume del vapore, in considerazione dell'altezza statica dell'impianto e della pressione di precarica. Come primo passo viene rilevata la riserva di liquidità dell'impianto  $V_a$  che deriva dalla somma delle capacità di tutti i componenti del circuito primario.

$$V_a = V_{\text{tubo}} + V_{\text{sc}} + V_{\text{coll}} + V_{\text{rl}}$$

$V_a$  volume impianto in litri  
 $V_{\text{tubo}}$  volume tubazioni in litri (incluso valvolame)  
 $V_{\text{sc}}$  volume scambiatore di calore in litri  
 $V_{\text{coll}}$  volume collettore in litri  
 $V_{\text{rl}}$  riserva di liquidità nel VEM in litri

La riserva di liquidità è pari al 4 % del volume dell'impianto, minimo 3 l.

### Esempio

Impianto con 2 collettori solari piani Vitosol 200-F (tipo SV), bollitore bivalente Vitocell 100-B (300 l), tubazione del circuito solare da 30 m in rame 15x1:

$$V_{\text{tubo}} = 4 \text{ l}$$

$$V_{\text{sc}} = 10 \text{ l}$$

$$V_{\text{coll}} = 3,66 \text{ l}$$

$$V_{\text{rl}} = 3 \text{ l (minimo)}$$

$$V_a = 4 \text{ l} + 10 \text{ l} + 3,66 \text{ l} + 3 \text{ l}$$

Il volume dell'impianto  $V_a$  è quindi pari a 20,66 l.

Il secondo passo prevede la rilevazione del volume di espansione  $V_e$  generato dalla dilatazione del fluido termovettore allo stato liquido.

$$V_e = n \cdot (t_1 - t_0) \cdot V_a$$

$V_e$  volume di espansione in litri  
 $n$  coefficiente di dilatazione in 1/K  
 $t_1$  temperatura massima della miscela in °C  
 $t_0$  temperatura minima della miscela in °C  
 $V_a$  volume impianto in litri

Come temperatura minima si ipotizza -20 °C, come temperatura massima (per applicazioni normali) 130 °C; questo valore viene impostato contemporaneamente sulla regolazione come Tmax per la temperatura del collettore. Se la temperatura aumenta l'impianto si disinscrive e va in stagnazione.

Con questa differenza di temperatura di 150 K per il fluido termovettore Viessmann, il coefficiente di dilatazione è pari a  $\beta = 0,13$ .

$$V_e = \beta \cdot V_a$$

$V_e$  volume di espansione in litri  
 $\beta$  coefficiente di dilatazione  
 $V_a$  volume impianto in litri

### Esempio

Per l'impianto dell'esempio si ha:

$$V_a = 20,66 \text{ l}$$

$$\beta = 0,13$$

$$V_e = 0,13 \cdot 20,66 \text{ l}$$

Il volume di espansione è pari a 2,69 l.

Per il rilevamento del volume del vapore nella tubazione si deve considerare la capacità per ciascun metro di tubo.

Fig. B.3.5 – 8 Capacità delle tubazioni

Tubo in rame	12x1 DN10	15x1 DN13	18x1 DN16	22x1 DN20	28x1,5 DN25	35x1,5 DN32	42x1,5 DN40
Capacità l/m tubo	0,079	0,133	0,201	0,314	0,491	0,804	1,195
<b>Tubo flessibile in acciaio</b>	<b>DN16</b>						
Capacità l/m tubo	0,25						

In base alla riserva di liquidità  $V_{rl}$  e al volume di espansione  $V_e$  viene quindi rilevato il volume complessivo del vapore  $V_d$  che si compone della capacità collettore  $V_{coll}$  e della capacità delle tubazioni alimentate con il vapore  $V_{vtubo}$ .

Per il rilevamento del volume del vapore nelle tubazioni  $V_{vtubo}$  la lunghezza delle tubazioni interessate dal vapore viene moltiplicata per la capacità delle tubazioni per metro (vedi fig. B.3.5 - 8).

$$V_{vtubo} = \text{capacità tubazioni al metro} \cdot L_{dtubo}$$

$V_{vtubo}$  volume vapore nelle tubazioni in litri  
 $L_{dtubo}$  lunghezza delle tubazioni interessate dal vapore

#### Esempio

Per l'impianto in esempio con tubo in rame 15x1 si ha:

$$\text{Capacità} = 0,133 \text{ l/m}$$

$$L_{vtubo} = 11,18 \text{ m}$$

$$V_{vtubo} = 0,133 \text{ l/m} \cdot 11,18 \text{ m}$$

Il volume del vapore  $V_{vtubo}$  è quindi pari a 1,487 l.

Il volume complessivo del vapore  $V_v$  può dunque venire calcolato

$$V_v = V_{coll} + V_{vtubo} (+ V_d)$$

$V_v$  volume vapore complessivo

$V_{coll}$  volume collettore

$V_{vtubo}$  volume di vapore nelle tubazioni in litri

$V_d$  volume del dissipatore in litri

#### Esempio

Per l'impianto dell'esempio si ha:

$$V_{coll} = 3,66 \text{ l}$$

$$V_{vtubo} = 1,487 \text{ l}$$

$$V_v = 3,66 \text{ l} + 1,487 \text{ l} (+ \text{ev. } V_d)$$

Il volume vapore complessivo  $V_v$  è quindi pari a 5,147 l.

Per il vaso si aggiunge ancora un coefficiente di pressione che viene rilevato come segue:

$$C_p = \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}$$

$C_p$  coefficiente di pressione

$p_e$  pressione massima dell'impianto sulla valvola di sicurezza in bar, cioè 90 % della pressione d'intervento della valvola di sicurezza

$p_o$  pressione di precarica dell'impianto in bar, cioè 0,1 bar per un'altezza statica di 1 m più 1 bar di sovrappressione necessaria sul collettore

#### Esempio

Per l'impianto in esempio con una valvola di sicurezza da 6 bar, la pressione statica deve essere pari a 1,5 bar (altezza statica 15 metri), per cui la pressione di precarica dell'impianto è pari a 2,5.

$$p_e = 5,4 \text{ bar}$$

$$p_o = 2,5 \text{ bar}$$

$$C_p = \frac{5,4 \text{ bar} + 1}{5,4 \text{ bar} - 2,5 \text{ bar}}$$

Il coefficiente di pressione  $C_p$  è quindi pari a 2,21.

Per il dimensionamento del vaso viene moltiplicato il volume complessivo ottenuto, comprensivo di riserva di liquidità, con il coefficiente di pressione:

$$V_{vem} = (V_v + V_e + V_{rl}) \cdot C_p$$

#### Esempio

Per l'impianto dell'esempio si ha:  $V_v = 5,147 \text{ l}$

$$V_e = 2,69 \text{ l}$$

$$V_{rl} = 3 \text{ l}$$

$$C_p = 2,21$$

$$V_{vem} = (5,147 \text{ l} + 2,69 \text{ l} + 3 \text{ l}) \cdot 2,21$$

Il volume minimo  $V_{vem}$  del VEM è pari a 23,9 l.

Nel caso di un gruppo di pressurizzazione automatico sul lato gas si ipotizza  $C_p = 1$ .

## B.3 Circuito primario

### Avvertenza

Nei moderni collettori ad elevato rendimento non ha senso impedire una vaporizzazione del fluido termovettore mediante un valore di pressione superiore.

### Avvertenza

Di regola gli impianti solari Viessmann vengono messi in funzione con una valvola di sicurezza da 6 bar. Nelle unità circuito solare Viessmann Solar-Divicon è già integrata una valvola di questo tipo. È ammessa per l'esercizio nei circuiti del glicole e per una temperatura massima di 120 °C.

### B.3.5.3 Valvola di sicurezza

La valvola di sicurezza nel circuito solare ha il compito di scaricare il fluido termovettore dal sistema quando viene superata la pressione massima ammessa dall'impianto. Questa pressione massima viene determinata dal componente con il valore di pressione più basso.

La valvola di sicurezza deve essere dimensionata secondo EN 12976 e 12977, ovvero deve essere adeguata alla potenza del collettore o del gruppo collettori e deve poterne assorbire la potenza massima (rendimento ottico  $\eta_0 \cdot 1000 \text{ W/m}^2$ ) (vedere fig. B.3.5 -9).

È consentito utilizzare soltanto le valvole di sicurezza progettate per max. 6 bar e 120 °C e che presentano le lettere di riconoscimento S (solare) nella sigla del componente. Anche queste valvole di sicurezza non possono essere utilizzate direttamente sul generatore di calore (sul collettore), ma vengono montate nel ritorno dell'impianto solare in direzione di flusso, a monte della valvola di ritegno. Deve essere garantito che in questo punto non si verifichino temperature > 120 °C.

### B.3.5.4 Serbatoio di raccolta

I fluidi termovettori utilizzati da Viessmann non sono tossici e sono biodegradabili. Ciononostante sulla tubazione di scarico della valvola di sicurezza deve essere presente un serbatoio di raccolta. Il recipiente deve essere dimensionato in modo da raccogliere tutto il fluido termovettore presente nel sistema.

Negli impianti di piccole dimensioni come recipiente spesso si utilizza il contenitore del fluido. Bisogna però prestare attenzione che il fluido termovettore che eventualmente fuoriesce può raggiungere temperature che possono eguagliare o superare il punto di fusione dei comuni recipienti in PP (ca. 130 °C). A partire da 70 °C il recipiente perde visibilmente di stabilità. A causa della caduta di pressione, il fluido che fuoriesce può anche trasformarsi in vapore. Per proteggere il contenitore, dovrebbe avere una capacità di raccolta di almeno il 10% del volume dell'impianto. Sebbene questa soluzione non escluda del tutto un danno al recipiente con la conseguente fuoriuscita del fluido, si può considerare accettabile per via della ridotta percentuale di pericolo.

Negli impianti di grandi dimensioni di regola il contenitore viene realizzato sul posto. Viene dimensionato per un deposito del fluido senza pressione, preferibilmente in lamiera di acciaio. Le lamiere in semplice ferro si corrodono e non sono quindi idonee alla raccolta e al deposito di fluidi termovettori a base di glicole. Lo stesso vale per le lamiere zincate.

La misura della valvola di sicurezza è determinata dalla dimensione del campo collettori

Fig. B.3.5 -9 Valvola di sicurezza

Superficie di apertura m <sup>2</sup>	Misura valvola (misura sezione d'ingresso) DN
fino a 40	15
fino a 80	20
fino a 160	25

Fig. B.3.5 –10 Recipiente



Negli impianti solari di grandi dimensioni si utilizzano recipienti in acciaio con coperchio. Si consiglia di apporre un'indicazione.

Per evitare impurità (spruzzi) al momento dell'intervento della valvola di sicurezza il contenitore viene coperto.

Per poter sciacquare e riempire il recipiente senza problemi, nelle vicinanze del pavimento si dovrebbe integrare una valvola. La valvola deve essere dimensionata in modo adeguato, non basta un semplice rubinetto di intercettazione.



## C Scelta dell'impianto e dimensionamento

Per la progettazione degli impianti solari termici è fondamentale la scelta del sistema adatto. Oltre al fabbisogno di calore specifico per ciascun cliente in questo processo rientrano anche le condizioni architettoniche.

In questo capitolo vengono illustrati innanzitutto gli elementi essenziali per la realizzazione di un campo collettori. Vengono descritti dettagliatamente i diversi requisiti dell'impianto idraulico e viene mostrato come, grazie ad una progettazione ottimale, si possano ridurre tempi e costi d'installazione.

Per il dimensionamento degli altri componenti sono presentati i diversi sistemi che vengono illustrati con i loro requisiti specifici. Su questa base sono mostrate le fasi di progettazione

essenziali che sono spiegate con schemi impianto esemplificativi. In aggiunta vengono presentate ulteriori possibilità di applicazione e combinazioni con fonti di energia rinnovabile.

Infine vengono spiegate le caratteristiche essenziali del software di progettazione ESOP e vengono illustrate le fasi fondamentali per la simulazione dell'impianto.

### **98 C.1 Progettazione del campo collettori**

- 99 C.1.1 Installazione di impianti a campo unico
- 100 C.1.2 Installazione di impianti a più campi collettori
- 103 C.1.3 Campi collettori con orientamento differente

### **104 C.2 Dimensionamento**

- 105 C.2.1 Dimensionamento di un impianto solare per la produzione d'acqua calda sanitaria
- 117 C.2.2 Dimensionamento di un impianto solare per l'integrazione riscaldamento con sistema solare termico
- 124 C.2.3 Profili di utilizzo negli usi industriali
- 125 C.2.4 Riscaldamento acqua di piscina
- 130 C.2.5 Climatizzazione con impianto solare

### **132 C.3 Abbinamento con fonti di energia rinnovabile**

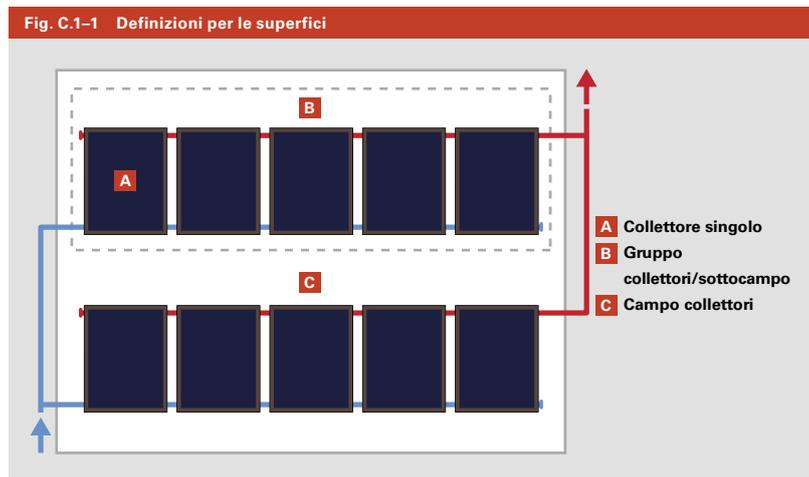
- 133 C.3.1 Impianti solari in abbinamento a caldaie a biomassa
- 134 C.3.2 Impianti solari in abbinamento a pompe di calore

### **136 C.4 Simulazione di funzionamento dell'impianto con ESOP**



### Progettazione del campo collettori

Con impianti a caldaie o pompa di calore si possono ottenere prestazioni molto elevate in un locale relativamente piccolo, mentre con gli impianti solari termici questo non è possibile. In confronto, la densità di potenza degli impianti solari è più bassa, per cui ad un aumento della potenza corrisponde sempre un aumento della superficie dei collettori.



Se si deve raddoppiare la potenza, si deve anche raddoppiare la superficie del collettore. Il numero dei collettori, però, dipende sempre dalle possibilità di montaggio, dalle superfici di montaggio e dalla statica. Gli impianti solari grandi sono quindi sempre costituiti dal collegamento di più collettori singoli. Ciò richiede una progettazione accurata del sistema idraulico della batteria di collettori.

La comprovata tecnica di collegamento dei collettori Viessmann consente di reagire con grande flessibilità alle differenti esigenze del campo collettori che derivano dalla grandezza desiderata e dalle condizioni esistenti sul tetto.

### C.1.1 Installazione di impianti a campo unico

Negli impianti a campo unico il gruppo di collettori viene collegato direttamente con una tubazione di ritorno e di mandata.

All'interno del gruppo collettori vi sono più possibilità di collegamento idraulico. E' possibile collegare insieme fino a 12 collettori piani Vitosol in un solo gruppo. Possono essere collegati idraulicamente in modo alternato o unilaterale.

Con i collettori solari a tubi sottovuoto Vitosol 200-T si possono riunire fino a 15 m<sup>2</sup> in un solo gruppo di collettori. Possono essere collegati in modo alternato o unilaterale. Il tubo superiore nel collettore è vuoto e non è collegato ai singoli assorbitori. Viene utilizzato per il collegamento unidirezionale (vedi fig. C.1.1-3).

Con i collettori solari a tubi sottovuoto Vitosol 300-T, si possono riunire fino a 6 m<sup>2</sup> in un gruppo di collettori. Questo tipo di collettore può essere collegato solo in modo unilaterale.

La portata volumetrica in litri / (h·m<sup>2</sup>) descritta al capitolo B.3.1 deve essere rispettata per tutti i tipi di collettori.

In caso di collegamento unilaterale i collettori solari a tubi sottovuoto Vitosol 300-T raggiungono una perdita di carico di 220 mbar in un campo da 15 m<sup>2</sup>.

Fig. C.1.1-1 Impianto a campo unico



Fig. C.1.1-2 Varianti di collegamento nel campo collettori (collettore piano)

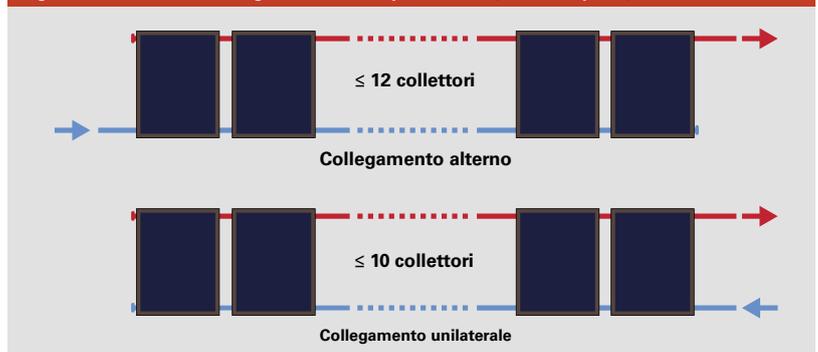


Fig. C.1.1-3 Varianti di collegamento nel campo di collettori (Vitosol 200-T)

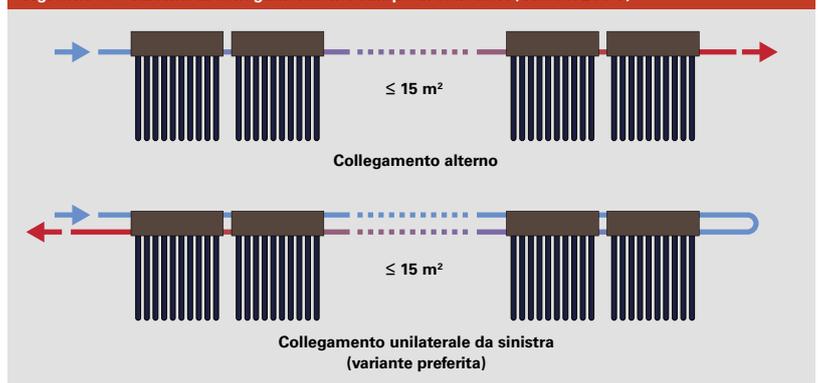
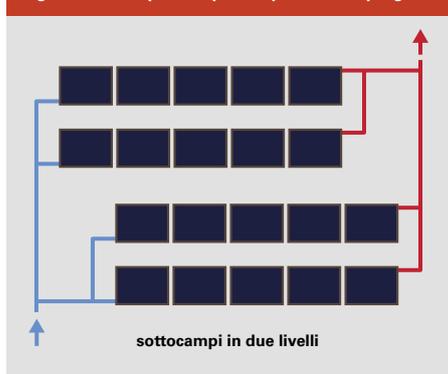


Fig. C.1.1-4 Varianti di collegamento nel campo di collettori (Vitosol 300-T)



## C.1 Progettazione del campo collettori

Fig. C.1.2-1 Impianto a più campi (sottocampi uguali)



Se i sottocampi di un impianto a più campi hanno la stessa dimensione non sono indispensabili le valvole di equilibratura, se sono collegati idraulicamente con il metodo del ritorno inverso (principio di Tichelmann).

### Avvertenza

Nei collegamenti idraulici secondo il principio Tichelmann le tubazioni tra il campo collettori e l'accumulo vengono posate in modo che la somma delle lunghezze delle tubazioni di mandata e ritorno siano uguali per ciascun collettore.

### Avvertenza

La disposizione delle valvole di bilanciamento nella direzione di flusso non ha dato buoni risultati.

### C.1.2 Installazione di impianti a più campi collettori

I gruppi di collettori descritti in C.1.1 possono essere riuniti insieme come sottocampi in impianti multicampo.

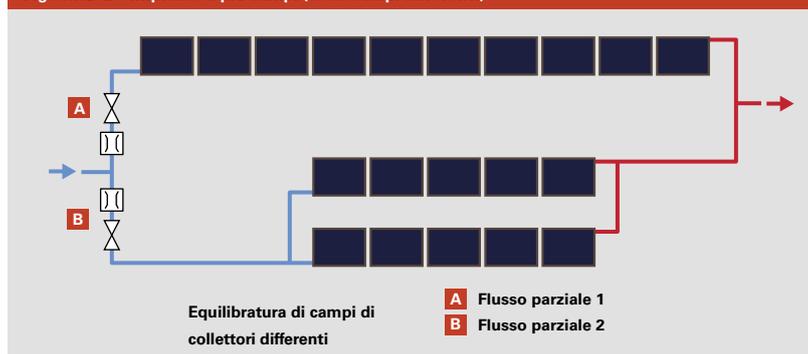
Si ottengono risultati migliori se tutti i sottocampi (gruppi di collettori) sono della stessa dimensione e presentano la stessa perdita di carico, per cui non devono essere impiegate valvole di equilibratura. I sottocampi vengono collegati in parallelo, mentre i collegamenti idraulici vengono effettuati in base al principio di Tichelmann. Per ottenere questa disposizione "simmetrica" si deve sempre tenere in considerazione il numero dei collettori per la progettazione.

Se dal dimensionamento dell'impianto risultano ad esempio 17 collettori, si riduce a 16 il numero per ottenere due campi di collettori della stessa grandezza, con 8 collettori ciascuno.

Se per motivi di collegamento idraulico i sottocampi di un impianto devono essere ulteriormente suddivisi, ad esempio per superfici molto distanti, si hanno due collegamenti in parallelo. Per garantire qui una circolazione corretta in tutti i sottocampi, la perdita di carico dovrebbe essere pari a ca. 100 mbar. Se i sottocampi hanno tra loro perdita di carico dello stesso ordine di grandezza, grazie al collegamento Tichelmann non si devono utilizzare le valvole di equilibratura.

Gli impianti a più campi con sottocampi differenti (in quanto a misura, collegamento o perdita di carico) devono essere equilibrati. Le valvole vengono montate vicine, possibilmente direttamente sul raccordo a T. Ciò facilita l'equilibratura poiché possono essere osservate contemporaneamente.

Fig. C.1.2-2 Impianto a più campi (sottocampi differenti)



Per l'equilibratura di sottocampi di taglia differente vengono impiegate le valvole di equilibratura per garantire una circolazione uniforme.

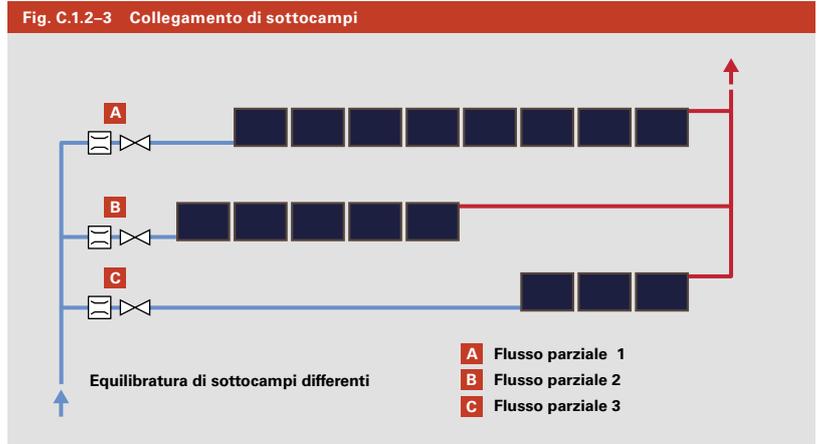
Se, ad esempio, in impianti a più campi con sottocampi differenti il sottocampo superiore è grande quanto la somma di entrambi i sottocampi inferiori, la perdita di carico di ciascuno è diversa, i sottocampi si comportano in modo diverso e devono quindi essere equilibrati (vedi fig. C.1.2-2 e fig. C.1.2-3).

Si devono vagliare tutte le possibilità di ottimizzazione del sistema idraulico del campo collettori. Oggi si trovano dei collegamenti più convenienti che non richiedono l'impiego dell'equilibratura. Per l'impianto a più campi con sottocampi differenti (fig. C.1.2-3) c'è un'alternativa che garantisce la circolazione sicura del campo senza valvole di equilibratura: entrambi i sottocampi inferiori vengono riuniti insieme e collegati in parallelo al sottocampo superiore (vedi fig. C.1.2-4).

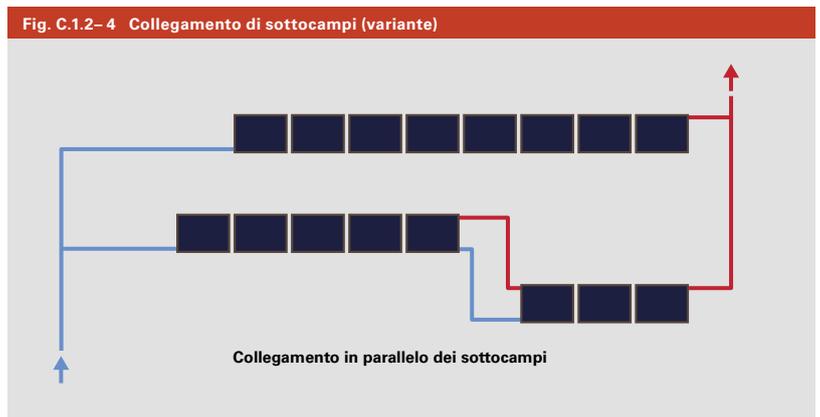
**Installazione accurata**

Oltre a una progettazione accurata, è fondamentale anche l'esecuzione artigianale. I collegamenti idraulici dei campi collettori grandi sono delicati. L'utilizzo sconsigliato di raccordi a T, angolari o curve in una tubazione del campo collettori può compromettere la circolazione nel sottocampo collegato in base al principio di Tichelmann.

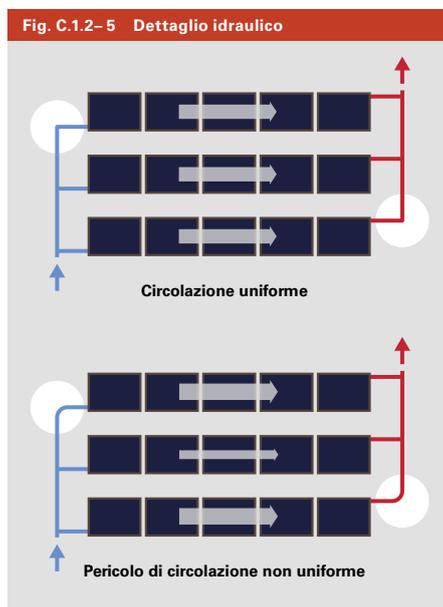
Già piccole differenze nella perdita di carico possono causare una circolazione non uniforme nei singoli sottocampi.



In caso di sottocampi differenti si deve equilibrare la portata in ciascun gruppo.



Se il sistema idraulico è ottimizzato, si può fare a meno delle valvole di equilibratura.



Piccole differenze nei collegamenti idraulici possono causare una circolazione non uniforme nei sottocampi. Ne conseguono perdite di resa e maggiori rischi di stagnazione.

## C.1 Progettazione del campo di collettori

Fig. C.1.2-6 Velocità del fluido nei sottocampi



Per garantire la velocità necessaria i diametri nominali dei raccordi di collegamento devono essere dimensionati sulle portate volumetriche specifiche dei sottocampi.

### Tubazioni e dispositivi di regolazione tra sottocampi

Al fine di garantire uno sfiato sicuro anche le tubazioni all'interno dei sottocampi vengono dimensionate come la tubazione principale su una velocità del fluido compresa tra 0,4 e 0,7 m/s.

Per la messa in funzione gli impianti con più campi necessitano di sfiato per ciascun sottocampo. Non è necessario uno sfiato automatico (sfiato rapido), è sufficiente uno sfiato manuale. Prestare attenzione alla stabilità alla temperatura.

I sottocampi devono poter essere intercettati per la messa in funzione e per le operazioni di manutenzione. Se il campo collettori (o parti di esso) può essere escluso completamente mediante valvole d'intercettazione e quindi si può separare dai dispositivi di sicurezza (valvola di sicurezza e vaso di espansione) è necessario che tali organi d'intercettazione vengano assicurati contro errori d'uso (rubinetti staccabili o piombati). L'intercettibilità dei sottocampi richiede sempre anche la possibilità di svuotamento dei sottocampi stessi.

La misurazione dell'impianto durante la messa in funzione e il controllo regolare del campo collettori sono più semplici se nella mandata di ciascun sottocampo è integrata una guaina ad immersione (pозzetto). Per i collettori

Viessmann questa è disponibile come accessorio per il collegamento dei collettori.

Mediante la guaina ad immersione la temperatura del fluido si può misurare nella mandata di ciascun sottocampo in esercizio. Poiché la temperatura del ritorno è la stessa per tutti i sottocampi, dalle temperature di mandata eventualmente differenti si possono trarre delle conclusioni in merito alla circolazione nei sottocampi. La direttiva VDI 6002 Parte 1 consiglia di ammettere una differenza tra i collettori di massimo il 10%. I risultati della misurazione o della manutenzione devono essere indicati sul verbale.

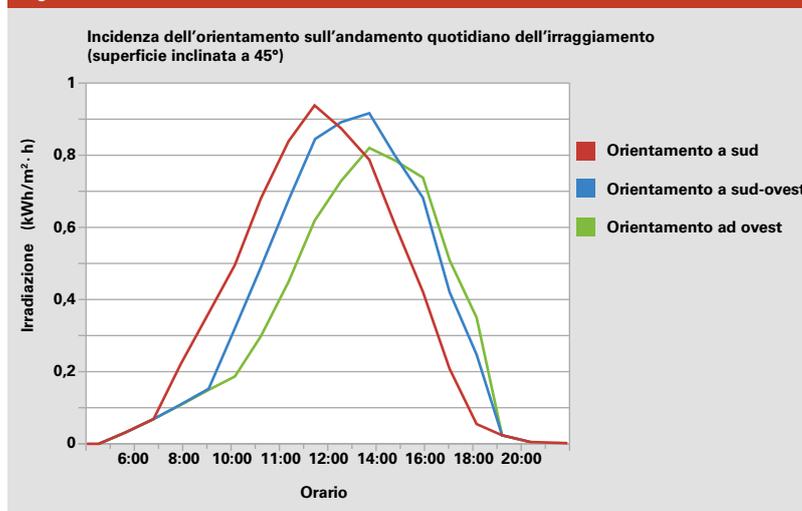
Per il controllo continuo i singoli sottocampi possono essere provvisti anche di sensori fissi.

#### Avvertenza

Un'osservazione esclusiva delle tubazioni principali dell'impianto (ad esempio sui termometri nel locale caldaia) non consente di trarre deduzioni sul funzionamento corretto dell'impianto, poiché a questo punto le temperature di mandata del sottocampo si sono già mischiate. Non si può distinguere se la circolazione in un singolo sottocampo è ridotta.

L'incidenza di un orientamento diverso dei sottocampi è così ridotto che negli impianti di piccole dimensioni è accettabile.

Fig. C.1.3-1 Resa e orientamento



### C.1.3 Campi collettori con orientamento differente

A seconda dell'edificio può essere necessario montare i campi collettori con un orientamento diverso. Si deve quindi decidere se l'impianto deve essere messo in funzione con una pompa sola oppure con una pompa per ogni circuito solare diversamente orientato. Vengono quindi valutati gli andamenti dell'irraggiamento sulle superfici dei collettori orientate in modo differente.

La figura C.1.3—1 mostra l'andamento nel corso della giornata orario dell'irraggiamento su una superficie inclinata a 45°. Si può vedere che gli andamenti sono molto simili tra di loro.

Minore è l'angolo d'inclinazione, più gli andamenti si avvicinano (vedi anche il capitolo A.1).

Proprio negli impianti di piccole dimensioni, a causa della maggiore sicurezza d'esercizio e dei costi d'installazione ridotti, si consiglia di non mettere in esercizio i campi separatamente, se la loro differenza non è superiore a 90°. Le dispersioni termiche ridotte sono accettabili, in rapporto ai vantaggi di questo tipo d'impianto. Se si utilizzano i collettori solari a tubi sottovuoto le perdite non sono quasi più misurabili per cui sono possibili anche differenze fino a 180°. Per la regolazione si dovrebbe utilizzare una sonda d'irraggiamento che viene collocata in mezzo ai due campi.

La stessa cosa vale per i campi collettori con inclinazione differente. Se ad esempio si monta un sottocampo sulla facciata e un sottocampo sul tetto, entrambi possono funzionare contemporaneamente.

Nei campi con diverso orientamento e con diversa inclinazione gli andamenti delle rese dei due sottocampi devono essere calcolati con un programma di simulazione. Solo così si può decidere come deve essere messo in funzione l'impianto.

Viessmann offre il suo supporto per la progettazione.

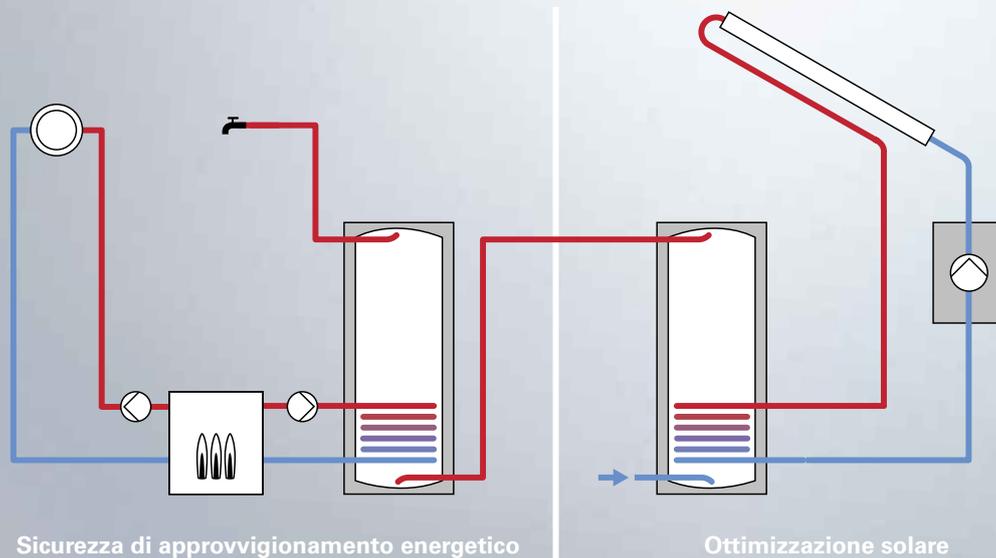


Fig. C.2-1 Gli impianti solari termici vengono messi in funzione in modo bivalente. Il riscaldamento convenzionale viene integrato in modo ottimale dalla tecnica solare.

## Dimensionamento

Conoscendo le funzioni basilari dei componenti di un impianto solare termico è possibile passare al loro dimensionamento. Nei capitoli seguenti vengono chiarite le regole e le esperienze pratiche.

### Avvertenza

Gli esempi degli schemi idraulici completi di schemi elettrici relativi a queste tipologie di impianti sono disponibili nella documentazione per la progettazione di Viessmann.

Come per ogni indicazione tecnica in campo energetico, anche per la progettazione di un impianto solare devono essere definiti anzitutto gli obiettivi di dimensionamento. Poiché un impianto solare è quasi sempre parte di un impianto bivalente gli obiettivi di dimensionamento si riferiscono essenzialmente alla quota di copertura solare pianificata ovvero al rapporto tra energia solare ed energia convenzionale ottimale per il fabbisogno energetico.

Le grandezze di riferimento per la quota di copertura solare sono sempre le quantità di calore (e non la relativa potenza) che vengono fornite dai relativi generatori di calore nell'unità di tempo individuata, di regola un anno.

Le seguenti indicazioni per la progettazione si riferiscono esclusivamente al dimensionamento dei componenti del sistema solare termico. Con le condizioni climatiche attuali un impianto solare termico non può garantire da solo la sicurezza di approvvigionamento. La parte convenzionale dell'impianto viene quindi dimensionata indipendentemente dall'impianto solare termico.

Di importanza fondamentale per la massima efficienza dell'intero impianto, quindi per il massimo risparmio energetico, risulta essere l'interazione tra i diversi generatori di calore.

### C.2.1 Dimensionamento di un impianto per la produzione solare di acqua calda sanitaria

#### **Determinazione del consumo di acqua calda**

Per la determinazione del consumo e del fabbisogno si deve distinguere tra il fabbisogno massimo di una unità di consumo e il consumo medio giornaliero.

- Il fabbisogno massimo di un'unità di consumo costituisce la base di calcolo per la sicurezza di approvvigionamento; è la grandezza di progettazione per il bollitore e il calcolo della potenza di integrazione del riscaldamento della caldaia.
- Il consumo medio giornaliero costituisce la base per l'ottimizzazione del fattore di carico dell'impianto solare. Per consumo medio giornaliero si intende il consumo medio previsto durante i mesi estivi; è la grandezza di progettazione per il dimensionamento dell'impianto solare.

Il fabbisogno massimo calcolato è in genere maggiore di un fattore 2 rispetto a quello effettivo. Se possibile, si consiglia di misurare il consumo prima della progettazione dell'impianto e per un periodo sufficientemente ampio. Per esperienza, però, questo non è sempre fattibile. Se per le unità di consumo non possono essere rilevati dati precisi, il consumo viene stimato come descritto qui di seguito.

Nelle case monofamiliari il consumo medio pro capite è maggiore rispetto ai condomini. Per i dimensionamenti seguenti si presuppone un consumo di 50 l a persona a 40 °C. Nelle case plurifamiliari il valore consigliato secondo la normativa UNI TS 11300- Parte 2 varia a seconda della superficie dell'abitazione.

#### **C.2.1.1 Impianti solari per la produzione d'acqua calda sanitaria con copertura elevata (case mono e bifamiliari)**

L'obiettivo di dimensionamento per la produzione d'acqua calda sanitaria nelle case mono e bifamiliari solitamente è di circa il 70-75% della copertura solare. In tal modo d'estate si raggiunge una copertura piena. Le eccedenze di calore non utilizzabili si mantengono entro limiti sostenibili, l'utente percepisce chiaramente il calore solare e per un lungo periodo riesce a fare a meno del riscaldamento integrativo convenzionale. Nelle case monofamiliari una copertura elevata è giustificata per ragioni tecniche ed economiche.

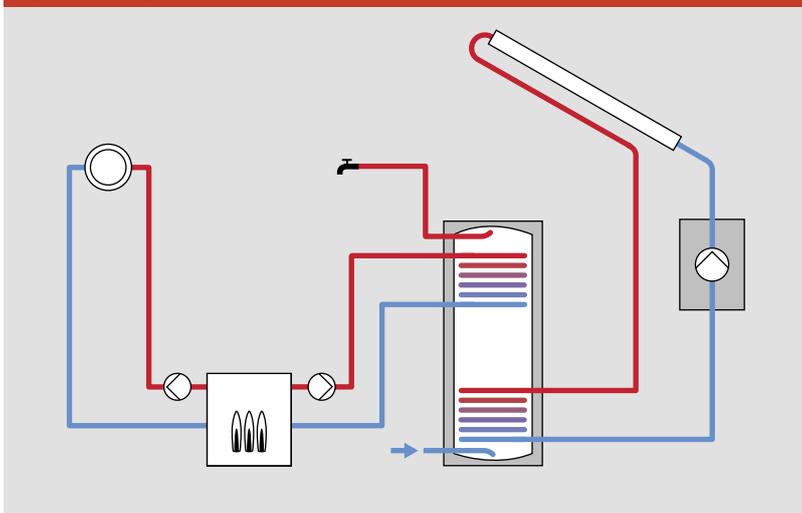
Per ottenere una copertura solare di circa il 75%, si è rivelata utile un'osservazione di due giorni; nell'accumulo solare viene caricato il fabbisogno quotidiano doppio rispetto a quello previsto. L'impianto a collettori viene dimensionato in modo che l'intera capacità dell'accumulo si possa riscaldare in una giornata di sole (circa 5 ore di sole pieno) ad almeno 60 °C. In questo modo si può superare un giorno successivo con scarso irraggiamento. In quest'ottica viene determinato anche il rapporto tra la capacità dell'accumulo e la superficie dei collettori.

#### **Avvertenza**

Se si accumula l'energia solare in acqua sanitaria, il bollitore o alcune zone del bollitore non vengono riscaldate permanentemente dall'impianto di caldaia. Per questa ragione è necessaria una disinfezione termica. Ciò deve essere tenuto in considerazione per la progettazione dell'impianto.

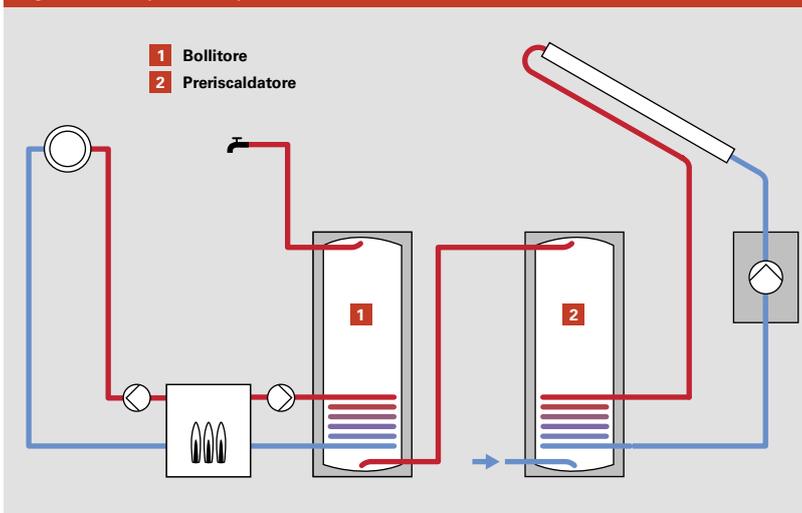
## C.2 Dimensionamento

Fig. C.2.1-1 Impianto con bollitore bivalente



Negli impianti nuovi si consiglia l'impiego di un bollitore bivalente.

Fig. C.2.1-2 Impianto con preriscaldatore



In caso di ristrutturazione dell'impianto il bollitore solare può eventualmente funzionare in modo monovalente come preriscaldatore.

### Impianti con bollitori

Gli impianti possono essere realizzati con bollitore bivalente oppure con impianto di preriscaldamento con bollitore monovalente.

Il calcolo del volume del bollitore è indispensabile per un corretto dimensionamento dell'impianto.

Nell'Europa centrale in un giorno di sole senza nuvole sono a disposizione ca. 8 kWh di irraggiamento per m<sup>2</sup> di superficie di riferimento. Per poter accumulare questa quantità di energia, per i collettori solari piani si considera una capacità del bollitore di almeno 60 l per un m<sup>2</sup> di superficie del collettore, per i collettori solari a tubi sottovuoto di almeno 100 l, se l'impianto riscalda esclusivamente l'acqua sanitaria. Questi dati si riferiscono al bollitore solare o alla parte del bollitore bivalente che non viene riscaldato dall'integrazione del riscaldamento. La parte collegata all'integrazione del riscaldamento è disponibile per l'accumulo del calore solare solo se l'impianto di collettori raggiunge una temperatura superiore alla temperatura del riscaldamento integrativo.

Normalmente per i bollitori bivalenti nelle case mono o bifamiliari (quota di copertura elevata) si possono considerare per 100 l di capacità del bollitore 1,5 m<sup>2</sup> di collettore solare piano o 1,0 m<sup>2</sup> di collettore solare a tubi. Presupposto: la superficie del tetto prevista per il montaggio presenta uno scostamento massimo di 45° dalla direzione sud e l'angolo d'inclinazione è compreso tra 25° e 55°. Le rese inferiori dovute a un orientamento o a un'inclinazione sfavorevole vengono compensate da una superficie del collettore leggermente maggiore (vedi capitolo B)

### Ulteriori utenze

Se si collega una lavastoviglie all'acqua calda (solo nel caso di apparecchi con attacco per acqua calda) si verifica un consumo aggiuntivo di ca. 10 l (60 °C) per ciascun lavaggio. Se una lavatrice viene collegata all'acqua calda mediante un dispositivo supplementare si verifica una media di ca. 20 l (60 °C) per ciascun lavaggio.

Fig. C.2.1-3 Quadro sinottico di dimensionamento della produzione acqua calda sanitaria

Persone	Fabbisogno acqua calda 40°C in l	Bollitore bivalente	Numero collettori	
			Vitosol-F	Superficie Vitosol-T
2	100	200 l	1 x SV / 1 x SH	1 x 2 m <sup>2</sup>
3	150	200 l	1 x SV / 1 x SH	1 x 2 m <sup>2</sup>
4	200	300 l	1 x SV / 1 x SH	1 x 3 m <sup>2</sup>
5	250	300 l	2 x SV / 2 x SH	1 x 3 m <sup>2</sup>
6	300	400 / 500 l	3 x SV / 3 x SH	1 x 2 m <sup>2</sup> + 1 x 3 m <sup>2</sup>
8	400	500 l	3 x SV / 4 x SH	1 x 2 m <sup>2</sup> + 1 x 3 m <sup>2</sup>
10	500	800 l	4 x SV / 4 x SH	2 x 2 m <sup>2</sup> + 1 x 3 m <sup>2</sup>
12	600	800 / 1000 l	5 x SV / 5 x SH	4 x 2 m <sup>2</sup>
15	750	1000 l	6 x SV / 6 x SH	3 x 3 m <sup>2</sup>

Presupposti per il dimensionamento: consumo di 50 l a persona a 40 °C. Se il consumo a persona è parecchio superiore, la scelta viene effettuata in base ai litri al giorno.

### Fattori di influenza sulla copertura solare

I consumi sono elencati in ordine crescente in base alle dimensioni dei bollitori e alle superfici dei collettori indicate nella figura C.2.1—3;. Una copertura solare di circa il 75% può quindi essere soltanto un valore orientativo. La quota di copertura dipende strettamente dal consumo effettivo, ovvero sia dalla quantità, sia dal profilo di consumo. Se la punta di consumo è ad esempio il pomeriggio con lo stesso impianto si ottengono coperture superiori rispetto a un profilo di prelievo nelle prime ore del mattino, supposto che l'integrazione del riscaldamento venga temporizzata di conseguenza.

Negli impianti di piccole dimensioni ulteriori fattori di influenza, come ubicazione, inclinazione e orientamento della superficie del collettore agiscono sulla copertura effettiva e sui risultati di simulazione, ma non sulla scelta dei componenti.

### Esempio

Impianto di riferimento situato a Venezia, 45° inclinazione con esposizione a sud, 79% di copertura solare

Al variare delle condizioni si ottengono i seguenti risultati:

Impianto di riferimento	78,7
Inclinazione collettore 20°	74
Inclinazione collettore 60°	78,3
Inclinazione sud-ovest	75,1
Roma	84,7
Palermo	89,8

### Quota di copertura solare per acqua calda (%)

Si può notare che le variazioni che ne conseguono sono relativamente ridotte. Un ampliamento o una riduzione dell'impianto costituirebbero quindi un errore di dimensionamento. Il 79% di copertura rappresenta perciò un valore di riferimento indicativo, non il valore da raggiungere.

### **Impianti con serbatoi d'accumulo o accumuli combinati**

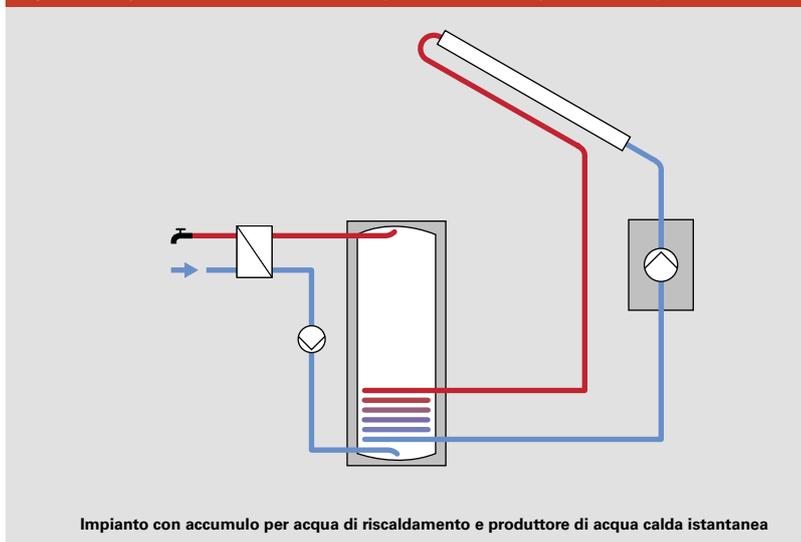
Negli impianti solari, nelle case mono e bifamiliari, gli accumuli combinati o i serbatoi d'accumulo d'acqua di riscaldamento vengono utilizzati esclusivamente in impianti per produzione solare del riscaldamento.

Gli apparecchi sono concepiti e realizzati appositamente per questo esercizio (misure, attacchi). È comunque possibile utilizzare questo accumulo anche esclusivamente per la produzione d'acqua calda sanitaria solare.

Gli accumuli combinati o i serbatoi d'accumulo per acqua di riscaldamento sono disponibili solo a partire da importanti capacità, perciò non sono idonei per la produzione d'acqua calda sanitaria negli impianti di piccole dimensioni.

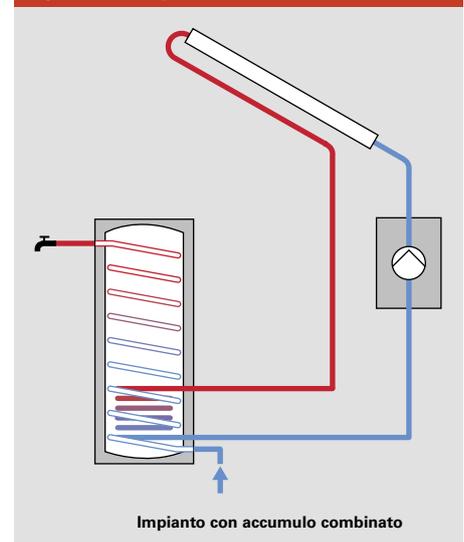
Per i serbatoi d'accumulo acqua di riscaldamento o gli accumuli combinati valgono generalmente le stesse regole di dimensionamento dei bollitori. L'impiego di accumuli combinati o serbatoi d'accumulo acqua di riscaldamento è però limitato poiché le prestazioni di integrazione del riscaldamento o prelievo sono notevolmente inferiori rispetto a quelle dei bollitori. Si deve inoltre considerare anche la caduta di pressione relativa agli scambiatori di calore. Non è quindi possibile abbinare il sistema in base al numero delle persone. Qui deve essere sempre effettuato un controllo delle possibilità d'impiego. Per ulteriori informazioni si vedano i dati tecnici dell'accumulo combinato e del produttore di acqua calda istantanea.

Fig. C.2.1-4 Impianto con serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento e produttore di acqua calda istantaneo



Con l'accumulo del calore solare nell'acqua di riscaldamento l'acqua sanitaria può essere riscaldata esternamente (produttore di acqua calda istantanea).

Fig. C.2.1-5 Impianto con accumulo combinato



Con l'accumulo del calore solare nell'acqua di riscaldamento l'acqua sanitaria può essere riscaldata internamente (accumulo combinato).

Fig. C.2.1-6 Consumo e produzione

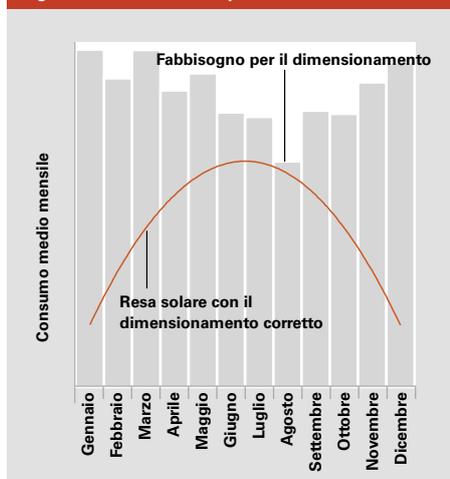
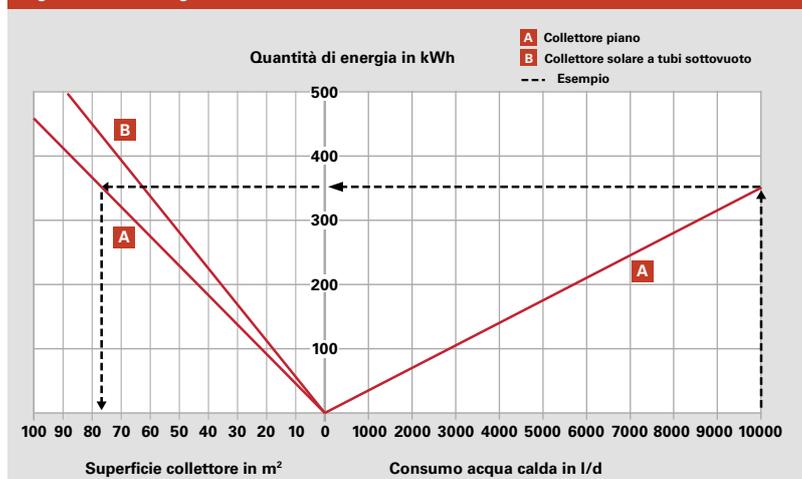


Fig. C.2.1-7 Nomogramma di dimensionamento



Per effettuare una stima preliminare della superficie collettore necessaria si può utilizzare un nomogramma di dimensionamento.

### C.2.1.2 Impianti solari per la produzione d'acqua calda sanitaria con copertura elevata (condomini)

Nei condomini spesso viene ottimizzata la resa degli impianti: per ciascun  $m^2$  di superficie del collettore installata si deve ottenere il massimo calore solare possibile. L'impianto solare deve quindi essere dimensionato in modo che vengano limitate al massimo le fasi di stagnazione ovvero che non si producano eccessi di calore non utilizzabili.

L'impianto deve essere progettato senza eccedenza per il consumo medio giornaliero nella fase estiva a basso carico, quindi deve essere dimensionato in modo che la quantità di energia solare prodotta possa essere assorbita in qualsiasi momento dal sistema per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il valore così rilevato viene denominato fattore di carico (consumo quotidiano  $40^\circ C$ , in  $l/m^2$  superficie del collettore).

Per un impianto con resa elevata per  $m^2$ , il valore minimo per il consumo di acqua calda sanitaria dovrebbe essere di  $130 l$  per  $m^2$  di superficie del collettore. La superficie del collettore viene rilevata in base a questo principio fondamentale. Se si ottimizza il fattore di carico dell'impianto la copertura da raggiungere è limitata, pari a circa il 50%. Un aumento della copertura solare causerebbe eccedenze e ridurrebbe la resa specifica (vedere a proposito il capitolo B.2).

Il consumo si dovrebbe misurare in particolare per queste dimensioni dell'impianto. Se non dovesse essere possibile, ad esempio, si possono ipotizzare i valori di consumo secondo la normativa UNI TS 11300-2 par. 5.2.1.1

Per il fabbisogno medio rilevato si calcola la quantità di energia necessaria per portare la temperatura dell'acqua sanitaria da  $10^\circ C$  a  $40^\circ C$ , nonché la superficie del collettore necessaria per la produzione di questa quantità di energia.

#### Esempio

Impianto con collettori solari piani, 250 persone, consumo misurato  $40 l$  per persona a  $40^\circ C$ , ovvero  $10.000 l$  al giorno.

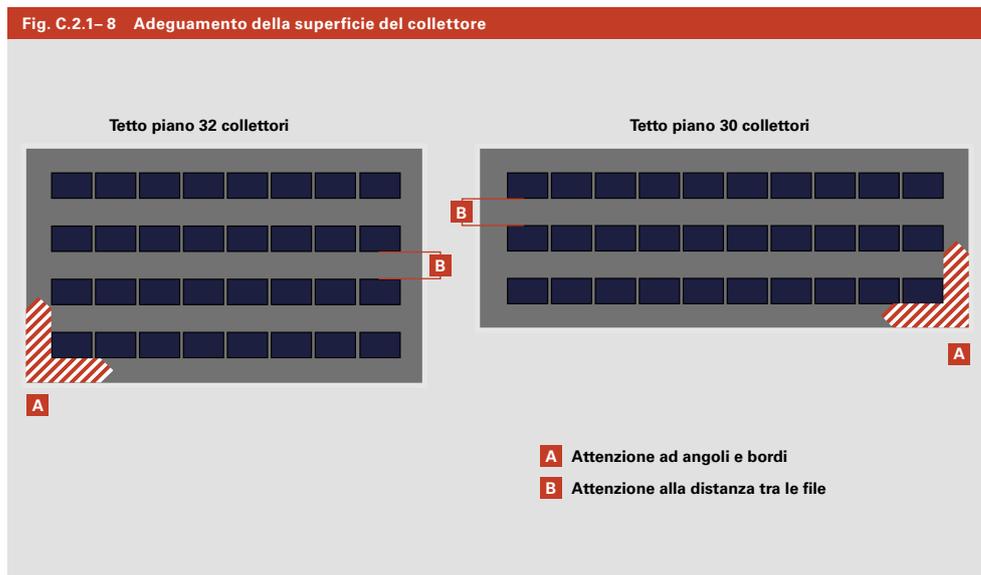
Per un giorno d'estate medio, non nuvoloso, si può calcolare sulla base del rendimento del collettore l'energia utile massima per ogni  $m^2$  di superficie del collettore. Ovvero per

- collettori solari piani ca.  $4,5 kWh/(m^2 \cdot d)$
- collettori solari a tubi sottovuoto ca.  $5,7 kWh/(m^2 \cdot d)$

Con questa energia, con angolo d'inclinazione di  $45^\circ$  e orientamento a sud è possibile riscaldare a  $40^\circ C$  circa  $130-140 l$  d'acqua (con i collettori solari a tubi sottovuoto ca. il 25% in più). Da ciò risultano  $77 m^2$  di superficie del collettore per il riscaldamento di  $10.000 l$  d'acqua.

## C.2 Dimensionamento

Per il dimensionamento della superficie del collettore si devono considerare anche la forma e la dimensione della superficie di montaggio. Attenersi ai limiti dovuti alla distanza dai bordi o tra le file (vedi capitolo B.1).



La superficie del collettore ottimale calcolata deve essere adattata alle condizioni del tetto. Se possibile si dovrebbero dimensionare sempre gruppi di collettori più o meno della stessa grandezza (vedi capitolo C.1).

Per realizzare la superficie dei collettori ottimale calcolata di 77 m<sup>2</sup> dell'esempio, teoricamente si dovrebbero impiegare 33,3 collettori Vitosol 200 -F. La superficie del collettore viene quindi adattata opportunamente. Solo dopo l'adeguamento della superficie del collettore si può procedere al dimensionamento degli altri componenti.

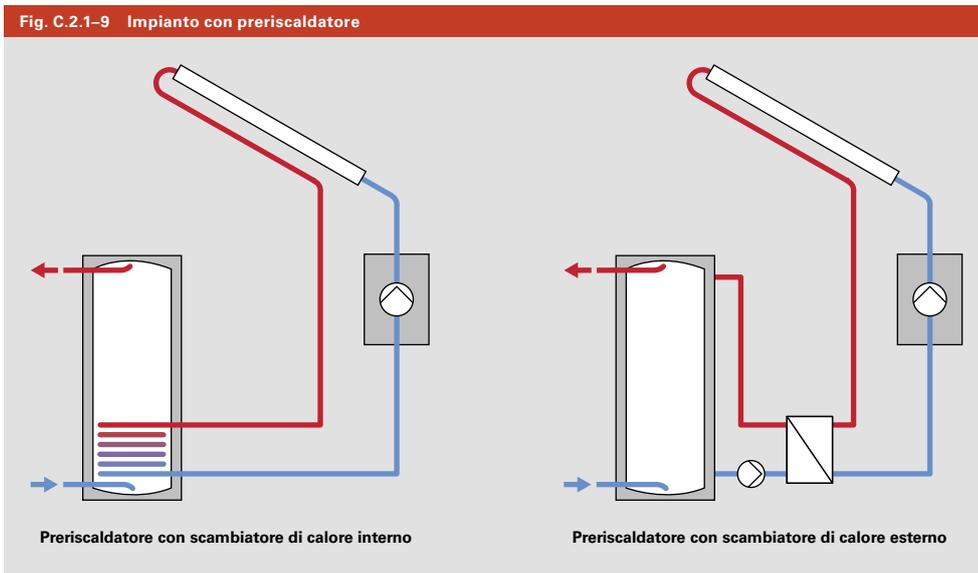
### **Accumulo**

Più la quota di copertura solare è bassa, più breve è il periodo di permanenza dell'energia solare ottenuta nella zona accumulo, quindi minori sono le dispersioni termiche. Un profilo di consumo tipico nel condominio presenta una punta la mattina e una la sera. In caso di copertura bassa le produzioni di calore solare del mezzogiorno (picco di produttività) devono essere accumulate solo per alcune ore poiché vengono già consumate alla sera, al più tardi al mattino successivo. Questo tempo di accumulo breve aumenta anche le rese solari utili per il buon carico dei collettori.

### **Impianti con bollitore per acqua calda sanitaria**

Non sono disponibili bollitori bivalenti di grande capacità. Di regola nel sistema si trova un bollitore riscaldato con il riscaldamento integrativo. Ad esso viene collegato a monte un bollitore per acqua sanitaria riscaldato ad energia solare (bollitore per ACS) che funzionano con lo stesso sistema usato negli impianti di piccole dimensioni (vedi Fig. C.2.1—2). In alternativa, negli impianti più grandi questo accumulo può essere caricato tramite uno scambiatore di calore esterno.

Per m<sup>2</sup> di superficie di assorbimento per i collettori solari piani si devono prevedere volumi di accumulo pari a 60 l, per i collettori a tubi sottovuoto pari a 100 l. L'accumulo di calore solare nell'acqua sanitaria consente una concezione semplice dell'impianto anche in caso di impianti di dimensioni maggiori. Poiché il contenuto dell'accumulo deve essere riscaldato una volta al giorno a 60 °C esso non deve contenere più acqua sanitaria di quella necessaria per il prelievo serale e mattutino. La mattina deve essere di nuovo completamente raffreddato, quindi pronto per l'assorbimento del calore solare. Un periodo adatto per la disinfezione termica è il tardo pomeriggio. Prima del riscaldamento le regolazioni moderne verificano se l'accumulo nel corso della giornata ha già raggiunto i 60°C necessari con l'impianto solare.



**Avvertenza**

Il preaccumulo come accumulo per ACS non viene riscaldato in modo permanente dall'impianto di caldaia, perciò è necessaria la disinfezione termica.

In questo caso la regolazione impedisce il riscaldamento da parte della caldaia. In pratica i bollitori per acqua calda sanitaria come i preriscaldatori per una superficie del collettore fino a ca. 30 m<sup>2</sup> offrono leggeri vantaggi di prezzo rispetto al sistema con serbatoio d'accumulo riscaldamento illustrato di seguito.

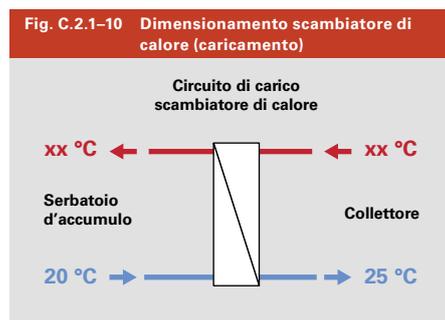
**Dimensionamento dello scambiatore di calore a piastre nel circuito di carico**

Se la potenza dello scambiatore di calore interno non è sufficiente per cedere il calore solare al fluido termovettore nell'accumulo (vedi Fig. B.2.5—1) vengono impiegati gli scambiatori di calore a piastre per il carico esterno di bollitori o serbatoi d'accumulo acqua di riscaldamento.

Lo scambiatore di calore a piastre viene dimensionato in modo che il circuito di ritorno primario trasporti il fluido termovettore al collettore il più raffreddato possibile. Questa temperatura dovrebbe essere di 5 K superiore alla temperatura dell'acqua di ritorno all'accumulo.

Per il dimensionamento dello scambiatore di calore con un programma di dimensionamento si possono considerare 20 °C dal serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento (ritorno circuito secondario) e 25 °C al collettore (ritorno circuito primario). Sul lato primario deve esse-

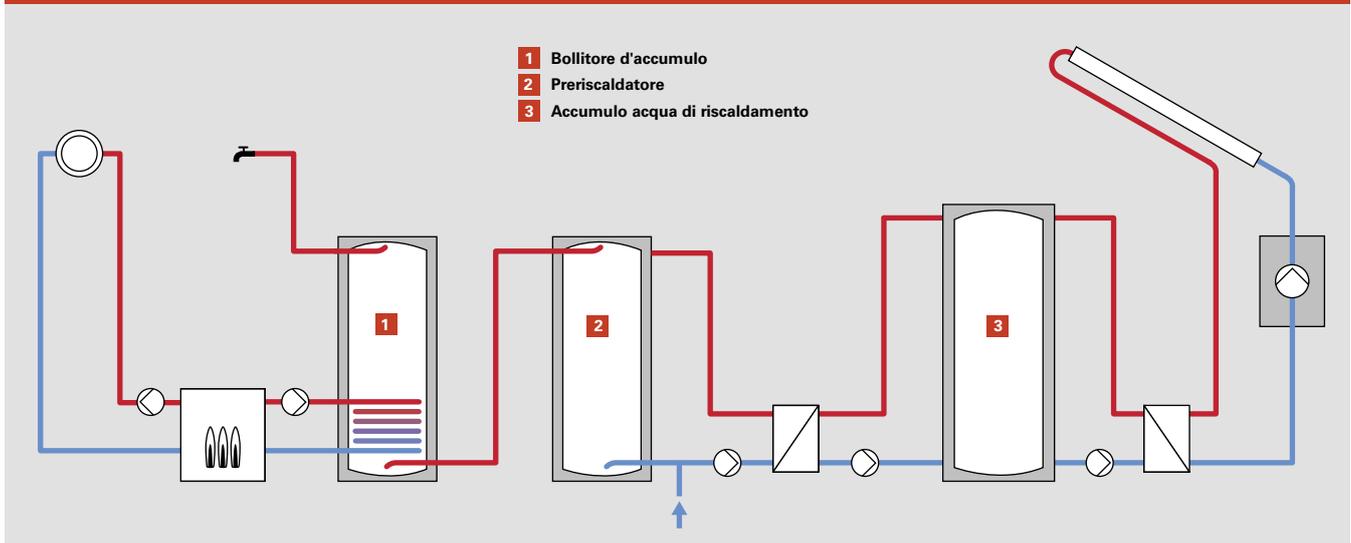
re immesso il dato proprio del fluido termovettore usato, mentre sul lato secondario si trova sola acqua. Se si deve indicare una perdita di carico massima si consiglia anzitutto un valore di 100 mbar. I valori indicati nella fig. C.2.1—10 con xx derivano dal calcolo. Per il controllo viene effettuato un secondo calcolo con una perdita di carico leggermente superiore; in determinate circostanze ne deriva così uno scambiatore di calore più piccolo. Secondo la VDI 6002 si consiglia una perdita di carico di max 200 mbar. La potenza di dimensionamento del campo collettori viene calcolata in 600 W/m<sup>2</sup> di superficie di apertura.



Parametri consigliati per il calcolo degli scambiatori di calore a piastre.

## C.2 Dimensionamento

Fig. C.2.1-11 Impianto con serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento



Il calore dei collettori viene ceduto al serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento (3) tramite lo scambiatore di calore a piastre. Mediante un secondo scambiatore di calore a piastre l'acqua sanitaria nel preriscaldatore (2) viene riscaldata dal sole e portata alla temperatura impostata nel bollitore (1) dalla caldaia.

### Impianti con serbatoio d'accumulo riscaldamento

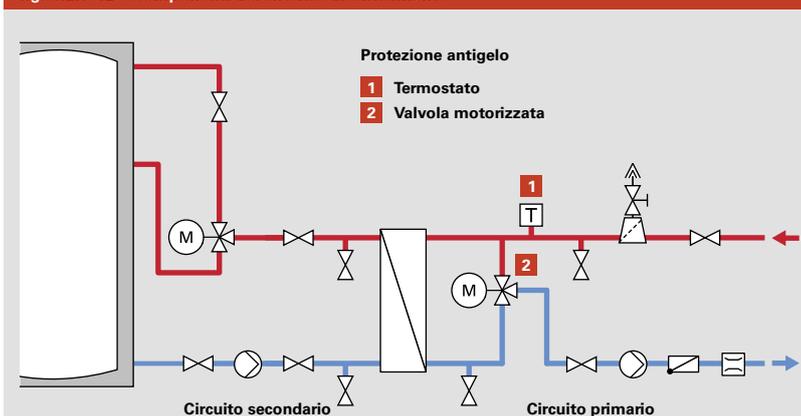
A partire da una superficie di collettori di 30 m<sup>2</sup>, per l'accumulo del calore solare vengono utilizzati i serbatoi d'accumulo acqua di riscaldamento. Con queste dimensioni gli impianti con serbatoi d'accumulo acqua di riscaldamento hanno un prezzo più vantaggioso rispetto agli impianti con bollitori. Benché i componenti del sistema siano più costosi (scambiatori di calore esterni, 2 pompe supplementari), i serbatoi d'accumulo acqua di riscaldamento sono notevolmente più economici grazie al basso valore di pressione e al fatto che non è necessaria la protezione contro la corrosione.

Tutti i componenti raffigurati nella fig. C.2.1-12 vengono descritti al capitolo C.3 e vengono dimensionati di conseguenza. Gli impianti di grandi dimensioni presentano una particolarità: se le tubazioni esterne del circuito primario sono più lunghe di quelle all'interno dell'edificio è consigliabile impiegare un dispositivo di protezione antigelo per lo scambiatore di calore esterno. Anche con temperature esterne estremamente basse può accadere che il collettore sia più caldo dell'accumulo a causa dell'irraggiamento, ma che il fluido termovettore presente nelle tubazioni sia ancora molto freddo. Se l'impianto funziona in questa condizione, si possono verificare danni dovuti al gelo sullo scambiatore di calore. Per evitare questo problema vengono integrati nel circuito primario una valvola motorizzata e un termostato e la via verso lo scambiatore di calore viene aperta solo a una temperatura > 5 °C.

Il calcolo dello scambiatore di calore viene effettuato come descritto qui sotto, al paragrafo "Impianti con bollitori".

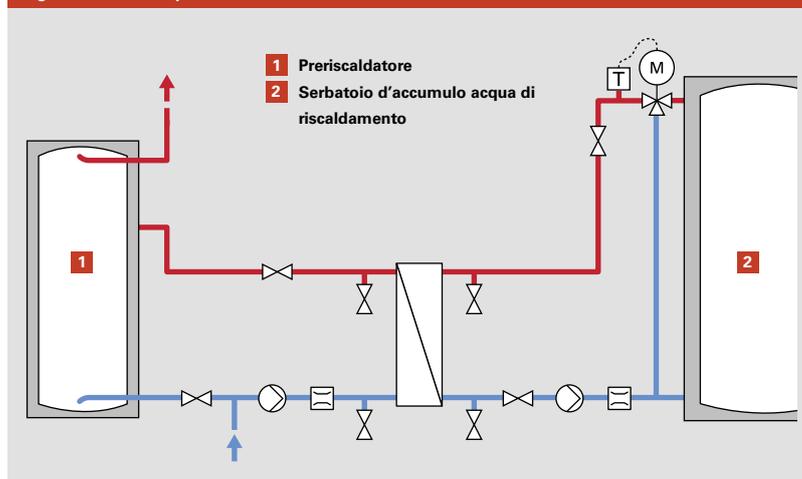
Per proteggere lo scambiatore di calore dai danni dovuti al gelo sul lato secondario causati dal fluido termovettore raffreddato (lato primario) la valvola motorizzata autorizza il percorso solo a una temperatura > 5 °C.

fig. C.2.1-12 Componenti del circuito di caricamento



Il calore solare del serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento viene ceduto all'acqua sanitaria nel preriscaldatore tramite uno scambiatore di calore a piastre. La valvola miscelatrice limita la temperatura nello scambiatore di calore a piastre.

Fig. C.2.1-13 Componenti nel circuito di scarico



### Serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento

Per avere le minori perdite di carico possibili il serbatoio d'accumulo di riscaldamento dovrebbe essere composto da un unico accumulo. Se non è possibile, per garantire carico e scarico sicuri si devono collegare in serie più serbatoi d'accumulo d'acqua di riscaldamento.

Il preriscaldatore in abbinamento allo scambiatore di calore a piastre nel circuito di scarico trasferisce il calore solare accumulato nel serbatoio d'accumulo dell'acqua di riscaldamento all'acqua sanitaria. Poiché la disinfezione termica quotidiana riguarda anche il preriscaldatore, lo stesso valore non dovrebbe essere scelto troppo grande. Come valore pratico si è rivelata efficace una capacità compresa tra il 10 e il 20% del consumo medio giornaliero.

Lo scambiatore di calore a piastre per lo scarico dell'acqua di riscaldamento dell'accumulo al preriscaldatore viene dimensionato in modo tale che il ritorno al serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento trasporti acqua raffreddata il più possibile. La temperatura dovrebbe essere di 5 K superiore alla temperatura dell'acqua di ritorno fredda al preriscaldatore

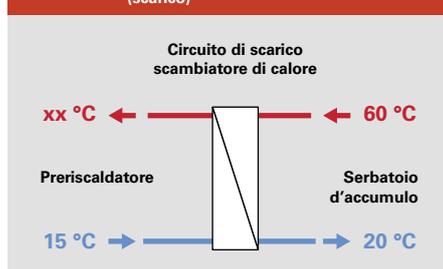
Il valore contrassegnato nella fig. C.2.1-14 con xx deriva dal calcolo. Vengono effettuati numerosi calcoli comparativi con diversi valori di portata, in cui le quantità orarie (punte orarie)

non devono essere inferiori al 25% del consumo giornaliero.

Controllo di attendibilità: la potenza calcolata è circa il 50% superiore a quella dello scambiatore di calore nel circuito di caricamento, sempre che la superficie del collettore sia stata calcolata in base alle regole descritte in precedenza (fattore di carico 60 l/m<sup>2</sup> di superficie dell'assorbitore).

Le portate volumetriche calcolate vengono tenute in considerazione per il dimensionamento delle pompe nel circuito di scarico.

Fig. C.2.1-14 Dimensionamento scambiatore di calore (scarico)



Per il dimensionamento dello scambiatore di calore per il riscaldamento dell'acqua sanitaria la temperatura di mandata al serbatoio d'accumulo deve essere solo 5 K superiore alla temperatura dell'acqua fredda del preriscaldatore.

## C.2 Dimensionamento

Fig. C.2.1-15 Tabella di dimensionamento circuito di caricamento e scarico

Consumo medio giornaliero a 60 °C in l/d	Vitosol 200-F		Vitosol 200/300-T (3 m <sup>2</sup> )		Volume in l Serbatoio d'accumulo acqua riscaldamento	Preriscaldatore
	Numero collettori	Set di carico DN	Numero collettori	Set di carico DN		
1650	9	20	6	20	900	350
1820	10	20	8	20	900	350
1990	10	20	8	20	1200	350
2150	12	20	9	25	1500	350
2320	12	20	10	25	1500	350
2480	14	20	10	25	1500	350
2650	15	25	10	25	1800	350
2810	15	25	12	25	1800	350
2980	16	25	12	25	1800	350
3140	16	25	12	25	1800	350
3310	16	25	15	32	1800	350
3640	20	25	15	32	2400	350
3970	20	25	16	32	3000	350
4300	22	32	18	32	3000	350
4630	24	32	18	32	3000	350
4960	25	32	20	32	3000	500
5300	30	32	20	32	3900	500
5630	30	32	20	32	3900	500
5960	32	32	24	40	3900	500
6290	34	32	24	40	3900	500
6620	34	32	24	40	3900	500
7450	38	40	28	40	5000	750
8280	42	40	32	50	5000	750
9100	48	40	36	50	6000	750
9930	54	40	40	50	6000	750
10760	54	50	40	50	6000	1000
11590	66	50	44	50	8000	1000
12400	70	50	48	50	8000	1000
13240	70	50	52	50	9000	1000
14070	80	50	56	65*	9000	1000
14900	80	50	56	65*	9000	1500
15720	84	50	60	65*	11000	1500
16550	84	50	64	65*	11000	1500

\* dimensione tubo calcolata per la quale non sono disponibili set di carico già confezionati.

### Avvertenza

Gli esempi degli schemi idraulici completi di schemi elettrici relativi a queste tipologie di impianti sono disponibili nella documentazione per la progettazione di Viessmann.

La presente tabella fornisce una panoramica per la scelta rapida dei gruppi di ritorno solare in caso di campi di grandi campi collettori.

Sono comunque disponibili gruppi ritorno solare che vengono selezionati mediante la tabella in figura C.2.1- 15.

### **C.2.1.3 Altre considerazioni**

#### **Trattamento antilegionella**

Per i sistemi con i bollitori descritti sopra esistono precise indicazioni per la necessaria disinfezione termica. Queste misure servono alla profilassi contro la formazione di germi dell'acqua sanitaria.

Nel solare sono significative in particolare le prescrizioni relative ai valori di preriscaldamento negli impianti di grandi dimensioni.

Di norma gli impianti di grandi dimensioni sono definiti come impianti che non sono installati nelle case mono e bifamiliari, presentano un volume delle tubazioni (escluso il ritorno del ricircolo) maggiore di 3 l e una capacità del bollitore maggiore di 400 l. Non si intende soltanto la capacità del preriscaldamento, bensì il contenuto di tutti i bollitori di accumulo. Con questo tipo di impianti è raccomandabile una temperatura continua all'uscita di 60°C nel bollitore post riscaldato (= riscaldato da caldaia). Il bollitore di preriscaldamento deve essere portato una volta al giorno a questa temperatura, mentre la disinfezione termica deve raggiungere tutti i componenti integrati all'interno del sistema.

Tutte le altre normative vigenti restano invariate anche per gli impianti solari, ad esempio le regolamentazioni per il ricircolo oppure normative diverse nei settori che richiedono igiene accurata (ospedali).

L'installatore dell'impianto ha l'obbligo di informare il conduttore sul corretto comportamento di disinfezione termica. Questa comunicazione al conduttore dovrebbe essere effettuata per iscritto ed essere parte integrante della documentazione di collaudo.

#### **Regolazione dell'integrazione riscaldamento**

Negli impianti di grandi dimensioni la temperatura di uscita del bollitore mantenuto termicamente con riscaldamento integrativo deve essere sempre di 60 °C, l'integrazione non deve quindi essere ad una temperatura inferiore.

Negli impianti di piccole dimensioni, in particolare con i bollitori bivalenti in case monofamiliari, una regolazione dell'integrazione del riscaldamento in funzione del fabbisogno può aumentare in modo considerevole la resa dell'impianto solare. L'integrazione del riscaldamento viene impostata in modo che la caldaia non riscaldi il bollitore di giorno, quindi quando si prevede una resa dell'impianto solare. Inoltre si può procedere all'esclusione dell'integrazione riscaldamento. In questo caso viene ridotta la temperatura del riscaldamento integrativo in determinati orari da impostare per ottenere la resa dell'impianto solare più elevata possibile. Le regolazioni per impianti solari Viessmann possono anche essere collegate alla regolazione della caldaia.

## C.2 Dimensionamento

Fig. C.2.1-16 Collegamento ricircolo e miscelatore

**A Ritorno ricircolo (estate)**

Tubazione necessaria per evitare eccessi di temperatura d'estate

**B Ritorno ricircolo (inverno)**

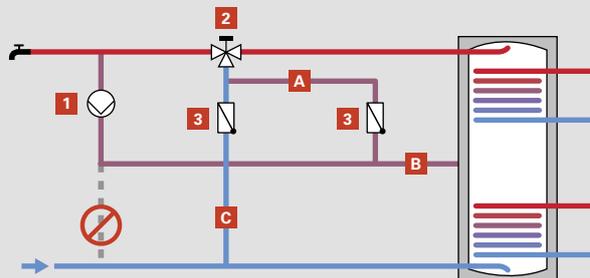
Temperatura massima di mandata 60°C

**C Afflusso miscelatore acqua sanitaria**

Tubazioni più corte possibile poiché d'inverno non c'è circolazione in questo ramo

**Ritorno ricircolo (errato)**

Non collegare il ritorno ricircolo nella zona del bollitore  
"di competenza" del solare



1 Pompa di ricircolo 2 Miscelatore acqua sanitaria 3 Valvola di ritegno

### Integrazione del ricircolo

Per il funzionamento ottimale dell'impianto solare è particolarmente importante che siano disponibili zone del bollitore con acqua fredda per l'assorbimento del calore solare prodotto. Queste zone non devono essere raggiunte in nessun caso dal ritorno ricircolo. E' sbagliato collegare nei bollitori bivalenti il ricircolo all'acqua fredda di alimentazione. Per collegare il ricircolo si deve utilizzare l'attacco ricircolo del bollitore (e non l'attacco acqua di alimentazione). In caso contrario il bollitore viene portato alla temperatura del ricircolo. La stessa cosa si verifica se per la pompa di ricircolo si deve utilizzare la regolazione termostatica.

### Miscelatore acqua

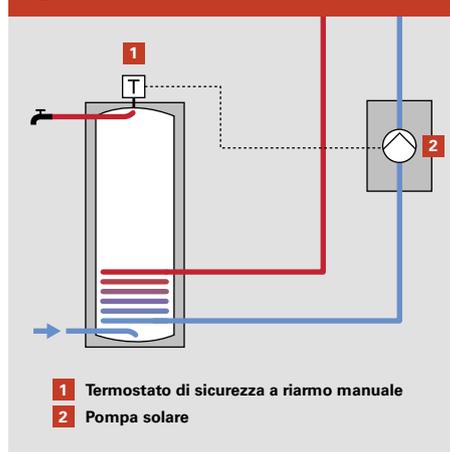
In particolare negli impianti con copertura solare elevata d'estate si possono registrare temperature > 60 °C. Come protezione contro le scottature si consiglia di montare una valvola miscelatrice termostatica tra l'uscita acqua calda e l'alimentazione acqua fredda del bollitore. Per evitare circolazioni indesiderate nell'alimentazione dell'acqua fredda del miscelatore acqua sanitaria viene integrata una valvola di ritegno.

### Limitazione di sicurezza della temperatura

La regolazione per impianti solari limita la temperatura massima del bollitore e, al raggiungimento di questa temperatura, termina il carico attraverso l'impianto solare. Un difetto della regolazione può comportare che la pompa, in caso di irraggiamento elevato, continui a funzionare surriscaldando così il bollitore. Questo caso si verifica se la produzione del collettore è superiore alla potenza dissipata dell'accumulo e del circuito primario. Questo rischio sussiste in particolare se la capacità dell'accumulo è notevolmente inferiore a 50 l/m<sup>2</sup> superficie di assorbimento, quindi nella combinazione di piscine e bollitori. Per evitare la formazione di vapore nella rete dell'acqua calda, sulla testa del bollitore viene montato un termostato di sicurezza a riarmo manuale che interrompe l'alimentazione di rete sulla pompa del circuito solare al superamento di 90°C.

Per evitare la formazione di vapore nella rete dell'acqua calda sulla testa del bollitore viene montato un termostato di sicurezza a riarmo manuale.

Fig. C.2.1-17 Limitazione di sicurezza della temperatura



1 Termostato di sicurezza a riarmo manuale  
2 Pompa solare

### C.2.2 Dimensionamento di un impianto per l'integrazione riscaldamento con sistema solare termico

In Germania più della metà della superficie installata dei collettori degli impianti solari è dedicata anche al riscaldamento ambiente, oltre che alla produzione di acqua calda sanitaria. Nelle nuove costruzioni gli edifici possono essere progettati in modo che un impianto solare - con accumulo stagionale o parzialmente stagionale - copra una parte del fabbisogno di energia di riscaldamento. Il presupposto è un edificio con un consumo molto ridotto, spazio sufficiente per un accumulo a partire da 10 000 l e un tetto rivolto a sud.

In edifici di questo tipo il risparmio di energia primaria può essere ottenuto esclusivamente grazie all'interazione tra l'impianto e l'architettura, per cui gli edifici devono essere considerati e progettati sempre nel loro insieme. Perciò per questo tipo di impianto negli edifici di nuova costruzione non sono disponibili sistemi già preconfigurati. Viessmann offre il suo supporto per la progettazione agli studi tecnici o agli operatori del settore.

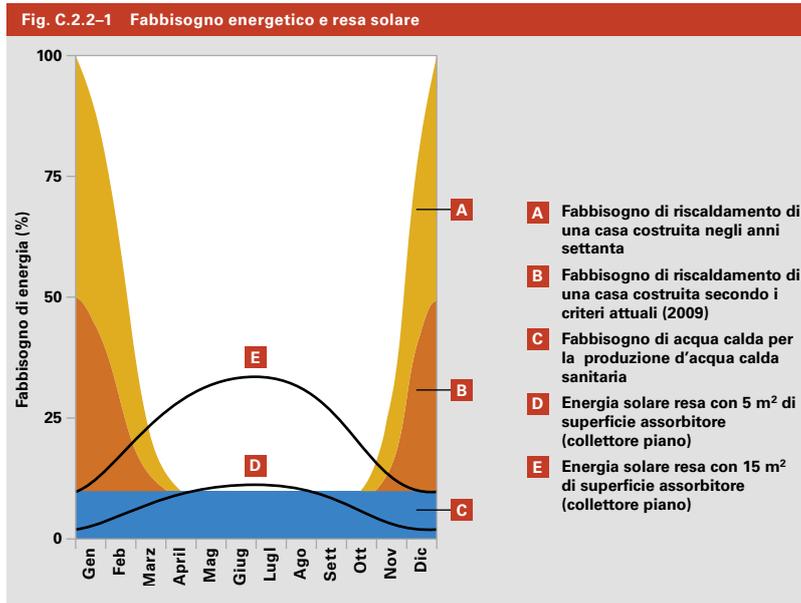
Nei seguenti paragrafi l'integrazione riscaldamento solare negli edifici convenzionali e negli edifici di nuova costruzione viene realizzato con un'accumulazione a breve termine in serbatoi fino a ca. 2000 l.

#### Principi fondamentali per il dimensionamento

Nella produzione d'acqua calda sanitaria da solare la produzione di energia solare è molto diversa a seconda delle stagioni e per tale motivo l'impianto solare deve essere dimensionato in rapporto al fabbisogno medio annuale di acqua calda sanitaria.

Per l'integrazione riscaldamento solare l'offerta e la domanda sono opposte.

L'esperienza mostra che le parti interessate spesso non valutano correttamente le possibilità di impianto per l'integrazione riscaldamento negli edifici. Durante la fase di consulenza si dovrebbero perciò correggere valutazioni errate stimate troppo in anticipo, con l'esposizione delle aspettative realistiche



Uno svantaggio dell'integrazione riscaldamento solare con accumulo a breve termine sono gli eccessi di calore non utilizzabili d'estate.

nei confronti di un'integrazione riscaldamento con impianto solare.

Nella fig. C.2.2— 1 si può vedere che

- L'impianto solare non sostituisce il generatore di calore convenzionale, la cui resa non può essere ridotta.
- L'impianto solare deve quindi essere considerato come parte integrante di un sistema globale in cui si raggiunge la massima efficienza anche per il generatore di calore convenzionale. L'integrazione delle energie rinnovabili aumenta l'efficienza dei sistemi globali, ma non può sostituirli.
- Senza accumulo stagionale le possibilità di integrazione riscaldamento solare sono limitate. Se la figura venisse ampliata con altre curve con una resa dell'energia solare per 30 m<sup>2</sup> o 50 m<sup>2</sup> di superficie di assorbimento, sarebbe chiaro che l'energia supplementare guadagnata finirebbe in gran parte nelle eccedenze estive; le aree d'intersezione di produzione e fabbisogno non sarebbero di molto maggiori.
- Ogni impianto per l'integrazione riscaldamento solare d'estate ha fasi lunghe di stagnazione se nel sistema non viene integrata un'utenza esclusivamente estiva. La conseguente formazione di vapore richiede una progettazione e un'esecuzione dell'impianto molto accurate.

### **Dimensionamento**

Nella pratica ci sono tre principi per il dimensionamento di un impianto per l'integrazione riscaldamento con il solare.

#### **1. Dimensionamento secondo la copertura solare**

Il parametro di riferimento copertura solare spesso deriva dal desiderio o dalle aspettative del cliente, perciò si ritrova in numerosi contesti pubblicitari. Per l'integrazione riscaldamento solare un dimensionamento a una determinata copertura solare non è fattibile senza un'analisi precisa dell'edificio da riscaldare. La copertura solare deriva da una progettazione adatta all'edificio, mentre come applicazione è meno adatta negli edifici già esistenti.

#### **2. Dimensionamento secondo la superficie utile dell'edificio da riscaldare**

La seconda possibilità è il dimensionamento in riferimento alla superficie utile dell'edificio da riscaldare. Se si considera però il fabbisogno di energia molto diverso degli edifici, si comprende subito che il dimensionamento si può consigliare solo in linea di massima:

la variabile da  $0,1 \text{ m}^2$  a  $0,2 \text{ m}^2$  di superficie del collettore per  $\text{m}^2$  di superficie utile riscaldata significa un fattore 2 nella dimensione dell'impianto. Questa modalità rende difficile definire chiaramente una determinata taglia dell'impianto. Inoltre il fabbisogno estivo per la produzione d'acqua calda sanitaria non viene considerato in modo adeguato nella progettazione: non viene creato un rapporto fisso tra la superficie abitabile e il numero di abitanti che consumano acqua calda. Un impianto dimensionato esclusivamente sulla superficie utile, in un edificio di  $250 \text{ m}^2$  abitato da due persone, si comporta in modo diverso rispetto a un impianto in una piccola casa monofamiliare abitata da una famiglia di 5 persone.

#### **3. Dimensionamento secondo il rendimento stagionale**

Come base di valutazione Viessmann sceglie il rendimento stagionale dell'intero impianto di riscaldamento. L'industria del riscaldamento tedesca si è accordata per questa misura.

La base per il dimensionamento di un'integrazione riscaldamento solare è sempre il fabbisogno di calore estivo. È composta dal fabbisogno di calore per la produzione d'acqua calda

sanitaria e ulteriori consumi dipendenti dagli utilizzatori che possono essere soddisfatti dall'impianto, come ad esempio un fabbisogno di energia di riscaldamento per evitare la formazione di umidità nelle cantine.

Per questo consumo estivo viene dimensionata la superficie del collettore idonea. La superficie del collettore così calcolata viene allora moltiplicata per il fattore  $2/2,5$ : il risultato è l'intervallo in cui si deve trovare la superficie del collettore per l'integrazione riscaldamento solare.

Una maggiore precisione si può ottenere solo considerando i dati dell'edificio e la progettazione mirata di un campo collettori. Se il calcolo dà ad esempio, cinque o sei collettori e la superficie sud del tetto è sufficiente solo per cinque collettori, non ha alcun senso montare un sesto collettore sul tetto del garage.

#### **Esempio**

Per una casa monofamiliare viene preventivata una superficie collettore di  $5/7 \text{ m}^2$  (collettori piani) per la produzione d'acqua calda sanitaria e non c'è un ulteriore fabbisogno estivo.

La superficie del collettore per l'integrazione riscaldamento solare deve quindi essere compresa tra  $10 \text{ m}^2$  e  $12,5 \text{ m}^2$ . Si scelgono quindi 5 collettori solari piani con una superficie di assorbimento di  $2,33 \text{ m}^2$  ciascuno, quindi  $11,65 \text{ m}^2$ .

#### **Avvertenza**

Per evitare la formazione di umidità nei locali più freschi (ad es. cantine) nei giorni caldi è sufficiente un aumento di temperatura di pochi gradi Kelvin.

Nelle case monofamiliari medie con le altezze della cantina usuali è sufficiente una superficie del collettore di ca.  $0,05 \text{ m}^2$  per ogni  $\text{m}^2$  di superficie della cantina. Qui è già stato considerato che l'impianto solare in questo periodo fornisce più energia di quella necessaria per la produzione d'acqua calda sanitaria.

Se è presente una piscina che d'estate può assorbire calore, essa non influisce sul dimensionamento dell'impianto se la vasca, diversamente non riscaldata, deve essere temperata leggermente solo con il calore in eccesso.

Per combinazioni di integrazione riscaldamento solare con piscine all'aperto o al coperto che devono essere mantenute a una determinata temperatura mediante un impianto di caldaia convenzionale è necessario attenersi alle indicazioni riportate al capitolo C.2.4.

Se per gli impianti d'integrazione riscaldamento è possibile scegliere liberamente l'inclinazione del collettore (tetto piano, superficie all'aperto), si dovrebbe valutare un angolo compreso tra i 30° e i 45°.

Se l'impianto può essere installato solo parallelo al tetto con un angolo d'inclinazione < 30° l'integrazione riscaldamento solare con collettori solari piani va valutata. In questo caso si potrebbero anche impiegare collettori solari a tubi sottovuoto (montaggio orizzontale con raccordi in basso), i cui tubi possono essere orientati singolarmente.

Per il dimensionamento dell'accumulo è indifferente che il sistema sia attrezzato con un accumulo combinato o con un serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento più un bollitore per acqua calda sanitaria. Per i collettori solari piani il limite inferiore di capacità dell'accumulo è di 60 l per m<sup>2</sup> di superficie di assorbimento, mentre l'optimum è tra 60 l e 80 l. Per i collettori solari a tubi sottovuoto, il campo è compreso tra 80 l e 100 l per m<sup>2</sup> di superficie di assorbimento.

Questo dato è comunque da valutare in base al tipo di impianto e alla località di installazione, visto che l'Italia presenta una notevole varietà di condizioni climatiche.

In un sistema con accumulo a stratificazione il circuito di riscaldamento viene alimentato dal serbatoio d'accumulo.

Fig. C.2.2-2 Tabella di dimensionamento integrazione riscaldamento

Persone	Fabbisogno acqua calda 40 °C in l	Capacità serbatoio d'accumulo in l	Numero collettori	
			Vitosol-F	Superficie
2	100	750	4 x SV / 4 x SH	2 x 3 m <sup>2</sup> *
3	150	750	4 x SV / 4 x SH	2 x 3 m <sup>2</sup> *
4	200	750	4 x SV / 4 x SH	2 x 3 m <sup>2</sup>
5	250	750 / 1000	4 x SV / 4 x SH	4 x 2 m <sup>2</sup>
6	300	750 / 1000	4 x SV / 4 x SH	4 x 2 m <sup>2</sup>
7	350	1000	6 x SV / 6 x SH	3 x 3 m <sup>2</sup>
8	400	1000	6 x SV / 6 x SH	3 x 3 m <sup>2</sup>

\* Prevedere un eventuale sistema di dissipazione di calore durante la stagione estiva.

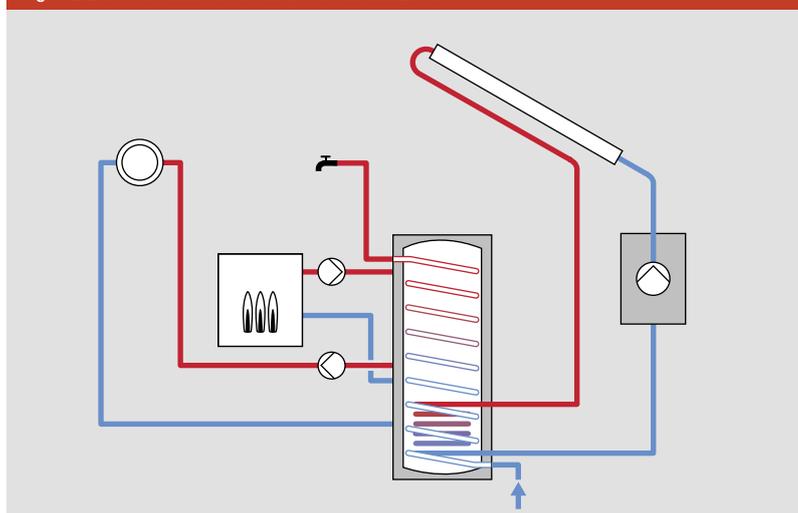
La presente tabella fornisce una panoramica per la scelta rapida dei componenti in caso di integrazione con riscaldamento solare.

### Schematizzazione del sistema

Per la schematizzazione dell'intero sistema vi sono due possibilità di accumulare il calore solare e metterlo a disposizione del circuito di riscaldamento: il caricamento a stratificazione e l'aumento della temperatura del ritorno.

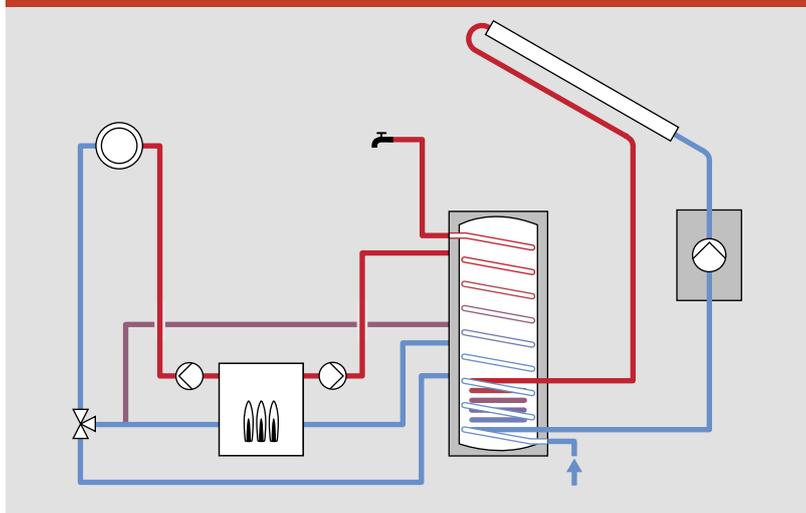
Negli impianti con caricamento a stratificazione l'accumulo viene portato alla temperatura di mandata dall'impianto solare o dalla caldaia. L'alimentazione del circuito di riscaldamento avviene direttamente dal serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento.

Fig. C.2.2-3 Sistema con accumulo a stratificazione



## C.2 Dimensionamento

Fig. C.2.2-4 Sistema con aumento della temperatura del ritorno



In un sistema con aumento della temperatura del ritorno il circuito di riscaldamento viene alimentato dalla caldaia. Il calore solare viene introdotto nel circuito di riscaldamento se la temperatura del ritorno circuito di riscaldamento è inferiore alla temperatura nell'accumulo

In un impianto con aumento della temperatura del ritorno l'acqua riscaldata con l'impianto solare viene prelevata se la temperatura nell'accumulo è superiore alla temperatura del ritorno del circuito di riscaldamento. Se la temperatura di mandata non viene raggiunta entra in funzione la caldaia.

In impianti dotati di caldaie di vecchia concezione, con notevoli perdite di carico e rare accensioni del bruciatore, il calore generato deve essere portato il più rapidamente possibile nel serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento

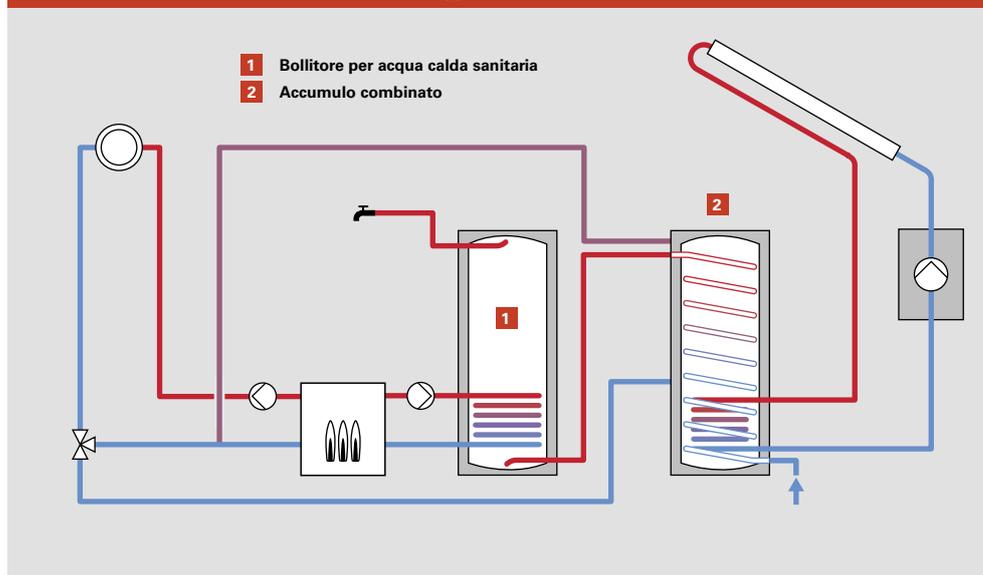
per ridurre le dispersioni termiche (evitando dispersioni da raffreddamento durante l'inattività). Qui bisogna notare che gli impianti termici di questo tipo non dovrebbero essere combinati con un impianto solare, bensì preferibilmente sostituiti.

Per i generatori di calore moderni questa argomentazione non è valida. Essi producono, modulando, esattamente la stessa quantità di energia che sarebbe necessaria a raggiungere la temperatura di mandata. Un caricamento a stratificazione significa uno spostamento dei limiti del sistema: aumenta sostanzialmente la superficie su cui si disperde il calore prodotto in modo convenzionale, ovvero indipendentemente dalla qualità dell'isolamento dell'accumulo, aumenta sempre la temperatura da raggiungere dell'impianto solare il cui rendimento diminuisce automaticamente. Per questo motivo Viessmann consiglia e predilige l'aumento della temperatura del ritorno, a meno che a causa di determinati obblighi non siano necessarie altre soluzioni di sistema (ad esempio l'integrazione di caldaie a combustibili solidi).

L'utilizzo di un solo accumulo presenta il vantaggio di un ingombro ridotto e di una tubazione di raccordo semplice (l'impianto solare viene collegato esclusivamente a un accumulatore). A questo proposito si devono considerare i prelievi massimi indicati nei dati tecnici dell'accumulo combinato. In caso di prelievi

Il sistema con aumento della temperatura del ritorno può essere costruito anche come sistema a due accumuli. Questa soluzione è praticabile in caso di prelievi consistenti o se si deve integrare un accumulatore già esistente.

Abb. C.2.2-5 Sistema con accumulatore monovalente aggiuntivo



consistenti o se l'accumulo esistente deve essere mantenuto, un accumulo combinato si può collegare anche a un accumulo monovalente riscaldato dall'impianto di caldaia.

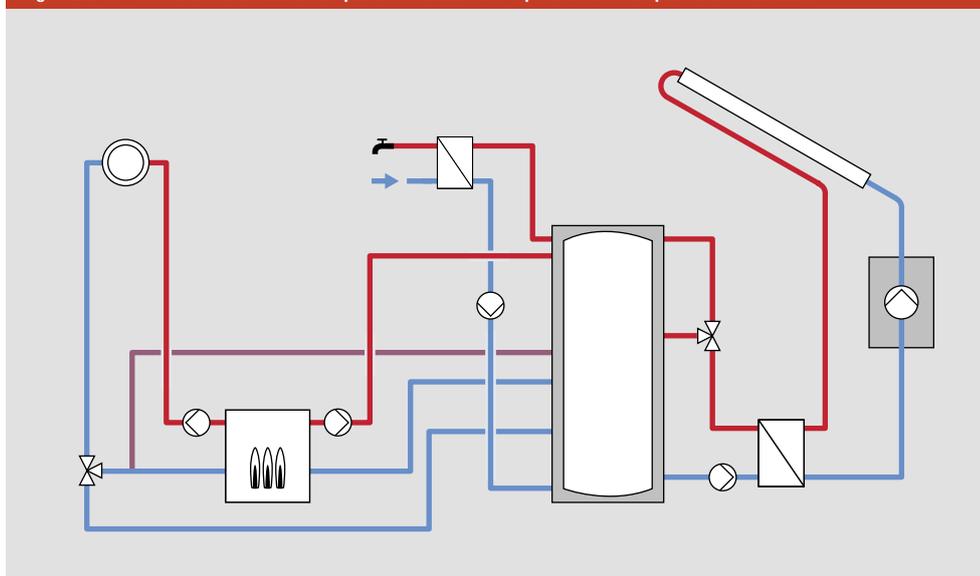
In alternativa, al posto di un accumulo combinato si può utilizzare un serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento abbinato ad un sistema di produzione istantanea (FRIWA).

Con questa combinazione si possono realizza-

re impianti grandi per i quali si deve considerare il prelievo massimo dei sistemi FRIWA.

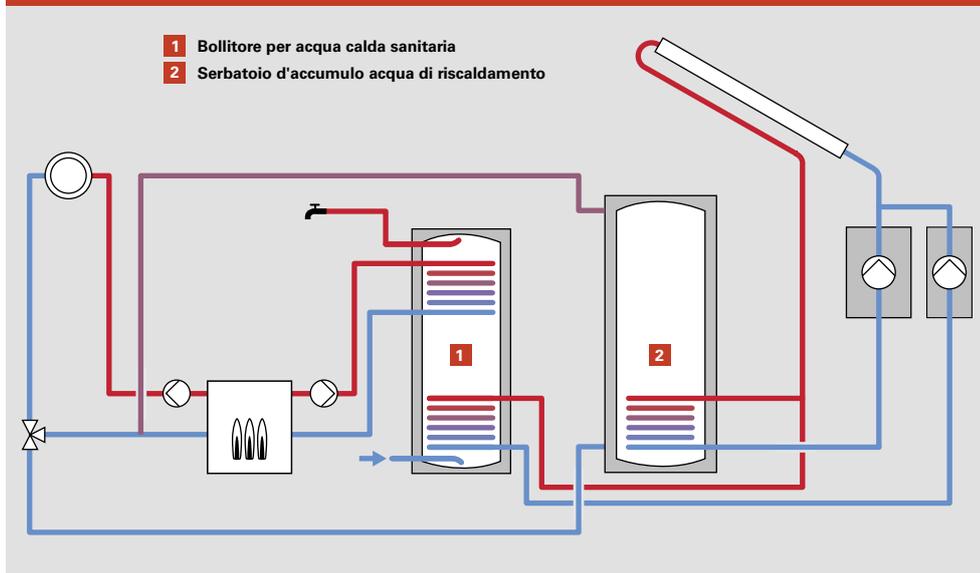
Con sistemi ad accumuli distinti l'impianto solare carica più accumuli separatamente, il sistema può essere riprodotto in dimensioni più grandi. Negli impianti con campi solari estesi, il bollitore bivalente può essere sostituito da due bollitori monovalenti.

Fig. C.2.2-6 Sistema con accumulo acqua di riscaldamento e produttore d'acqua calda istantaneo



Negli impianti grandi il sistema può essere realizzato con un serbatoio d'accumulo riscaldamento e una stazione FRIWA.

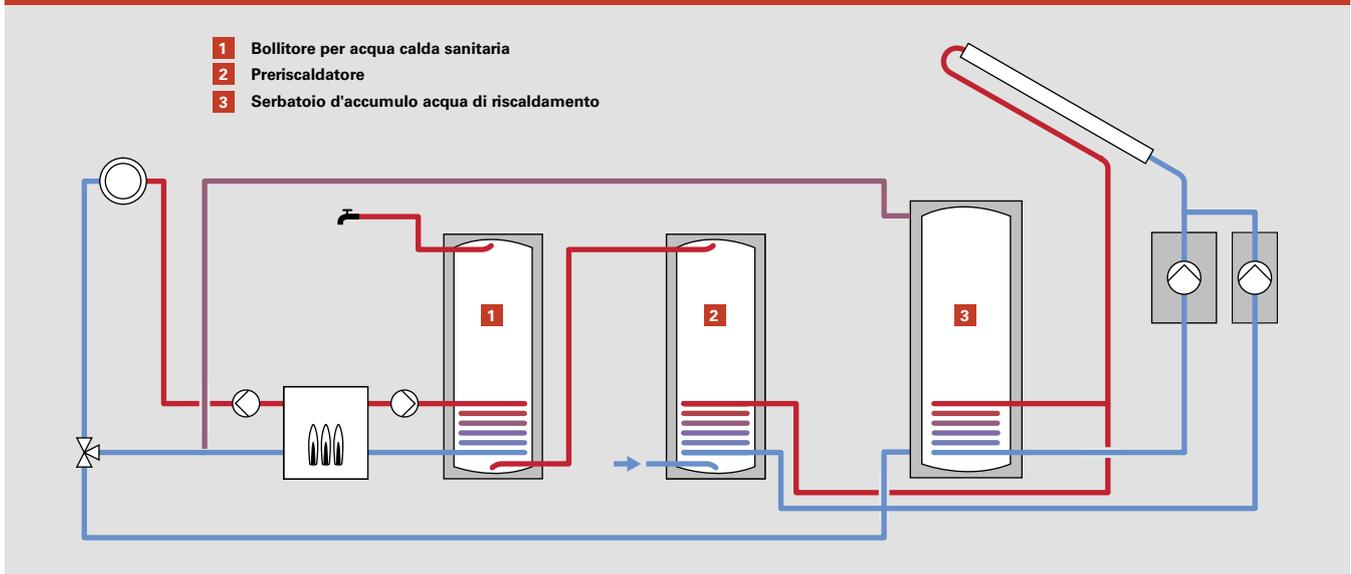
Fig. C.2.2-7 Sistema con accumuli separati (bivalente)



Nel sistema con accumuli separati il calore viene accumulato sia nel serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento, sia nel bollitore per acqua calda sanitaria.

## C.2 Dimensionamento

Fig. C.2.2-8 Sistema con accumuli distinti (monovalenti)



Nel sistema con accumuli distinti il bollitore per acqua calda sanitaria bivalente (fig. C.2.2-7) può essere sostituito da un preriscaldatore monovalente e da un bollitore per acqua calda sanitaria monovalente.

### **Impianti solari e caldaia a condensazione**

A volte si ritiene erroneamente che gli impianti solari non possono essere combinati con le caldaie a condensazione. Anche questo è falso. È corretto invece che l'impianto solare riscalda sempre prima l'acqua fredda (acqua sanitaria o acqua del circuito di riscaldamento) nel sistema. Se l'impianto di caldaia deve quindi provvedere "al resto", all'aumento della temperatura acqua sanitaria ad esempio da 50 °C (preriscaldata in modo solare) a 60 °C (temperatura impostata), la caldaia non lavora più nel campo di condensazione. In questo campo di temperatura tale caldaia non lavora in condensazione anche in assenza di impianto solare.

Per l'integrazione riscaldamento solare si potrebbe presentare un esempio analogo. Di regola la combinazione con un impianto solare non influisce sull'efficienza e la sicurezza d'esercizio della caldaia. Il rendimento

stagionale della caldaia invece si abbassa leggermente, mentre quello dell'intero sistema aumenta in modo considerevole. È decisivo il valore assoluto del risparmio di energia.

### Carico di più accumuli

Se con il solare viene caricato più di un accumulato o di un'utenza significa che vi sono diverse possibilità di schema idraulico per l'impianto solare.

#### Soluzione con due pompe di circolazione

In questa variante ciascun accumulato viene alimentato con una pompa autonoma nel ritorno del circuito solare. Le pompe entrano in funzione alternativamente. Una modalità di funzionamento in cui entrambe le pompe possono funzionare anche in parallelo è teoricamente possibile, ma in pratica ha senso solo in casi eccezionali. Bisogna considerare che una modalità di funzionamento di questo tipo ha come conseguenza portate volumetriche diverse nel circuito primario.

#### Soluzione con valvola deviatrice a 3 vie

In questa variante una pompa del circuito solare carica entrambi gli accumuli e la portata viene deviata all'occorrenza sui diversi accumuli mediante una valvola a 3 vie. La valvola a 3 vie viene integrata nel ritorno, poiché in questo punto è protetta al meglio dalle temperature elevate.

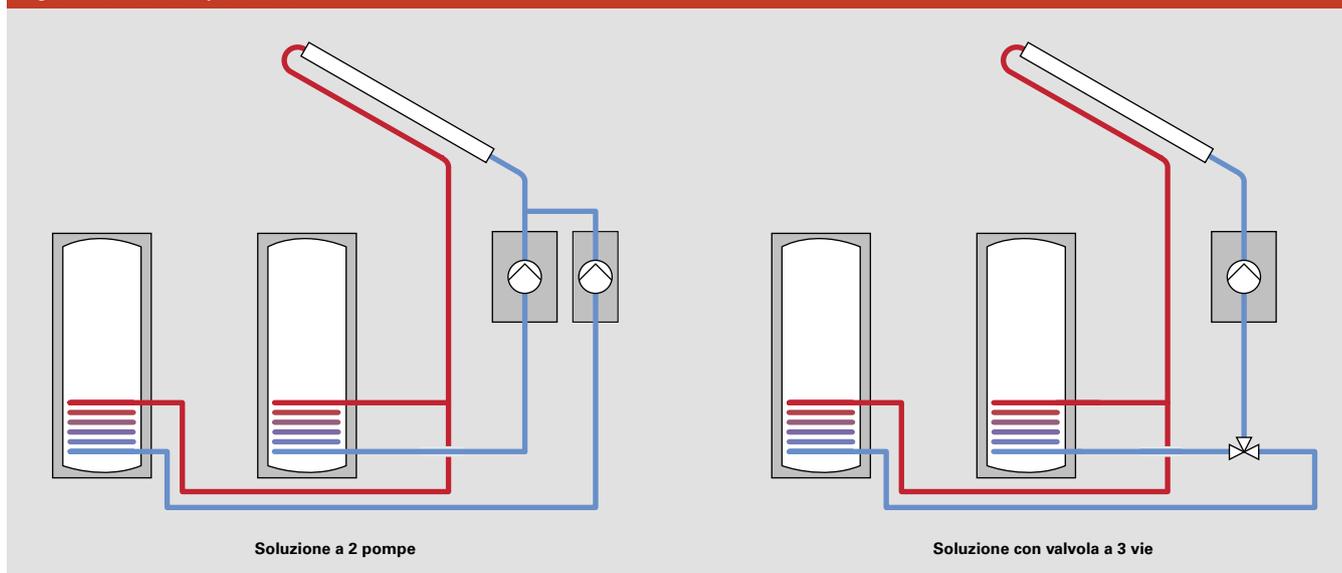
### Criteri per la scelta

Per quanto riguarda la sicurezza di esercizio dell'impianto e la sicurezza di progettazione le due varianti sono più o meno analoghe. La soluzione con la valvola a 3 vie può essere leggermente più economica, mentre la soluzione con due pompe consuma un po' meno durante l'esercizio (perdita di carico limitata, non c'è assorbimento di corrente della valvola). Se vengono alimentati più di due accumuli, le soluzioni con le pompe comportano impianti di impiego più semplice rispetto alle valvole a 3 vie collegate più volte in sequenza.

#### Avvertenza

In molte regolazioni per impianti solari sono presenti degli schemi impianti preimpostati su una delle due soluzioni. Nelle regolazioni Viessmann è preimpostata la variante a due pompe. Se si sceglie un altro sistema idraulico l'impostazione deve essere modificata di conseguenza.

Fig. C.2.2-9 Carico di più accumuli



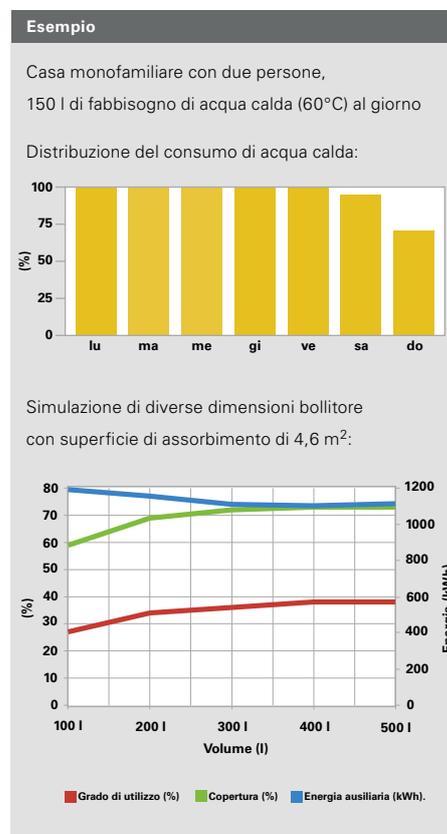
## C.2 Dimensionamento

### Avvertenza

Negli impianti industriali non ci sono valori standard per cui è sempre indispensabile una progettazione accurata specifica per l'oggetto.

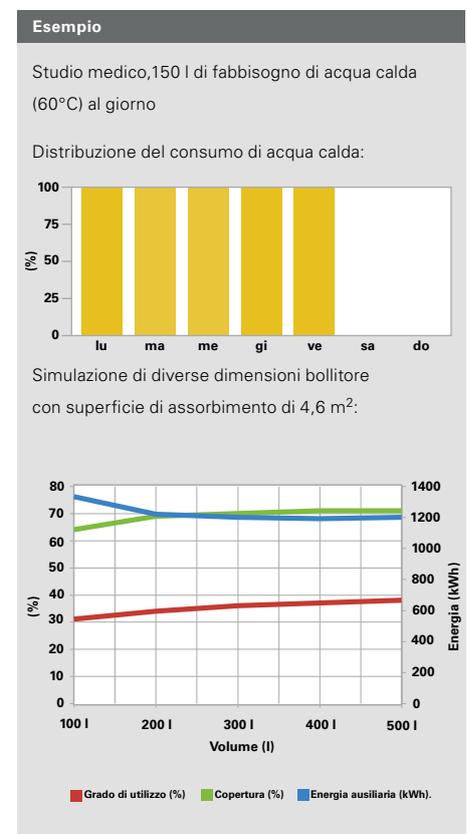
### C.2.3 Profili di utilizzo negli usi industriali

Gli esempi presentati precedentemente si riferiscono sempre alla produzione solare d'acqua calda sanitaria e all'integrazione riscaldamento per abitazioni residenziali. Per impianti industriali si intendono tutti quegli utilizzi al di fuori delle abitazioni civili. I profili di prelievo e le fasce di riscaldamento negli usi industriali possono essere molto diversi, fattore questo da tenere ben presente per il



dimensionamento dell'impianto solare e dei singoli componenti. Nell'esempio della casa monofamiliare il consumo è costante nei giorni lavorativi e si abbassa leggermente durante il weekend. Nella simulazione (vedi capitolo C.4) con una superficie di assorbimento di 4,6 m<sup>2</sup> e diverse grandezze del bollitore si vede che la copertura solare e il rendimento stagionale dell'impianto a partire da una capacità del bollitore di 300 l non aumentano più considerevolmente e anche il possibile risparmio energetico ha raggiunto il massimo. L'impianto risulta quindi dimensionato correttamente con un bollitore da 300 l.

Nell'esempio dello studio medico la copertura



solare, il rendimento stagionale e il risparmio di energia aumentano nel passare da 300 a 400 l di capacità del bollitore, sebbene la superficie di assorbimento e il relativo profilo di prelievo quotidiano corrispondano all'esempio della casa monofamiliare.

Grazie all'aumento della capacità del bollitore l'acqua calda prodotta nel weekend dall'impianto solare viene preparata per l'inizio della settimana.

Per il dimensionamento dell'impianto è quindi importante considerare non solo la quantità di acqua calda mediamente utilizzata, ma anche la sua distribuzione temporale.

Esempi simili si possono preparare anche per l'integrazione riscaldamento solare: un impianto industriale si comporta in modo diverso rispetto a quello di un edificio residenziale, poiché durante il weekend la temperatura dell'impianto di riscaldamento viene quasi sempre abbassata.

Il programma di dimensionamento Viessmann ESOP (vedi capitolo C.4) consente di creare profili di prelievo specifici per la simulazione dell'impianto.

### **Calore di processo a bassa temperatura**

Il calore a bassa temperatura è caratterizzato dal livello di temperatura del calore di processo che può essere raggiunto con collettori solari piani o a tubi sottovuoto con rendimenti ancora accettabili (ca. 90 °C).

In ambito industriale molti processi, ad esempio il lavaggio o la pastorizzazione, vengono effettuati a temperature relativamente basse. Questi processi sono adatti ad essere alimentati da energia solare in particolare se il prelievo del calore prodotto avviene in modo continuativo. In determinate circostanze qui sono sufficienti capacità di accumulo molto ridotte, per cui l'impianto permette un prezzo del calore conveniente.

Già oggi ci sono caseifici o altre aziende che producono generi alimentari che sono dotati di impianti solari termici.

### **C.2.4 Riscaldamento acqua di piscina**

Per il riscaldamento esclusivo dell'acqua di piscina nelle piscine all'aperto si possono utilizzare collettori non vetrati, ovvero semplici tubi flessibili assorbenti. Dal punto di vista tecnico non si tratta però di collettori: i tubi flessibili assorbenti vengono sottoposti a un altro procedimento di verifica conformemente alla norma EN 12975. I risultati della verifica per gli assorbitori in polimeri senza vetro non sono quindi comparabili a quelli degli assorbitori metallici con vetro.

Questi assorbitori in plastica hanno un buon rendimento ottico poiché non vi sono perdite di carico dovute alla lastra di copertura in vetro. Per la mancanza di isolamento, però, sono poco protetti dalle dispersioni termiche che sono quindi decisamente elevate. Per questa ragione vengono impiegati solo per il funzionamento con una differenza di temperatura molto ridotta rispetto all'ambiente, ovvero con un valore  $\Delta T$  minimo.

Il campo d'impiego principale per i collettori senza vetro sono le piscine all'aperto senza ulteriori utenze collegate; qui d'estate l'irraggiamento solare e il fabbisogno di riscaldamento per l'acqua di piscina sono concomitanti.

Negli assorbitori per piscina scorre direttamente l'acqua di piscina. Gli assorbitori vengono fissati per lo più orizzontalmente, ovvero a livello del terreno, oppure disposti su tetti piani fissati al fondo. Possono essere montati anche su tetti leggermente inclinati. In inverno gli assorbitori vengono svuotati completamente.

Per la combinazione del riscaldamento solare di acqua di piscina con la produzione di acqua calda sanitaria o anche integrazione riscaldamento solare, i semplici materassini assorbenti non sono idonei e qui non vengono più considerati.

## C.2 Dimensionamento



Fig. C.2.4 Piscina all'aperto dell'associazione nuoto Poseidon, Amburgo

Nel seguente paragrafo viene chiarito in che modo il fabbisogno di calore delle piscine viene considerato nel dimensionamento di impianti combinati (con collettori vetrati).

Le piscine vengono suddivise in tre categorie in base al loro tipo di fabbisogno, da cui derivano diverse regole per l'integrazione nell'intero sistema:

- piscine all'aperto senza integrazione del riscaldamento convenzionale (piscine nelle case monofamiliari)
- piscine all'aperto che vengono mantenute alla temperatura di supporto (piscine all'aperto pubbliche, in parte anche piscine nelle case monofamiliari)
- piscine coperte (piscine che vengono mantenute tutto l'anno alla temperatura di supporto, in parte anche nelle case monofamiliari)

Per temperatura di supporto si intende la temperatura minima che deve avere l'acqua della piscina. Questa temperatura viene garantita da un impianto di caldaia. In caso di forte irraggiamento solare nelle piscine all'aperto la temperatura di supporto può venire decisamente superata.

### **Piscine all'aperto senza integrazione del riscaldamento convenzionale**

Nell' Europa centro-meridionale le piscine

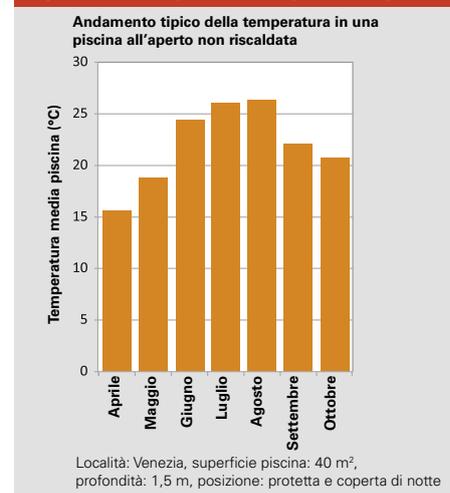
all'aperto sono di solito in funzione tra maggio/ giugno e settembre. Il fabbisogno di energia dipende da due grosse perdite di calore:

- perdita d'acqua dovuta a buchi, evaporazione e scarico (ovvero la quantità d'acqua che i bagnanti fanno uscire quando escono dalla piscina); queste perdite devono essere rabboccate a freddo.
- dispersioni termiche attraverso la superficie, le pareti della piscina e raffreddamento per evaporazione.

Con la copertura dello specchio d'acqua nei tempi di non utilizzo è possibile ridurre notevolmente la perdita per evaporazione, quindi il consumo di energia della piscina. Il rendimento energetico maggiore proviene direttamente dal sole che si riflette sulla superficie della piscina. In questo modo la piscina ha una temperatura di base "naturale" che può essere rappresentata come temperatura media della piscina per tutto il periodo di funzionamento.

Su questo andamento tipico della temperatura non è possibile intervenire con un impianto solare che può invece innalzare la temperatura

Fig. C.2.4 -1 Temperatura nella piscina all'aperto



L'andamento della temperatura nella piscina all'aperto non riscaldata deriva dall'irraggiamento solare sulla superficie della piscina.

di base. L'entità dell'innalzamento della temperatura dipende dal rapporto tra la superficie della piscina e la superficie di assorbimento.

Il diagramma in figura C.2.4 —2 indica la correlazione tra il rapporto superfici piscina/ superfici di assorbimento e l'aumento della temperatura. Per le temperature collettori relativamente basse e per i tempi di utilizzo (estate) questo rapporto non dipende dal tipo di collettore impiegato.

### Dimensionamento

Il valore "naturale" medio di temperatura superficiale della piscina varia notevolmente e dipende da vari fattori (protezione dal vento, posizione, latitudine, altitudine ecc.). In molti casi è sufficiente un aumento di temperatura dell'acqua di 3-4 K per permettere un bagno in piscina fuori stagione o in piena estate in montagna.

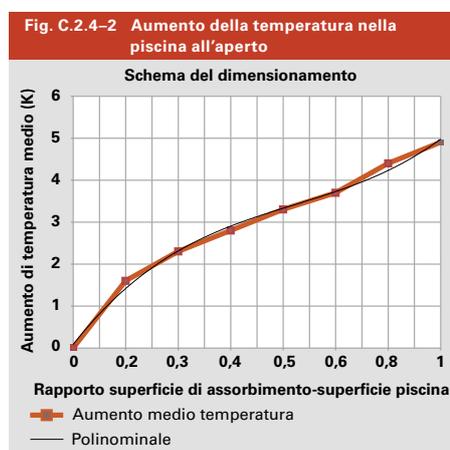
### ***Piscine all'aperto con temperatura di supporto mediante integrazione del riscaldamento convenzionale***

Se la temperatura di supporto della piscina viene aumentata e mantenuta con un impianto di riscaldamento convenzionale, il compor-

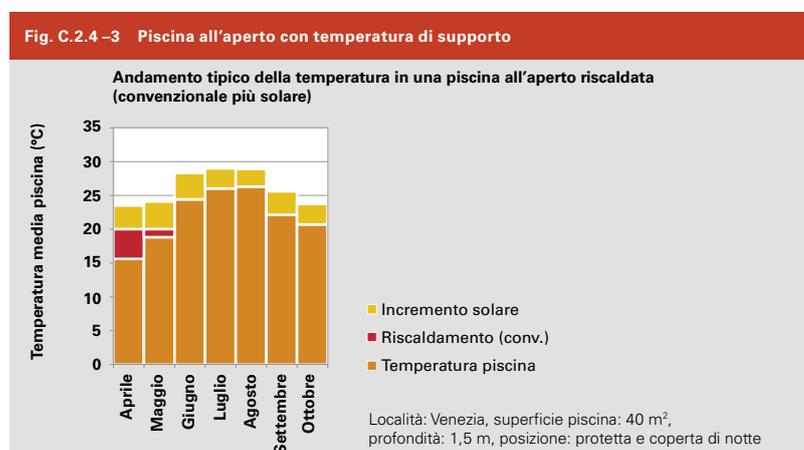
tamento d'esercizio dell'impianto solare e gli effetti sulla temperatura della piscina restano pressoché invariati. L'impianto solare aumenta la temperatura di supporto con lo stesso rapporto delle piscine senza integrazione riscaldamento.

L'impianto viene dimensionato in modo che l'integrazione del riscaldamento convenzionale lavori solo nella fase di messa a regime fino al raggiungimento della temperatura di supporto. Al raggiungimento della temperatura desiderata l'impianto solare garantisce che essa venga mantenuta.

Nelle piscine con integrazione riscaldamento la superficie del collettore necessaria può essere determinata disinserendo l'impianto di caldaia per 48 ore quando c'è il sole e misurando con precisione la diminuzione della temperatura. Per sicurezza la misurazione dovrebbe essere effettuata due volte. Il procedimento per il rilevamento della superficie del collettore è analogo al procedimento per le piscine coperte, descritto al paragrafo successivo. L'impianto solare da solo permette, in questo caso, l'allungamento della stagione solare a maggio e ottobre.



Nelle piscine all'aperto con copertura è sufficiente il dimensionamento della superficie di assorbimento per un massimo del 50% della superficie della piscina



Nelle piscine all'aperto con temperatura di supporto mantenuta da riscaldamento convenzionale la temperatura dell'acqua può essere aumentata dal calore solare.

### **Piscine coperte**

Di regola le piscine coperte hanno una temperatura impostata superiore alle piscine all'aperto e sono in funzione tutto l'anno. Se si desidera una temperatura piscina costante tutto l'anno le piscine coperte devono essere riscaldate in modo bivalente. Per evitare errori di dimensionamento è necessario misurare il fabbisogno di energia della piscina.

A tale scopo occorre sospendere l'integrazione riscaldamento per 48 ore e rilevare la temperatura all'inizio e alla fine del periodo di misurazione. In base alla differenza di temperatura e al volume della piscina è possibile calcolare il fabbisogno di energia della piscina. Negli edifici di nuova costruzione è necessario effettuare un calcolo del fabbisogno di calore per la piscina.

#### **Esempio**

Un giorno d'estate senza ombreggiamenti nell'Europa centro-meridionale un impianto di collettori solari apporta una quantità media di energia pari a 4,5 kWh/m<sup>2</sup> di superficie di assorbimento.

Superficie piscina: 36 m<sup>2</sup>

Profondità media piscina: 1,5 m

Volume piscina: 54 m<sup>3</sup>

Dispersione temperatura in 48 ore: 2 K

Fabbisogno di energia al giorno:

$54 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ K} \cdot 1,16 \text{ (kWh/K}\cdot\text{m}^3) = 62,6 \text{ kWh}$

Superficie collettore:

$62,6 \text{ kWh} : 4,5 \text{ kWh/m}^2 = 13,9 \text{ m}^2$

Per un primo dato indicativo (stima dei costi) si può dedurre una perdita media di temperatura di 1 K/giorno. Con una profondità media della piscina di 1,5 m questo significa per il mantenimento della temperatura di supporto un fabbisogno di energia di circa 1,74 kWh/(d · m<sup>2</sup> superficie piscina). Per m<sup>2</sup> di superficie piscina si hanno quindi ca. 0,4 m<sup>2</sup> di superficie collettore.

### **Dimensionamento dell'intero impianto**

#### **Impianto con piscina all'aperto**

Poiché le piscine vengono riscaldate solo d'estate nella stagione fredda l'impianto a collettori è disponibile per l'integrazione riscaldamento. In questo caso sono molto indicati gli

impianti per la combinazione di riscaldamento piscina, produzione d'acqua calda sanitaria e integrazione riscaldamento.

Per il dimensionamento di questa combinazione alla superficie del collettore per il riscaldamento acqua di piscina si aggiunge la superficie del collettore per la produzione d'acqua calda sanitaria. La taglia degli accumuli viene dimensionata in base all'intera superficie dei collettori. Non sono necessari incrementi per l'integrazione riscaldamento.

#### **Impianto con piscina coperta**

La superficie del collettore viene calcolata con lo stesso procedimento per le piscine all'aperto (superficie del collettore per il riscaldamento acqua di piscina più superficie del collettore per la produzione d'acqua calda sanitaria).

La piscina riceve l'energia solare tutto l'anno. Perciò un'integrazione supplementare dell'impianto solare al circuito di riscaldamento è possibile solo se vengono applicate le regole valide generalmente per l'integrazione riscaldamento solare (vedi capitolo C.2.2). La superficie si riferisce quindi al fabbisogno estivo almeno raddoppiato. Se questo fattore non viene rispettato, nel periodo di mezza stagione e d'inverno l'impianto solare riscalda esclusivamente l'acqua di piscina.

#### **Requisiti dello scambiatore di calore per piscina**

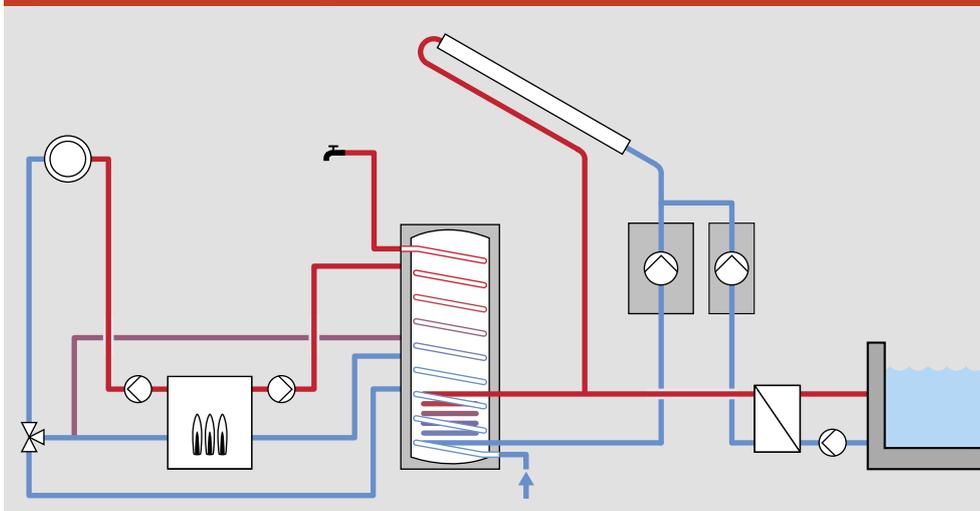
Lo scambiatore di calore che trasferisce il calore solare alla piscina deve essere adatto all'acqua di piscina e presentare una bassa perdita di carico, anche in caso di portate volumetriche elevate. Di regola vengono impiegati gli scambiatori di calore a serpentina e, in determinate condizioni, anche gli scambiatori di calore a piastre.

Grazie alla bassa temperatura della piscina la differenza di temperatura tra l'acqua di mandata della piscina e il ritorno del collettore non è fondamentale come per la produzione d'acqua calda sanitaria o l'integrazione riscaldamento solare. Non dovrebbe però superare i 10-15 K. In riferimento alla superficie del collettore installata nella fornitura Viessmann sono disponibili per una differenza di temperatura di 10 K diversi scambiatori di calore a serpentina (vedi fig. C.2.4 - 6).

#### **Avvertenza**

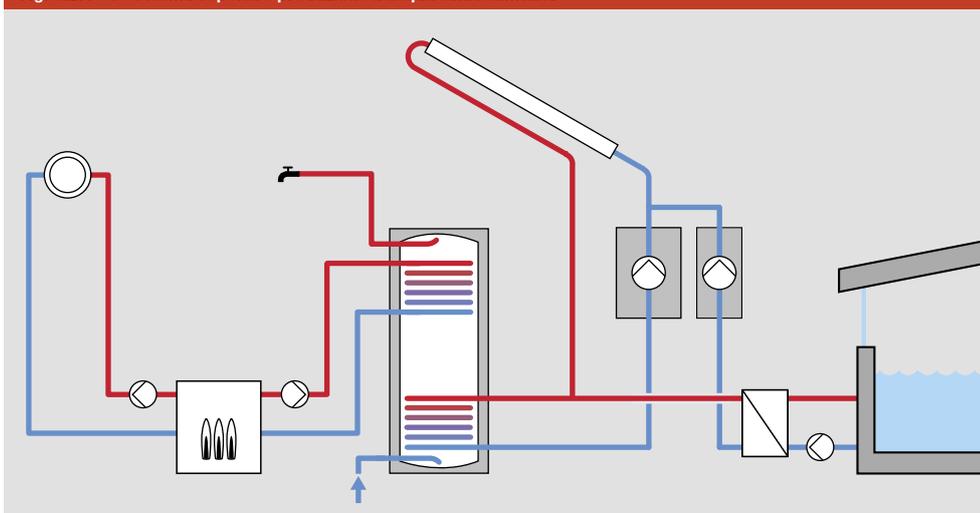
Gli esempi degli schemi idraulici completi con gli schemi elettrici relativi a questo tipo di impianti sono disponibili nella documentazione per la progettazione di Viessmann.

Fig. C.2.4 – 4 Piscina all'aperto e integrazione riscaldamento solare



Un sistema solare con riscaldamento di piscina all'aperto può essere utilizzato nel periodo di mezza stagione e d'inverno per l'integrazione riscaldamento.

Fig. C.2.4 – 5 Piscina coperta e produzione d'acqua calda sanitaria



Un sistema solare con riscaldamento di piscina coperta utilizza il calore solare anche nel periodo di mezza stagione e d'inverno per la piscina.

Fig. C.2.4 – 6 Scambiatore di calore per piscina Viessmann

	Vitotrans 200				
	3003 453	3003 454	3003 455	3003 456	3003 457
Max superficie di assorbimento collegabile Vitosol in m <sup>2</sup>	28	42	70	116	163

A seconda della superficie collettore da collegare Viessmann offre lo scambiatore di calore acqua di piscina idoneo.

## C.2 Dimensionamento

### C.2.5 Climatizzazione con impianto solare

Alle nostre latitudini d'estate è necessario il freddo per la climatizzazione degli edifici (abitazioni, uffici). Il fabbisogno di raffrescamento aumenta nella stagione di maggiore irraggiamento solare. Anche l'impiego di energia necessaria a coprire i carichi frigoriferi costanti (impianti informatici, conservazione dei generi alimentari ecc.) aumenta nei mesi estivi.

Oltre alle diffusissime macchine frigorifere a compressione elettriche si possono realizzare anche impianti con processi termici per il freddo. Per i fluidi refrigeranti liquidi vengono impiegate macchine per l'assorbimento e l'assorbimento, mentre per il fluido refrigerante aria vengono utilizzati impianti di assorbimento con i cosiddetti scambiatori di calore rotativi.

Con le macchine frigorifere ad azionamento termico ha senso prendere in considerazione l'utilizzo del solare termico per il raffrescamento o la climatizzazione, poiché il fabbisogno di energia è in rapporto diretto con l'irraggiamento solare.

Negli anni passati è stata realizzata una serie di impianti di climatizzazione solare per i quali sono disponibili esperienze dettagliate documentate e studi scientifici.

Dal punto di vista dell'utente, il dimensionamento di un impianto frigorifero solare non si distingue da un impianto convenzionale. Innanzitutto si devono sempre rilevare il carico frigorifero e il profilo di carico dell'edificio. Su questa base vengono stabilite la potenza e il tipo di macchina frigorifera.

Molto spesso per la produzione di freddo con integrazione solare vengono utilizzate le macchine frigorifere monostadio ad assorbimento (MFA), che sono disponibili sul mercato anche con potenze ridotte. Il fluido refrigerante è l'acqua, il mezzo di assorbimento di regola è il bromuro di litio. Le macchine a due stadi che presentano un coefficiente di rendimento (COP — coefficient of performance) notevolmente superiore, a causa delle temperature di esercizio elevate, non sono adatte per il funzionamento con i comuni collettori solari termici.

A seconda del costruttore e del tipo d'impiego anche per le macchine monostadio le temperature di azionamento sono di circa 90°C, quindi ancora leggermente superiori alla temperatura del collettore richiesta. Perciò qui sono idonei in particolare i collettori solari a tubi sottovuoto; con i collettori solari piani le tem-

Fig. C.2.5 —1 Integrazione solare nella produzione di freddo nel centro di ricerca ambientale a Lipsia.



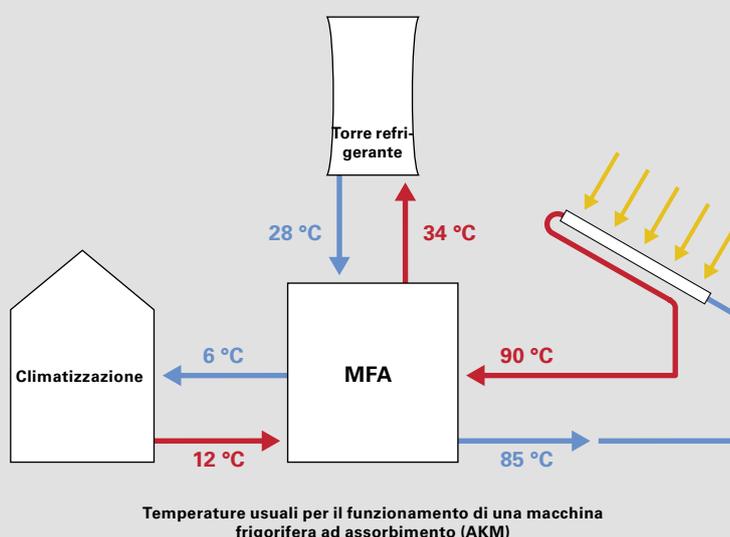
perature richieste si potrebbero raggiungere solo con un rendimento molto ridotto. A causa delle temperature elevate la progettazione del campo collettori deve essere accuratamente adeguata alla resa e al differenziale di temperatura della macchina frigorifera. L'impianto deve essere progettato per un funzionamento senza stagnazione, ovvero la macchina frigorifera ad assorbimento deve poter assorbire costantemente il calore solare. Un accumulato sul "lato caldo" è quasi impossibile a causa delle temperature elevate.

Per una prima stima dei costi con un COP della macchina frigorifera ad assorbimento di circa 0,7 si possono sopporre circa 3 m<sup>2</sup> di superficie del collettore per ciascun kW di carico frigorifero. Per i collettori solari a tubi sottovuoto con queste temperature di esercizio si presuppone una potenza di progetto di soli 500 W/m<sup>2</sup>. Se la macchina lo consente si dovrebbe rinunciare a uno scambiatore di calore nel circuito primario; il fluido termovettore viene condotto direttamente sull'assorbitore della macchina frigorifera ad assorbimento.

In generale si dovrebbe raggiungere una quota di copertura solare > 50%. Il processo frigorifero viene dimensionato su temperature di mandata molto basse a causa dell'impianto solare, per cui la macchina frigorifera lavora con un basso COP.

Questo fatto va preso in considerazione se l'impianto deve essere integrato con il riscaldamento convenzionale: se l'impianto viene dimensionato con una copertura solare ridotta, in corrispondenza l'elevata quantità di calore prodotto in modo convenzionale viene trasformato in freddo con efficienza ridotta. La climatizzazione solare si dovrebbe preferibilmente impiegare in progetti in cui è possibile un esercizio monovalente, oppure unitamente a calore derivante da processi industriali.

Fig. C.2.5-2 Valori di temperatura delle macchine frigorifere



A causa elevate temperature di esercizio della macchina frigorifera ad assorbimento, per la produzione di freddo con energia solare vengono impiegati esclusivamente i collettori solari a tubi sottovuoto.



Fig. C.3-1 Piscina all'aperto  
Cambomare, Kempten

## Abbinamenti con fonti di energia rinnovabile

La richiesta di sistemi per la produzione del calore senza gasolio e gas è in costante crescita a causa dell'aumento dei prezzi di queste materie prime. Le caldaie a biomassa e le pompe di calore geotermiche si possono abbinare ottimamente con gli impianti solari.

Per garantire la sicurezza di produzione di regola gli impianti solari vengono abbinata ad altri generatori di calore. Le funzioni principali dell'impianto solare non variano con le diverse combinazioni; per l'ottimizzazione dell'intero impianto ci sono tuttavia notevoli possibilità.

Nelle moderne caldaie a gas o a gasolio la capacità di integrazione riscaldamento è sempre disponibile in misura sufficiente e con buoni rendimenti. Anche con le caldaie a biomassa e le pompe di calore, però, si può garantire un efficiente funzionamento dell'integrazione riscaldamento.

### C.3.1 Impianti solari in abbinamento a caldaie a biomassa

Per ragioni costruttive le caldaie a legna o alimentate con altri combustibili solidi di origine organica hanno un ingombro consistente sono costituite da una grossa massa metallica e contengono molta acqua. Nell'esercizio di riscaldamento questo non costituisce uno svantaggio, mentre per la produzione di acqua calda d'estate il rendimento stagionale è notevolmente inferiore rispetto, ad esempio, a una caldaia a gas a condensazione.

Perciò le caldaie a biomassa vengono spesso combinate con impianti per l'integrazione riscaldamento solare, con il vantaggio che l'impianto d'estate può lavorare senza integrazione del riscaldamento. Nel periodo di mezza stagione, con un fabbisogno di calore basso, la caldaia si comporta come per la produzione d'acqua calda sanitaria per cui il calore viene prodotto sostanzialmente dall'impianto solare.

In caso di caldaie con alimentazione automatica (caldaie a pellet) nelle case monofamiliari è adatto l'abbinamento con un accumulato combinato. Il dimensionamento viene effettuato come descritto al capitolo C.2.2.

Gli impianti ad alimentazione manuale richiedono una combustione completa e vengono provvisti di un serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento il cui volume è dimensionato per un funzionamento senza interruzioni della caldaia. Per determinare il volume si deve sempre fare riferimento alla differenza di temperatura tra la presunta temperatura del ritorno (l'accumulo non può diventare più freddo) e la temperatura massima dell'accumulo (l'acqua dell'accumulo non può essere più calda). L'accumulo viene quindi dimensionato in modo che, in caso di combustione completa, l'intera quantità di energia possa essere ospitata nel serbatoio d'accumulo acqua di riscaldamento. Il procedimento è regolato dalla norma EN 303-5.

Se questo accumulato viene preriscaldato dal solare la sua capacità si riduce poiché la temperatura iniziale aumenta a causa del preriscaldamento (in caso di temperatura massima invariata).

La differenza di temperatura diminuisce e con essa diminuisce anche la capacità

dell'accumulo, per cui una combustione completa della caldaia a legna non è più possibile.

Se l'impianto di caldaia deve essere combinato con un impianto solare la capacità dell'accumulo deve essere aumentata di conseguenza.



Fig. C.3.1 -1 Caldaia Vitotig 300 a pellet

## C.3 Abbinamenti con fonti di energia rinnovabile

### C.3.2 Impianti solari in abbinamento a pompe di calore geotermiche

#### ***Pompe di calore in abbinamento a impianti solari per la produzione d'acqua calda sanitaria***

L'efficienza energetica delle pompe di calore è maggiore quanto minore è la differenza tra la temperatura da raggiungere e la temperatura della fonte di calore. Perciò per la produzione d'acqua calda sanitaria la temperatura di mandata viene tenuta la più bassa possibile mediante superfici di scambio termico molto grandi.

Per il funzionamento bivalente di un impianto solare con pompa di calore Viessmann offre uno speciale bollitore per pompa di calore.

Lo scambiatore di calore interno molto grande è ad esclusiva disposizione della pompa di calore, mentre l'impianto solare carica il bollitore mediante uno scambiatore di calore esterno.

#### Avvertenza

Nella documentazione tecnica relativa alle pompe di calore Viessmann si trovano informazioni dettagliate per la combinazione con il solare termico.

#### ***Pompe di calore in combinazione con gli impianti solari a supporto dell'integrazione riscaldamento***

Con l'installazione di una pompa di calore con propria regolazione è possibile controllare un impianto solare termico per la produzione d'acqua calda sanitaria, l'integrazione riscaldamento e il riscaldamento acqua di piscina. Sulla regolazione solare è possibile impostare la priorità di caricamento, mentre sulla regolazione della pompa di calore è possibile leggere alcuni valori se è stato effettuato il collegamento BUS-KM.

In caso di elevata disponibilità di irraggiamento solare l'aumento di temperatura dei circuiti di riscaldamento può aumentare fino a un valore nominale superiore alla quota di copertura solare. Tutte le temperature dei sensori e i valori nominali possono essere lette e impostate mediante la regolazione.

Per evitare colpi di vapore nel circuito solare il funzionamento dell'impianto solare con temperature dei collettori solari  $> 120\text{ }^{\circ}\text{C}$  viene interrotto (funzione protettiva del collettore).

Il riscaldamento avviene quando nell'accumulo solare viene superata la differenza di temperatura d'inserimento tra sensore temperatura collettori e sensore temperatura accumulo (solare) impostata sulla regolazione della pompa di calore. In tal caso le pompe di circolazione del circuito solare e la pompa di carico accumulo entrano in funzione.

Il riscaldamento del serbatoio viene fermato quando la differenza di temperatura tra sensore temperatura collettore e sensore temperatura accumulo (solare) è inferiore a metà isteresi (standard: 6 K) oppure se la temperatura del serbatoio rilevata sul sensore di temperatura posto in basso corrisponde alla temperatura nominale impostata.

Bollitore Vitocell 100-V con set scambiatore di calore solare

Fig. C.3.2-1 Bollitore con pompa di calore Viessmann



### C.2.6 Applicazioni a temperatura elevata

Per calore ad alta temperatura nel caso del calore di processo si intende un livello di temperatura che non può essere raggiunto con collettori solari piani o collettori solari a tubi sottovuoto.

Con la tecnica del solare termico è possibile raggiungere temperature > 100 °C solo se l'irraggiamento solare viene concentrato, quindi viene aumentata la densità energetica sull'assorbitore.

Impianti molto semplici sono i cosiddetti fornelli solari con componenti riflettenti. Qui l'irraggiamento solare viene concentrato nel punto focale di uno specchio cavo (specchio parabolico), dove la radiazione riscalda un contenitore nero opaco e il suo contenuto. Oltre alla preparazione di alimenti, il fornello solare viene anche utilizzato per la sterilizzazione dell'acqua sanitaria.



Abb. C.2.6-1 In occasione dei giochi olimpici la fiaccola olimpica viene accesa dai raggi del sole mediante uno specchio parabolico.

I collettori a concentrazione richiedono l'irraggiamento solare diretto, poiché la luce diffusa non può essere riflessa sull'assorbitore. Per questa ragione questa

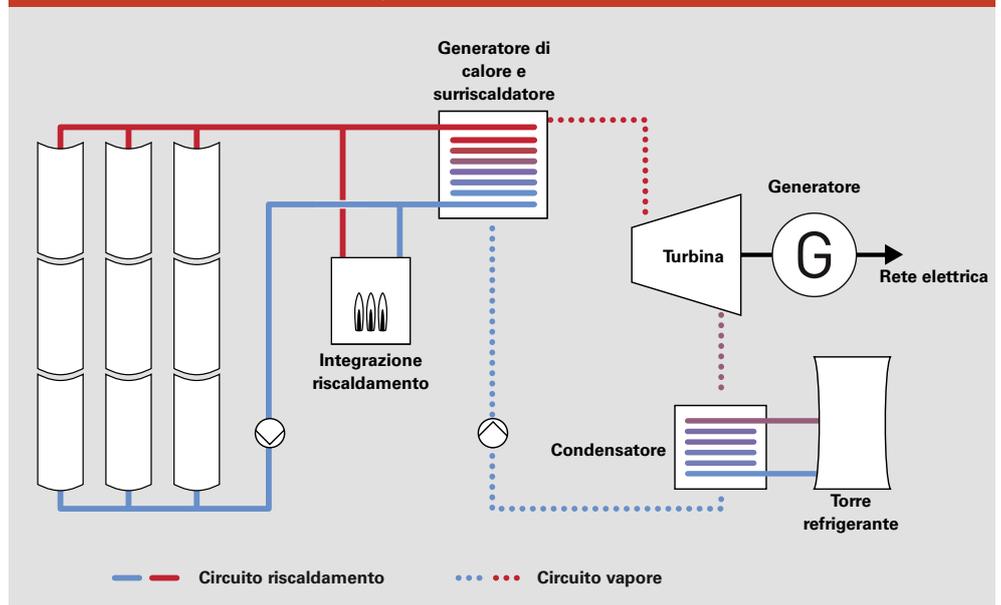
tecnica viene impiegata solo in regioni con un'elevata percentuale di radiazione diretta. Più interessante dal punto di vista economico è l'utilizzo dei sistemi a concentrazione negli impianti di grandi dimensioni per la produzione di corrente termica solare. Diffuse sono le centrali elettriche con canali parabolici.

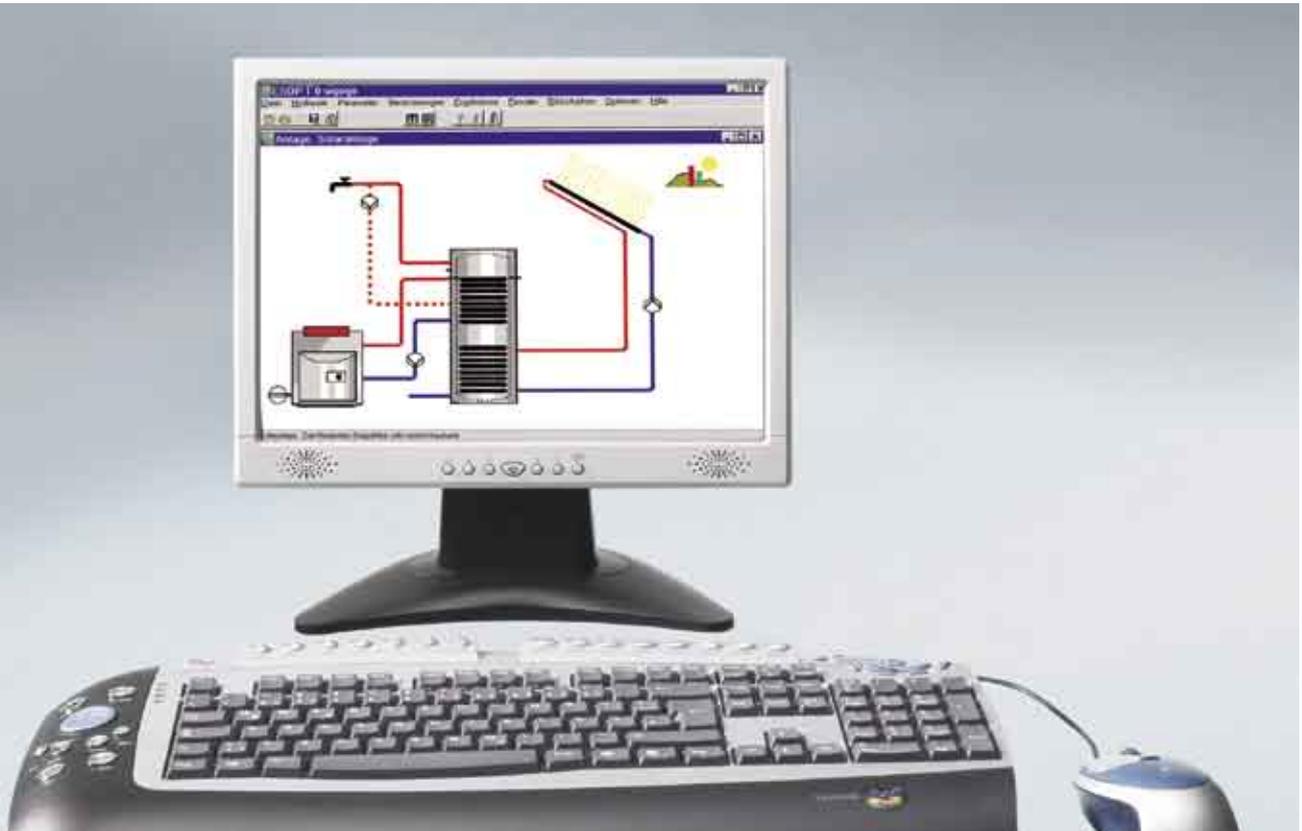
In questo tipo di centrale gli specchi parabolici vengono disposti paralleli e monoasse verso il sole. Nella linea focale dello specchio corre un tubo sottovuoto con un tubo di assorbimento con rivestimento selettivo (ricevitore), su cui la luce del sole viene concentrata più di 80 volte. Attraverso il tubo di assorbimento scorre un olio termico che viene riscaldato fino a circa 400°C. Mediante uno scambiatore di calore, l'energia termica viene trasmessa alle turbine a vapore, con cui viene quindi prodotta energia elettrica.

Ulteriori tecniche in fase di sperimentazione sono i collettori di Fresnel e le centrali elettriche a torre solare.

Nelle regioni con una quota elevata di irraggiamento diretto vengono impiegate sempre più centrali elettriche solari termiche per la produzione di corrente. Nelle piscine all'aperto che vengono mantenute alla temperatura di supporto con riscaldamento convenzionale, la temperatura dell'acqua può essere aumentata mediante il calore solare.

Abb. C.2.6-2 Produzione di corrente con impianto solare termico





## Simulazione del funzionamento dell'impianto con ESOP

**Una simulazione è un calcolo effettuato mediante un modello al computer il cui risultato permette di conoscere cosa succede nel sistema reale.**

Le simulazioni vengono effettuate quando i comuni processi di calcolo manuale sarebbero troppo complicati o porterebbero a risultati insufficienti. Questo è spesso il caso del comportamento dinamico di un sistema, ovvero se il sistema è soggetto a cambiamenti continui in un arco di tempo definito.

I programmi di simulazione per gli impianti solari termici consentono di riprodurre e analizzare questi sistemi al computer. I parametri (valori caratteristici) dei modelli esistenti nel programma di simulazione vengono configurati con le caratteristiche del sistema edificio-impianto considerato.

A causa delle svariate interazioni dipendenti dal tempo negli impianti solari, che si verificano quotidianamente e stagionalmente, al fine di effettuare analisi il più precise possibile sono necessari modelli di simulazione dinamici.

### Struttura fondamentale del programma

Un modello di simulazione richiede da un lato dei dati di partenza, come ad esempio i dati climatici o i profili di carico, dall'altro richiede la scelta, in base a parametri preimpostati, dei singoli componenti del sistema, come ad es. collettore solare, accumulo termico o scambiatore di calore.

Come risultati finali i programmi di simulazione forniscono determinati valori, come ad es. la quota di copertura solare o la resa annua dell'impianto.

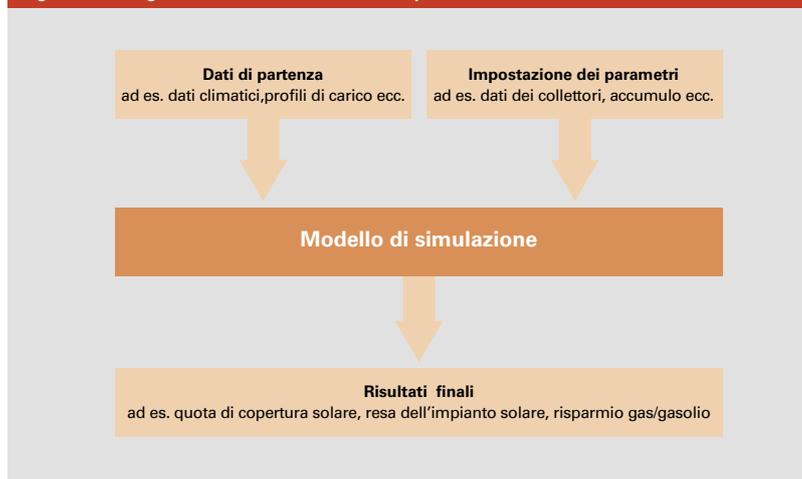
### Dati di partenza

I dati di partenza essenziali per un programma di simulazione dinamico sono i dati meteorologici della località italiana dove si prevede di installare l'impianto, inseriti secondo la normativa UNI\_EN 10349.\*.

Il programma mette a disposizione delle banche dati, come ad esempio il profilo di fabbisogno quotidiano di ACS per le installazioni più diffuse (abitazione monofamiliare, condominio, casa per anziani, ecc.) e permette di elaborare tali dati nell'ambito della simulazione.

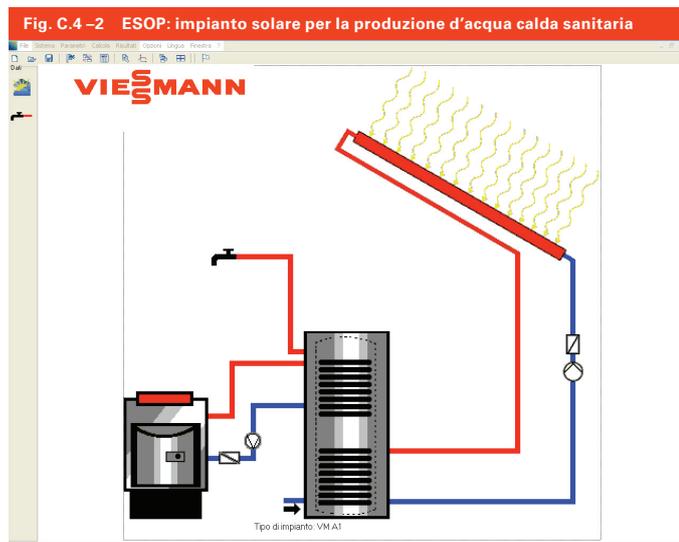
Nel programma di simulazione ESOP di Viessmann sono integrati i dati climatici. ESOP dispone di un modello di simulazione dinamico in cui, in base a un procedimento di calcolo numerico, viene calcolato il comportamento termico ed energetico in funzione del tempo dei singoli componenti in un sistema globale e vengono bilanciati i flussi energetici.

Fig. C.4 -1 Diagramma di flusso di informazioni per la simulazione



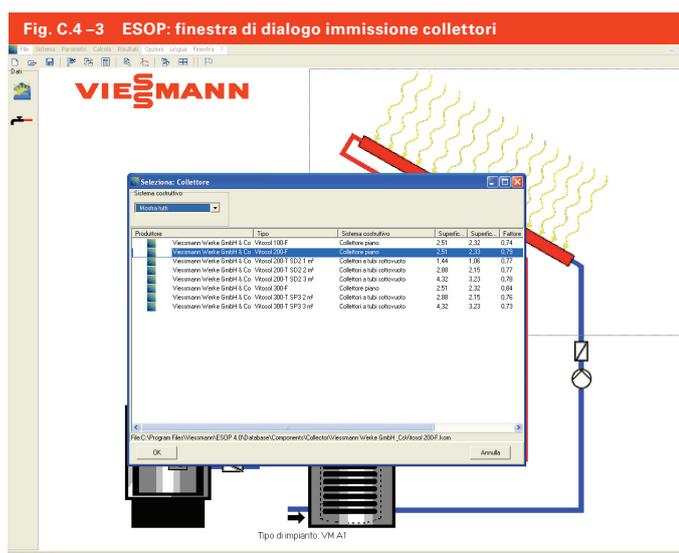
\* radiazione solare giornaliera diretta e diffusa, temperatura dell'aria, ecc.

## C.4 Simulazione del funzionamento dell'impianto con ESOP

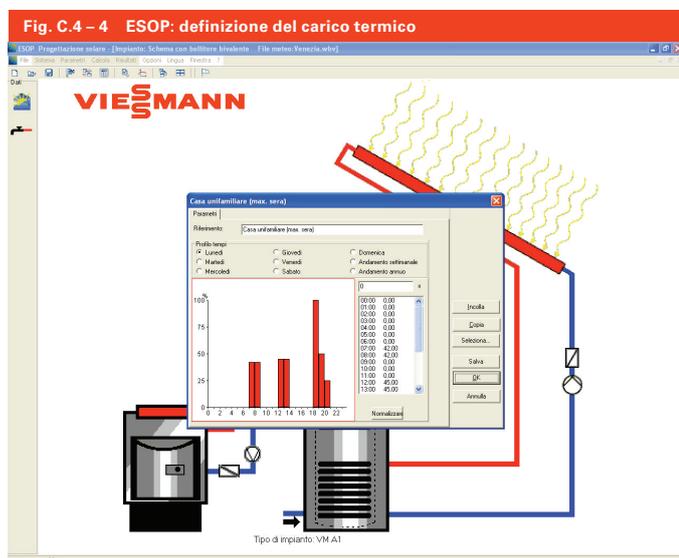


### Impostazione parametri del modello

Il lavoro essenziale per la realizzazione di una simulazione dell'impianto consiste nell'impostazione dei parametri del modello per arrivare a definire l'impianto desiderato, ciò significa immettere dei valori caratteristici dei componenti (ad es. il rendimento o i coefficienti di dispersione), nonché la coerenza della scelta dei componenti in un unico sistema. L'ESOP contiene gli schemi impianto più comuni per la produzione d'acqua calda sanitaria e l'integrazione riscaldamento solare, entrambi anche in abbinamento con il riscaldamento dell'acqua di piscina.

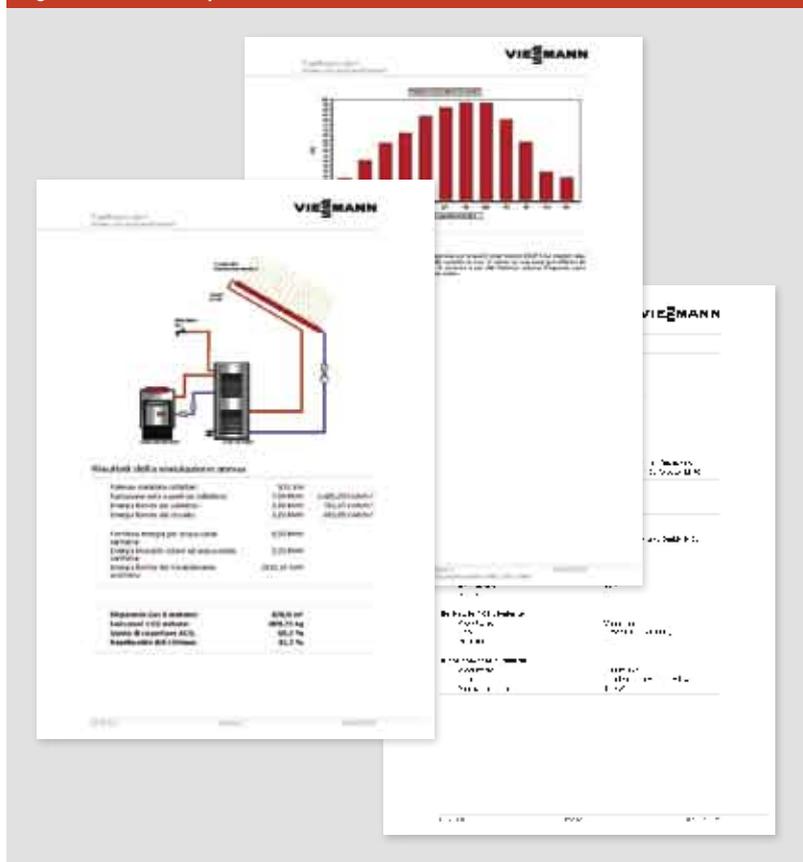


I parametri dei componenti di impianto Viessmann come collettori, accumuli o caldaie possono essere immessi in modo semplice e comodo nel programma ESOP. Cliccando sui componenti corrispondenti si giunge ad un menù di selezione.



Anche per l'immissione del carico termico sono disponibili profili già predefiniti che consentono un'impostazione dati relativamente semplice. Questi profili consentono di considerare ad esempio i carichi quotidiani o settimanali, nonché le variazioni stagionali e i periodi di ferie.

Fig. C.4-5 ESOP: stampa dei risultati



### Risultati finali

L'ESOP fornisce tutti i risultati caratteristici essenziali per la valutazione della configurazione dell'impianto, per esempio la quota di copertura solare, il rendimento del collettore e il risparmio di energia.

### Campi d'impiego

L'ESOP è stato sviluppato come supporto alla progettazione e per l'ottimizzazione degli impianti solari termici. Inoltre il programma costituisce anche un valido aiuto nel processo di vendita, sia in fase di offerta, sia per gli utenti esperti, per le simulazioni di fronte al cliente.

### Limiti della simulazione

Per i calcoli di simulazione è necessaria una certa esperienza poiché eventuali errori durante l'inserimento dei parametri possono falsare la simulazione; è quindi sempre consigliato un controllo di attendibilità.

Di regola la resa specifica del collettore (vedi capitolo A.2.4) è un parametro valido per il controllo di attendibilità.

Per un impianto per la produzione d'acqua calda sanitaria con collettori solari piani, si dovrebbe avere un valore compreso tra 450 kWh/(m<sup>2</sup> · a) e 700 kWh/(m<sup>2</sup> · a) per le abitazioni monofamiliari. Inoltre, sulla base delle esperienze con impianti già realizzati, si possono definire alcuni valori caratteristici che possono essere verificati in base ai calcoli di simulazione.

Bisogna inoltre considerare che una simulazione rappresenta sempre un andamento fittizio dell'impianto sulla base di dati climatici sintetici per un intero anno.

A causa delle condizioni climatiche effettive e del comportamento reale dell'utente possono verificarsi variazioni stagionali considerevoli. Singoli mesi, settimane o giorni possono essere notevolmente differenti dalla simulazione, senza che nel rendimento annuo si riscontrino notevoli differenze tra l'impianto reale e quello simulato.

### Avvertenza

Una simulazione consente soltanto una valutazione energetica del sistema. Il risultato di simulazione e la realizzazione grafica non sostituiscono né il disegno costruttivo, né la progettazione esecutiva.



## D Regolazione solare

La regolazione solare si occupa della gestione dell'energia irradiata si preoccupa che il calore solare venga effettivamente utilizzato.

Con il programma di regolazione Vitosolic Viessmann offre l'apparecchiatura adatta a ogni esigenza. La regolazione Vitosolic garantisce che il calore ricavato con i collettori solari venga utilizzato il più possibile per il riscaldamento di acqua sanitaria o di piscina o per l'integrazione riscaldamento.

La regolazione Vitosolic comunica con la regolazione del circuito di caldaia e disinserisce la caldaia non appena è disponibile calore solare a sufficienza.

### **142 D.1 Funzioni della regolazione solare**

143 D.1.1 Funzioni principali

145 D.1.2 Funzioni supplementari

### **150 D.2 Controllo di funzionamento e di resa**

151 D.2.1 Controllo di funzionamento

152 D.2.2 Controllo di resa

## D.1 Funzioni della regolazione solare



Fig. D.1-1 Regolazione solare  
Viessmann Vitosolic

### Funzioni della regolazione solare

**Gli impianti solari termici vengono gestiti mediante una regolazione solare. I requisiti che deve soddisfare tale regolazione possono essere molto diversi: dipendono dal tipo di impianto e dalle funzioni desiderate.**

Di seguito vengono descritte le funzioni principali e le possibili funzioni supplementari delle regolazioni solari.

Le regolazioni per impianti solari Vitosolic coprono tutte le più comuni applicazioni.

Le impostazioni della regolazione riferite all'impianto sono riportate nella relativa documentazione tecnica.

## D.1.1 Funzioni principali

### Regolazione del differenziale di temperatura

Per la regolazione del differenziale di temperatura vengono misurate due temperature e viene rilevata la relativa differenza.

Nella maggior parte degli impianti la regolazione la confronta la temperatura del collettore e dell'accumulo; per effettuare questa operazione essa utilizza i valori di misurazione delle sonde di temperatura applicate sul collettore e sul bollitore per acqua calda sanitaria. La pompa del circuito solare viene inserita non appena la differenza di temperatura tra il collettore e l'accumulo supera il valore preimpostato (differenza di temperatura d'inserimento). Il fluido termovettore trasferisce quindi il calore dal collettore all'accumulo. Se si scende al di sotto di un secondo differenziale di temperatura (minore) la pompa del circuito solare si disinserisce (differenziale di temperatura di spegnimento). Lo scarto tra differenza di temperatura di inserimento e spegnimento viene denominato isteresi.

Il punto di inserimento per la pompa del circuito solare deve essere selezionato in modo che vi sia una sufficiente trasmissione di calore dal collettore all'accumulo, quindi sullo scambiatore di calore deve essere misurata la differenza di temperatura sufficientemente elevata tra il

fluido termovettore e l'acqua dell'accumulo.

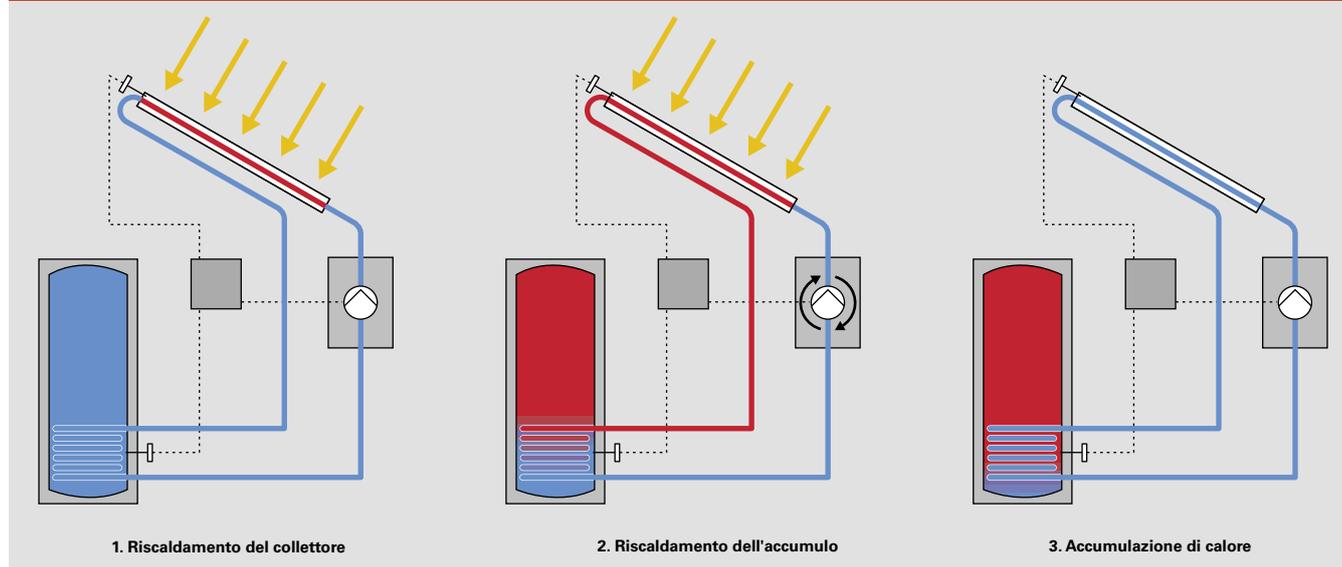
Inoltre il sistema non deve disinserirsi immediatamente quando è iniziato il trasferimento di calore dal collettore se il fluido termovettore freddo dalle tubazioni arriva alla sonda del collettore.

Per i normali impianti solari nell'accumulo con scambiatore di calore solare interno si è rivelato corretto un valore d'inserimento di 8 K e un valore di disinserimento di 4 K, differenze di temperatura rilevate tra collettore e accumulo, sempre che la temperatura del fluido termovettore sia misurata correttamente (vedere fig. D.1.1—2). Questi valori tengono conto di una certa tolleranza per la precisione di misurazione. In caso di tubazioni molto lunghe (> 30 m) entrambi i valori dovrebbero essere aumentati di 1 K ogni 10 m.

Negli impianti con scambiatori di calore esterni i valori di inserimento e spegnimento per il circuito primario e secondario devono essere calcolati in base alla lunghezza della tubazione e alla differenza di temperatura selezionata sullo scambiatore di calore. L'inserimento e il disinserimento del circuito secondario avviene con differenze di temperatura leggermente inferiori.

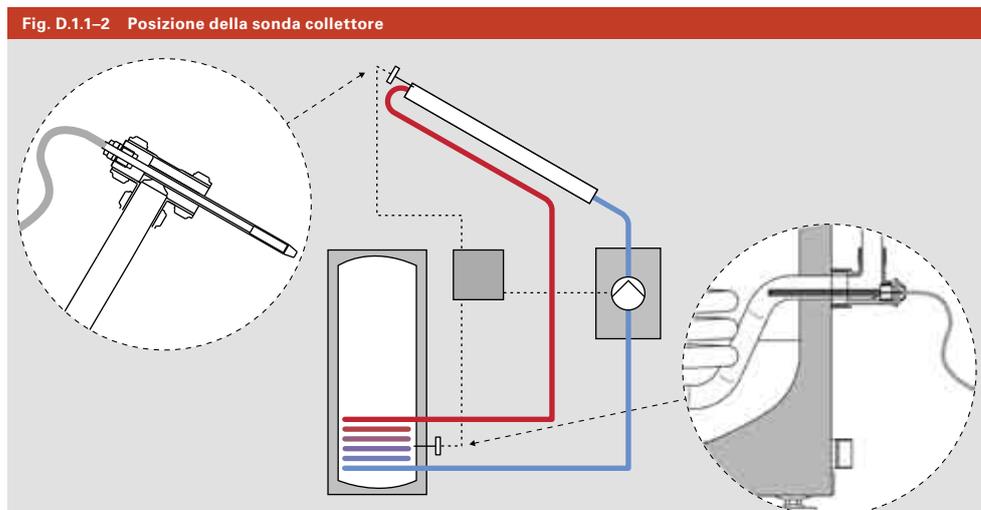
La regolazione solare si occupa dell'efficiente trasmissione del calore. Il calore viene portato dal collettore all'accumulo solo se ne vale la pena.

Fig. D.1.1-1 Principio di funzionamento della regolazione solare



## D.1 Funzioni della regolazione solare

Il posizionamento delle sonde di temperatura nei pozzetti garantisce valori di misurazione ottimali per la regolazione solare.



### **Limitazioni di temperatura massima**

Ogni processo di carico solare può essere limitato alla temperatura massima impostabile. Questo non sostituisce però il termostato di sicurezza a riarmo manuale eventualmente necessario per evitare la formazione di vapore nell'accumulo.

### **Sonda di temperatura**

Poiché in un impianto solare si riscontrano temperature notevolmente superiori rispetto a un impianto di riscaldamento convenzionale la sonda temperatura sul collettore deve essere particolarmente termoresistente. Inoltre l'elemento sonda collettore deve essere provvisto di un cavo resistente alle temperature elevate e alle intemperie.

Gli altri requisiti del sistema sensori non si differenziano dalle caratteristiche delle regolazioni del riscaldamento di qualità, comunemente reperibili in commercio.

### **Posizione della sonda**

La precisione maggiore si ha quando la misurazione della temperatura viene effettuata direttamente nel fluido termovettore, ovvero si lavora con le guaine ad immersione (pozzetti). Tutti gli accumuli e i collettori Viessmann sono dotati di pozzetti.

Per i collettori solari piani Vitosol con assorbitori a meandro il pozzetto deve essere collocato sul lato del collettore in cui il tubo dell'assorbitore è saldato al tubo collettore (nei collettori Viessmann su questo lato è applicata la targhetta di costruzione). In questo modo la sonda del collettore può rilevare molto velocemente un aumento della temperatura sull'assorbitore.

#### **Avvertenza**

Le misure preventive per la protezione della sonda e della regolazione solare dalla sovratensione sono descritti al capitolo B.1.6.4.

## D.1.2 Funzioni supplementari

### Misurazione ripetuta della differenza di temperatura e priorità del riscaldamento accumulo

Nei sistemi solari con più accumuli o utenze è necessario combinare tra di loro diverse misure del differenziale di temperatura. A seconda delle esigenze si possono quindi scegliere diverse strategie di regolazione.

#### Regolazione in base alla priorità

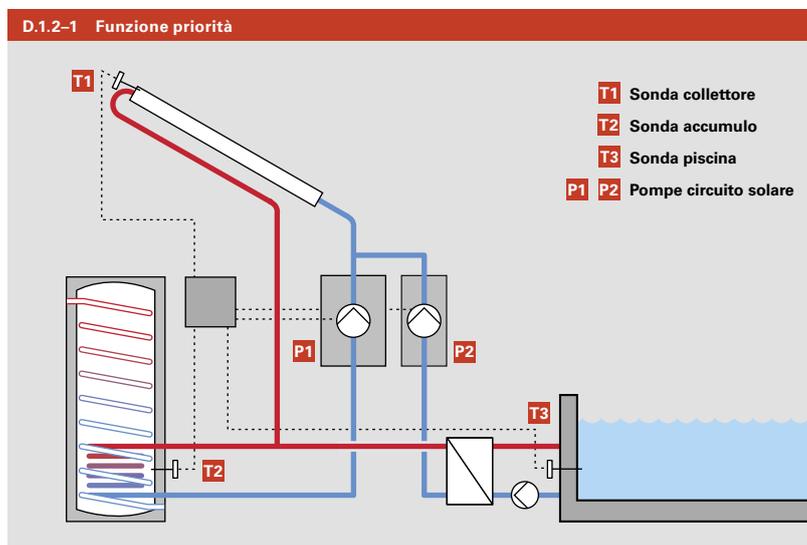
Con la funzione priorità si preferisce un accumulo per il carico solare. Se vengono caricate due utenze, ad esempio un bollitore per acqua calda sanitaria e una piscina senza integrazione riscaldamento, l'impianto viene regolato in modo che l'acqua sanitaria venga riscaldata dal solare. Solo quando il bollitore ha raggiunto la temperatura impostata l'impianto solare può riscaldare la piscina (vedi fig. D.1.2-1).

Con l'impostazione della regolazione viene quindi stabilito che l'impianto solare riscaldi prima l'accumulo. In questo caso si accetta il fatto che l'impianto solare lavori con un rendimento leggermente inferiore poiché non riscalda anzitutto l'acqua più fredda della piscina.

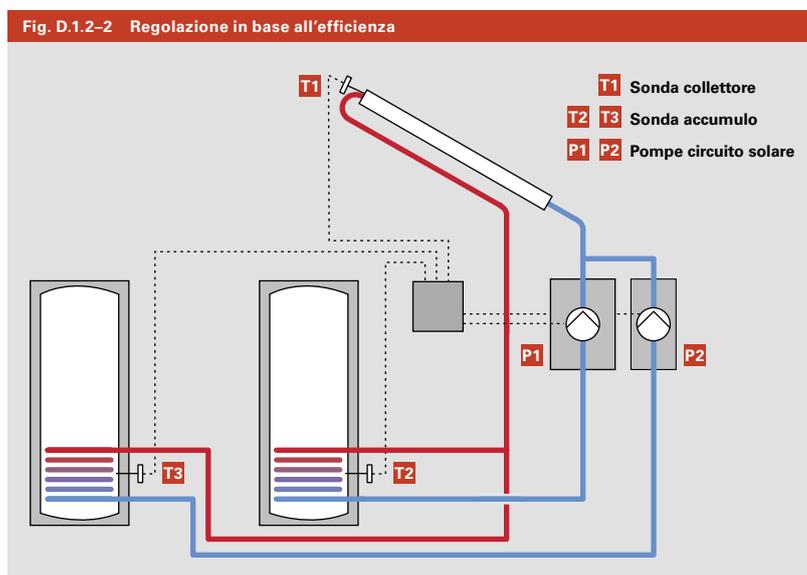
#### Regolazione in base all'efficienza

Per ottenere la massima efficienza l'impianto solare deve sempre lavorare nel miglior campo di rendimento possibile. Per un impianto con due accumuli che devono essere riscaldati tutto l'anno la regolazione deve fare in modo che venga sempre caricato l'accumulo con la temperatura in quel momento più bassa (fig. D.1.2—2.)

Questo concetto di regolazione viene impiegato ad esempio quando due utenze (unità abitative) vengono servite da un unico impianto solare.



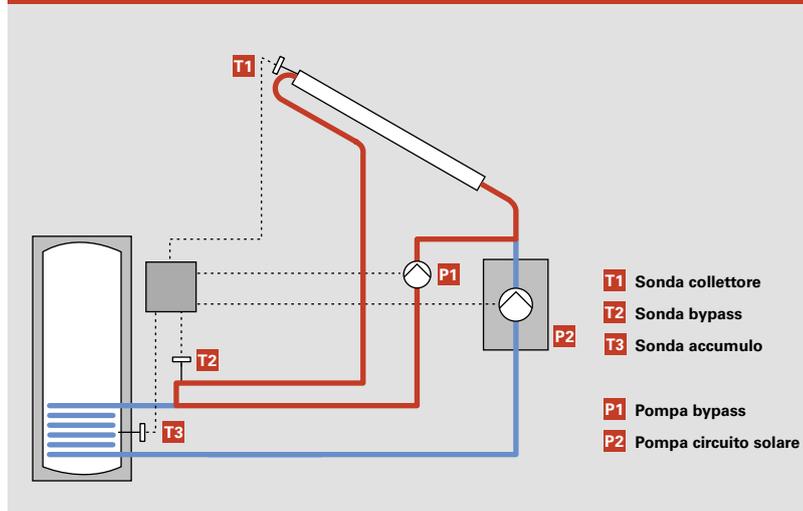
Priorità di produzione d'acqua calda sanitaria: P1 funziona se T1 è maggiore di T2. P2 funziona solo se T2 ha raggiunto la temperatura impostata e T1 è maggiore di T3 (prestare attenzione alla differenza di temperatura necessaria).



Regolazione in base all'efficienza: P1 funziona se T1 è maggiore di T2 e T2 è minore di T3. P2 funziona se T1 è maggiore di T3 e T3 è minore di T2 (prestare attenzione alla differenza di temperatura necessaria).

## D.1 Funzioni della regolazione solare

Fig. D.1.2-3 Regolazione con pompa bypass



Regolazione con pompa bypass: P1 funziona se T1 è maggiore di T3. P2 funziona solo se T2 è maggiore di T3 (prestare attenzione alla differenza di temperatura necessaria).

### Regolazione con pompa bypass

Una pompa bypass può migliorare l'avviamento di un impianto solare, ad esempio con tubazioni molto lunghe verso l'accumulo, o con i collettori a tubi sottovuoto montati in orizzontale sui tetti piani.

La regolazione solare rileva la temperatura dei collettori mediante la sonda collettore. Quando viene superata la differenza della temperatura impostata tra la sonda by-pass e la sonda temperatura di accumulatore, viene inserita la pompa by-pass. Essa fa in modo che il fluido termovettore riscaldato dal solare riscaldi anzitutto solo le tubazioni. Se la differenza di temperatura tra sonda bypass e sonda accumulatore viene superata, viene inserita la pompa del circuito solare e disinserita la pompa by-pass. In questo modo si evita che l'accumulo all'inizio del carico si raffreddi (esercizio con scambiatori di calore interni).

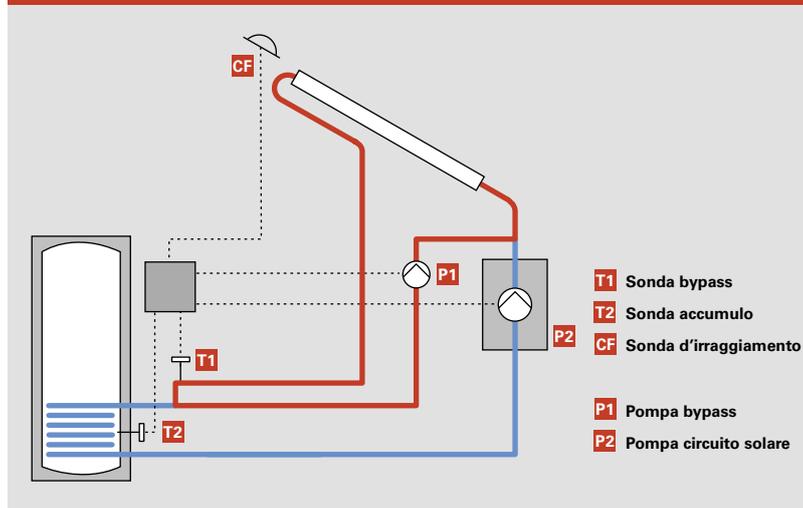
### Regolazione con sonda d'irraggiamento

È lo stesso principio idraulico presente nel concetto di regolazione con pompa by-pass, ma il funzionamento by-pass non viene avviato da un differenziale di temperatura, bensì da una misurazione dell'irraggiamento.

La regolazione solare rileva l'irraggiamento mediante una cella fotovoltaica. In caso di superamento di un valore di irradiazione impostabile viene inserita la pompa bypass. Il valore standard per le comuni applicazioni è di  $200 \text{ W/m}^2$ .

Questa modalità di inserimento del by-pass è particolarmente adatta se non è possibile un rilevamento continuo e preciso della temperatura nel collettore, a causa di brevi periodi di ombreggiatura (camini, alberi o altro).

Fig. D.1.2-4 Regolazione con sonda d'irraggiamento



Regolazione con sonda d'irraggiamento: P1 funziona se l'irraggiamento supera il valore minimo. P2 funziona se T1 è maggiore di T2 (prestare attenzione alla differenza di temperatura necessaria).

### **Soppressione dell'integrazione del riscaldamento**

Al fine di aumentare l'efficienza dell'impianto solare l'integrazione del riscaldamento convenzionale del bollitore per acqua calda sanitaria bivalente può essere ritardato finché non viene più prodotto calore solare (pompa del circuito solare spenta). Questa funzione può essere utilizzata in abbinamento alle regolazioni Vitotronic. Il programma Viessmann è dotato del software necessario; le regolazioni "date" possono essere sostituite.

Sulla regolazione del riscaldamento viene impostata solitamente una temperatura del riscaldamento integrativo per l'acqua sanitaria. Inoltre viene impostata una temperatura minima. Se è attivata l'esclusione dell'integrazione riscaldamento e il bollitore viene caricato in modo solare la regolazione della caldaia lascia diminuire la temperatura acqua calda fino alla temperatura minima impostata. Il bollitore viene riscaldato dalla caldaia (con la pompa del circuito solare in funzione) solo quando l'impianto solare non permette di raggiungere questo valore minimo.

### **Trattamento antilegionella dell'acqua sanitaria**

Nel rispetto dell'igiene dell'acqua sanitaria l'intero volume dell'acqua calda sanitaria viene riscaldata una volta al giorno a 60°C. Questo riguarda la parte inferiore del bollitore bivalente per acqua calda sanitaria o del preriscaldatore impiegato.

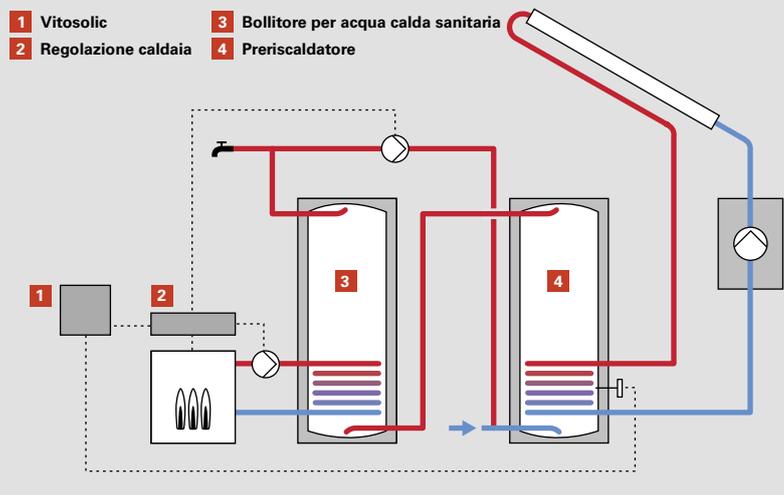
Durante questa disinfezione termica il calore necessario deve essere condotto nell'intera capacità del bollitore attraverso lo scambiatore di calore per integrazione riscaldamento. Il posizionamento della sonda deve garantire che l'intero volume dell'acqua calda sanitaria raggiunga effettivamente la temperatura richiesta.

### **Ottimizzazione della disinfezione termica**

La funzione di regolazione per l'ottimizzazione della disinfezione termica impedisce quest'ultima se l'acqua calda sanitaria nel preriscaldatore o nella parte inferiore del bollitore per ACS bivalente era già stata riscaldata a 60°C mediante l'impianto solare.

Anche questa funzione presuppone che la regolazione del circuito di caldaia sia idonea per la comunicazione con la regolazione Vitosolic.

Fig. D.1.2-5 Regolazione della disinfezione termica



Per la disinfezione termica, un vantaggio è rappresentato da una buona interazione della regolazione solare con la regolazione circuito di caldaia. Se nelle ultime 24 ore sulla sonda bollitore è stata superata la temperatura di 60°C, l'integrazione del riscaldamento viene inibita.

## D.1 Funzioni della regolazione solare

### **Funzioni per evitare la stagnazione**

Per evitare o diminuire la stagnazione si possono attivare ulteriori funzioni che però hanno senso solo in impianti con elevata copertura e in impianti per l'integrazione riscaldamento solare in cui la stagnazione è frequente.

### **Funzione di raffreddamento**

Nel funzionamento a regime normale, in caso di raggiungimento della temperatura massima dell'accumulo la pompa del circuito solare viene disinserita. Se è attivata la funzione di raffreddamento e la temperatura collettore raggiunge la temperatura massima impostata, la pompa rimane inserita fino a quando tale valore non scende nuovamente di 5 K al di sotto del valore massimo. In questo caso la temperatura d'accumulo può continuare a salire, ma solo fino a 95 °C. La misura di questa riserva termica dell'accumulo viene impostata mediante la temperatura massima del serbatoio.

### **Funzione di sottoraffreddamento**

Questa funzione ha senso solo se è attivata la funzione di raffreddamento. In caso di raggiungimento della temperatura massima dell'accumulo la pompa del circuito solare rimane inserita, in modo da evitare il surriscaldamento del collettore. Alla sera la pompa rimane in funzione finché, attraverso il collettore e le tubazioni, l'accumulo viene raffreddato tornando alla temperatura massima impostata. Nei collettori solari piani questa funzione ha un effetto molto più grande rispetto ai collettori solari a tubi sottovuoto.

### **Funzione intervallo**

La funzione intervallo viene utilizzata in impianti in cui la temperatura dell'assorbitore non può essere rilevata direttamente in modo esatto. Questo può essere ad esempio il caso dei collettori solari a tubi sottovuoto orizzontali, in cui nessuna sollecitazione termica sufficientemente grande nei tubi garantisce che la sonda collettori avverta immediatamente un aumento della temperatura. A periodi impostabili la pompa del circuito solare viene inserita per 30 secondi per far circolare il fluido termovettore dal collettore alla posizione della sonda. La funzione intervallo non è attiva dalle ore 22:00 alle 6:00.

### **Funzione termostatica**

Le regolazioni Vitosolic 200 offrono anche diverse funzioni termostatiche supplementari. Con le sonde supplementari vengono rilevate le relative temperature che si attivano quando un fattore viene superato o non viene raggiunto. Così, ad esempio, da una determinata temperatura di accumulo può essere inserita la pompa di carico per una piscina.

Le avvertenze relative alla regolazione del numero di giri della pompa del circuito solare sono riportate al capitolo B.3.1.3.

#### **Avvertenza**

Le funzioni di raffreddamento nella regolazione completano le misure da attuare in caso di stagnazione, ma non li sostituiscono. Per informazioni più dettagliate sul tema stagnazione, vedere il capitolo B.3.5.

#### **Esempio**

La temperatura massima dell'accumulo è impostata a 70°C. Al raggiungimento di questa temperatura la pompa del circuito solare si disinserisce. Il collettore si riscalda fino alla temperatura massima del collettore impostata di 130°C. Durante la funzione di raffreddamento la pompa del circuito solare si inserisce nuovamente e resta in funzione finché la temperatura del collettore scende al di sotto di 125°C o la temperatura di accumulo raggiunge i 95°C.

Con la funzione di raffreddamento alla sera la pompa rimane in funzione finché, attraverso il collettore, l'accumulo viene raffreddato tornando alla temperatura di 70°C o non viene raggiunta la temperatura di accumulo di 95°C (disinserimento di sicurezza).





## Controllo di funzionamento e di resa

**Oltre a fare in modo che il calore solare venga effettivamente utilizzato, la regolazione solare svolge anche importanti funzioni di controllo.**

Come per tutti i dispositivi tecnici, anche per gli impianti solari termici non si possono escludere completamente eventuali guasti. Negli altri impianti tecnici di regola un guasto si nota subito, mentre in un impianto solare, una disfunzione non è sempre così evidente perchè il compito di riscaldare passa automaticamente al generatore integrativo. Per questa ragione nella progettazione di un impianto solare si deve anche tenere conto dell'aspetto di controllo dell'impianto.

Il controllo di un impianto solare può avvenire in

due modi diversi: mediante il controllo di funzionamento o con il controllo di resa.

Mediante il controllo di funzionamento si può rilevare il funzionamento corretto o scorretto dell'intero impianto. Questo controllo può essere effettuato in modo manuale o automatico.

Nel caso invece di un controllo di resa vengono confrontate le quantità di calore misurate nell'unità di tempo con valori nominali stabiliti o calcolati. Anche il controllo di resa può essere effettuato in modo manuale o automatico.

### D.2.1 Controllo di funzionamento

Le moderne regolazioni solari non si occupano solo del funzionamento dell'impianto nel rispetto delle impostazioni, ma in aggiunta consentono anche un controllo delle funzioni più importanti dell'impianto stesso.

#### **Autocontrollo della regolazione**

Una regolazione solare è composta da diversi componenti il cui funzionamento e la cui interazione vengono controllati dalla regolazione. Se uno di questi componenti si guasta viene generata una segnalazione di guasto o si attiva un allarme.

#### **Controllo dei cavi delle sonde**

Una regolazione in perfetto stato di funzionamento registrerà immediatamente un guasto nel cavo della sonda. Se ad esempio un cavo della sonda non protetto viene compromesso da roditori o uccelli si può verificare un corto circuito o il cavo può venire interrotto.

Per la regolazione ciò significa una resistenza elettrica tendente a 0 o a infinito oppure — nella "logica" della misurazione della temperatura — una temperatura di "infinitamente" caldo o freddo.

Nella regolazione sono previsti i valori limite per le temperature che comprendono l'intervallo di temperatura consueto di un impianto solare. Se si esce da questo intervallo, la regolazione segnala un guasto.

#### **Controllo delle temperature**

Sulla regolazione si possono definire le temperature massime per l'accumulo e il collettore oltre alle quali la regolazione emette una segnalazione di guasto. Prima della definizione di questi valori di temperatura si deve controllare con precisione quali limiti possono assumere questi valori per evitare segnalazioni di guasto fuorvianti

Un'ulteriore possibilità del controllo di funzionamento è la supervisione delle differenze di temperatura, di regola tra collettore e bollitore. Questo tipo di controllo si basa sul



Fig. D.2.1-1 Cavo sonda non protetto

Purtroppo nella pratica si riscontrano spesso chiare tracce di morsi o beccate sul cavo della sonda non protetto.

presupposto che il collettore, in caso di funzionamento corretto, ovvero finché l'accumulo non ha ancora raggiunto la sua temperatura massima, non deve essere di 30 K superiore a quella dell'accumulo (il valore è impostabile). Mediante questo controllo di funzionamento automatico vengono visualizzati gli errori tipici che non portano ad alcuna trasmissione di energia dal collettore nell'accumulo, sebbene questo potrebbe assorbire ancora energia:

- pompa circuito collettori guasta
- alimentazione elettrica interrotta alla pompa
- problemi idraulici nel circuito collettori (ad es. aria, perdite, depositi)
- posizione errata delle valvole
- scambiatori di calore difettosi o molto sporchi.

## D.2 Controllo di funzionamento e di resa

Inoltre, nonostante la pompa del circuito solare sia ferma, è possibile registrare aumenti della temperatura sul collettore oppure una differenza di temperatura positiva tra l'accumulo più freddo e il collettore più caldo (ad es. di notte). Ciò può significare un malfunzionamento dei componenti dell'impianto che porta a una circolazione naturale, ovvero l'accumulo riscalda il collettore mediante la circolazione naturale.

Bisogna però considerare che un forte consumo notturno in piena estate può portare a una differenza di temperatura utilizzabile per breve tempo tra l'accumulo freddo e il collettore più caldo (temperatura ambiente). Anche le forti oscillazioni della temperatura esterna possono causare segnalazioni di guasto fuorvianti. Si consiglia pertanto, durante l'attivazione di questo controllo di funzionamento, di informare il conduttore dell'impianto sulle possibili segnalazioni di guasto per evitare interventi di servizio non necessari.

Tutte le segnalazioni di guasto si possono leggere direttamente sulla regolazione. Inoltre è possibile inoltrare la segnalazione di guasto a una centrale di controllo a distanza oppure via Internet.

Mediante controlli di funzionamento automatici si possono controllare in modo molto affidabile la condizione di funzionamento attuale e si possono rilevare molte anomalie di esercizio. Il controllo automatico ha però i suoi limiti: intervalli in cui il pericolo di segnalazioni di guasto è troppo grande e condizioni di funzionamento dell'impianto che non si possono rappresentare mediante nessun quadro d'errore tipico delle anomalie di funzionamento.

### Esempio

Se a causa del vetro del collettore molto sporco o rotto non si verifica un aumento della temperatura, il regolatore non può "sapere" se è presente un guasto oppure se si tratta soltanto di un periodo di cattivo tempo. In un caso del genere una diagnosi precisa si può effettuare più facilmente mediante la misurazione e la valutazione della resa.

### D.2.2 Controllo di resa

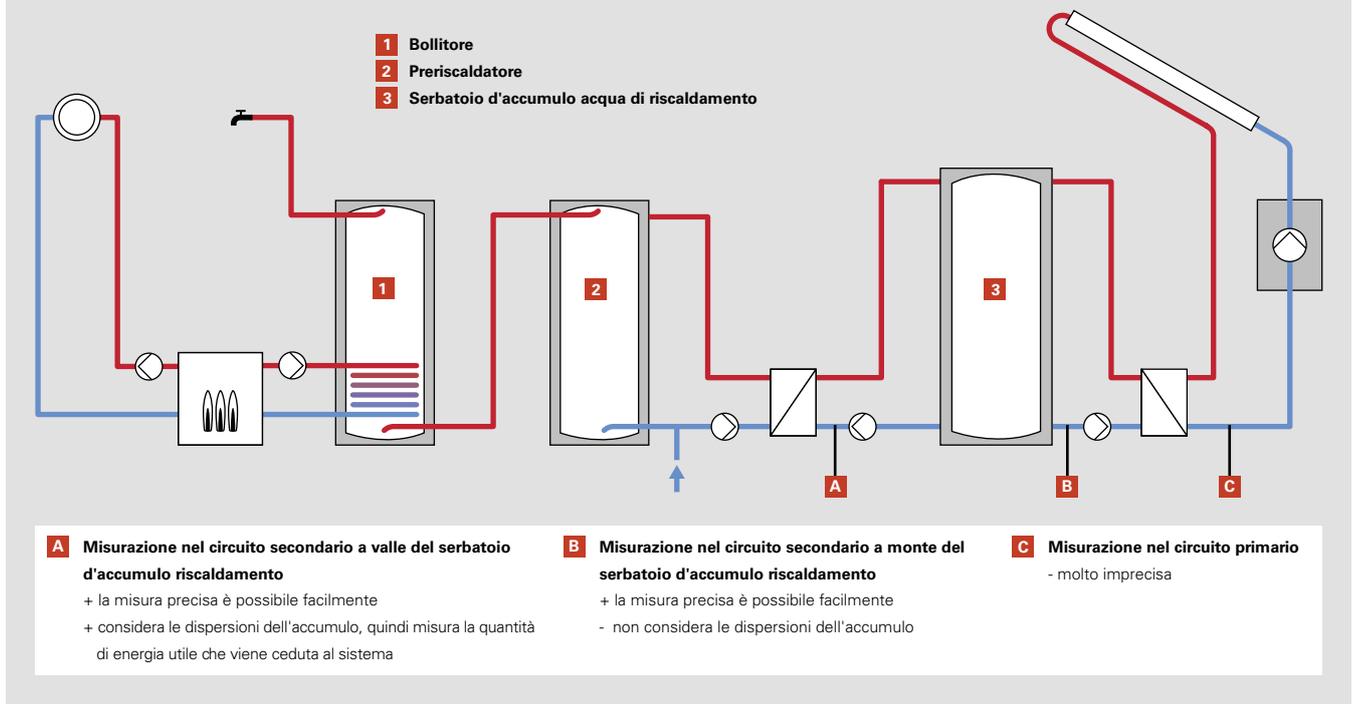
Un controllo semplice ed efficace è costituito dal confronto tra il tempo di funzionamento della pompa reale con i valori presunti. Per un impianto solare medio si calcolano 1500 — 1800 ore all'anno. Valori più precisi per il presunto tempo di funzionamento della pompa si possono ottenere mediante una simulazione annuale dell'impianto. Questo confronto non rappresenta in nessun caso una misurazione della resa.

### Misurazione della resa

Prima di poter misurare le rese dell'impianto solare, deve essere anzitutto valutato in modo critico il metodo di misurazione, al fine di evitare stime errate dell'impianto. Non bisogna però dimenticare che i rilevamenti della resa mediante la regolazione solare spesso sono stime piuttosto che misurazioni. È quindi possibile ad es. misurare la durata in cui la pompa riceve corrente. Se la valutazione riguarda portate ancora ipotizzate (non misurate) e le temperature di accumulo e del collettore, non si tratta di una misurazione della resa, bensì di una stima.

Per effettuare le misurazioni della resa sono necessari il corretto rilevamento della portata volumetrica e la misurazione di due temperature. Per la misurazione nel circuito primario si deve tenere presente che la viscosità e la capacità termica dell'acqua e delle miscele acqua-glicole sono diverse. Se nel circuito del glicole viene integrato un contacalorie comunemente reperibile in commercio senza fattori di correzione, la quantità di calore fornita non può essere rilevata in modo preciso, bensì viene soltanto stimata.

Fig. D.2.2-1 Misurazione della resa



Negli impianti con scambiatori di calore esterni ha sempre senso effettuare la misurazione nel circuito secondario. In questo modo la quantità di calore che viene ceduta dall'impianto solare all'accumulo viene rilevata in modo preciso. Se si devono considerare anche le dispersioni dell'accumulo, ovvero si deve conteggiare solo la quantità di calore che viene ceduta al sistema, è necessario un punto di misurazione a valle del serbatoio d'accumulo riscaldamento.

Per la prassi si deve però tenere presente che una sola misurazione della quantità di calore, indipendentemente dal punto in cui avviene la misurazione, non è idonea per una valutazione precisa del calore solare ottenuto da fornire agli inquilini. La normativa odierna e la descrizione del procedimento di calcolo adatto sono attualmente in fase di sviluppo. Se un amministratore desidera calcolare il calore generato in modo solare, è consigliabile che richieda le informazioni aggiornate presso le relative associazioni di categoria di economia aziendale.

## D.2 Controllo di funzionamento di resa

### **Valutazione manuale della resa**

Una resa misurata è sinonimo di funzionamento corretto dell'impianto se viene confrontato con una grandezza di riferimento, quindi con una resa nominale. Questo valore di riferimento può essere estratto da una simulazione o calcolato dai dati di misurazione nell'installazione dell'impianto. In entrambi i procedimenti non si possono evitare determinate imprecisioni. Per questa ragione nelle misurazioni e nelle differenze tra condizioni climatiche simulate ed effettive ci deve essere una grande tolleranza nella valutazione.

Per la valutazione della resa mediante i dati climatici simulati si deve sempre considerare un anno intero. Una valutazione per periodi più brevi è possibile solo con dati climatici misurati che confluiscono nella simulazione.

#### **Esempio**

Dalla simulazione per un impianto semplice per la produzione d'acqua calda sanitaria deriva un valore annuo di 1500 kWh di "Energia del sistema solare ceduta all'acqua sanitaria".

I dati climatici fissi dell'anno tipo (capitolo C.4) inseriti nel programma possono differire fino al 30% dagli eventi climatici effettivi nell'anno di valutazione.

Poiché in questo impianto è possibile solo una misurazione della resa nel circuito del glicole, a causa delle imprecisioni di misurazione si hanno scarti ancora maggiori, anche se si utilizzano contacalorie adeguati (fattori di correzione).

Inoltre, per la misurazione del calore fornito nel circuito del glicole non vengono considerate le dispersioni dell'accumulo che erano invece state considerate nel risultato ottenuto dalla simulazione di 1500 kWh all'anno.

Un risultato annuale misurato di 1400 kWh non è un motivo per dubitare del funzionamento corretto dell'impianto.

### **Valutazioni di misurazioni pluriennali**

Se si confrontano le rese annue misurate per un periodo di tempo più lungo, si devono trascurare le imprecisioni di misurazione e gli eventuali punti di misura non ottimali, se si tratta soltanto del controllo delle funzioni dell'impianto. Se i risultati di misura sono compresi in un intervallo al massimo del 20%, si può ipotizzare un corretto funzionamento dell'impianto.

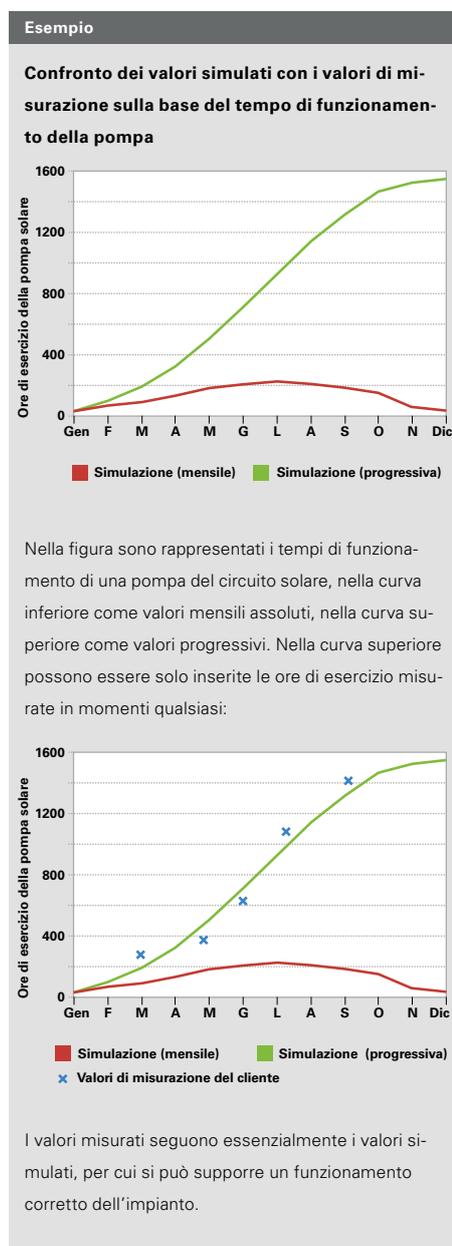
Le valutazioni della resa manuali descritte in questo capitolo non possono sostituire i controlli di funzionamento poiché in base ai valori di misura rilevati si può riconoscere un difetto solo più avanti nel tempo, quindi al termine di periodi più lunghi senza resa. Se le rese misurate vengono "solo" ridotte, le anomalie di funzionamento si possono riconoscere esclusivamente con un'analisi precisa e con molta esperienza.

### **Utilizzo dei dati di esercizio**

Spesso i progettisti o gli installatori si confrontano con i dati che vengono rilevati dai conduttori dell'impianto. Ciò nasconde il desiderio di un'"analisi" di questi dati. Record di dati di questo tipo sono però poco utilizzabili se qualcosa viene rilevato e annotato. Inoltre questi valori per lo più assoluti sono raramente rilevanti.

Con i dati annotati dal cliente, come ore di esercizio, stato dei contacalorie o consumi di energia dell'impianto solare, si possono fare delle affermazioni sulla condizione di funzionamento dell'impianto se i dati vengono messi in relazione tra di loro.

Il cliente è più soddisfatto se questi dati, a volte raccolti con molta accuratezza, non vengono ritenuti "inutili", bensì vengono interpretati con i limiti dovuti in quanto a precisione.



di un impianto non deriva quindi da una simulazione effettuata mediante l'anno tipo, bensì mediante i dati attuali effettivamente misurati. Sono quindi possibili tempi di valutazioni molto più brevi.

Viessmann si dedica allo sviluppo e all'ottimizzazione dei cosiddetti controller input/output. Con questo procedimento la resa potenziale dell'impianto viene sempre confrontata con la resa effettiva. La base sono i valori caratteristici specifici dei componenti dell'impianto e i dati climatici e di consumo misurati. In caso di scarto non attendibile del valore reale dal valore nominale viene emessa una segnalazione di guasto.

#### **Costi per il controllo delle funzioni e la valutazione delle rese**

Quanto più precisa è la misurazione delle rese dell'impianto e della loro valutazione, tanto maggiori sono anche i costi. Lo stesso vale anche per il controllo delle funzioni dell'impianto che non devono essere rilevate nella regolazione come semplici funzioni di controllo. Per decidere quali costi siano adeguati per il controllo e la valutazione si può considerare un valore orientativo: i costi dovrebbero corrispondere massimo al 5% dei costi dell'impianto. Questa regola generale porta a un rapporto equilibrato tra i costi per il controllo e il valore delle rese così "garantite".

Allo stesso modo si può procedere anche con i dati raccolti di una stima o di una misurazione della quantità di calore. È importante spiegare al cliente che non contano i valori assoluti, ma l'andamento.

#### **Valutazione automatica della resa**

Le condizioni di esercizio dell'impianto e i dati climatici vengono rilevati automaticamente sul posto, si possono quindi effettuare ipotesi di resa aggiornate che possono essere confrontate con le quantità di calore effettivamente fornite dall'impianto solare. Il valore nominale



## E Funzionamento dell'impianto

Per un funzionamento sicuro, efficiente e duraturo degli impianti solari termici, oltre a soluzioni tecnicamente complete e corrette, è indispensabile anche una particolare cura nella messa in funzione.

La durata di un impianto solare termico dipende anche dall'accuratezza della messa in funzione. Ciò riguarda, oltre all'istruzione del cliente, anche i lavori di ispezione e manutenzione.

Questo capitolo descrive la preparazione e il procedimento della messa in funzione, richiama l'attenzione su dettagli pratici importanti

e spiega a cosa si deve prestare attenzione durante l'ispezione e la manutenzione.

Inoltre illustra il fenomeno della formazione di condensa che si verifica occasionalmente nei collettori solari piani.

### **158 E.1 Messa in funzione e manutenzione**

- 159 E.1.1 Condizioni di pressione nell'impianto solare
- 161 E.1.2 Operazioni preliminari per la messa in funzione
- 163 E.1.3 Procedimento della messa in funzione
- 167 E.1.4 Controllo del fluido termovettore (a base di glicole)

### **168 E.2 Formazione di condensa nei collettori solari piani**



### Messa in funzione e manutenzione

**Il collettore produce calore non appena un irraggiamento sufficiente colpisce l'assorbitore indipendentemente dal fatto che l'intero sistema sia già pronto per il funzionamento.**

Se l'impianto viene riempito e il collettore non viene coperto con l'irraggiamento inizia la produzione di calore nell'intero circuito primario. Per evitare inutili carichi termici, l'impianto solare viene riempito solo quando viene garantito anche il prelievo del calore prodotto. Non è possibile effettuare una messa in funzione di prova di un impianto solare.

Le condizioni di pressione nel circuito solare hanno un influsso decisivo sul comportamento d'esercizio dell'impianto. Una corretta interazione tra pressione di riempimento, pressione di esercizio dell'impianto e pressione di precarica del vaso di espansione consente il funzionamento ottimale dell'impianto.

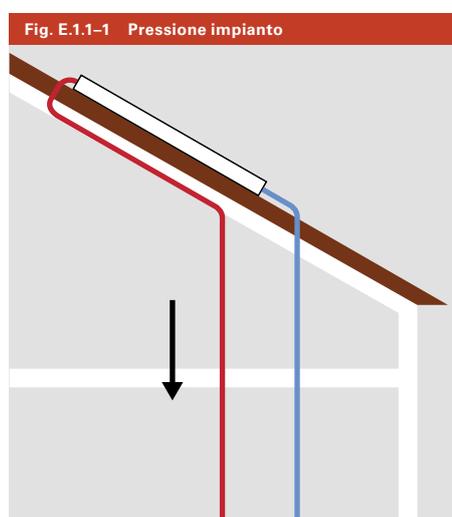
### E.1.1 Condizioni di pressione nell'impianto solare

Nell'ambito di ricerche relative al comportamento in fase di stagnazione degli impianti solari termici, è stato riscontrato che le condizioni di pressione nel circuito solare hanno un influsso decisivo sull'efficienza e la lunga vita dell'impianto.

Per il dimensionamento della pressione di esercizio e la messa in funzione di impianti solari termici si devono considerare alcune particolarità che vengono descritte qui di seguito.

In condizione di riposo (a freddo) l'impianto richiede nel punto massimo una pressione di 1 bar, per evitare in questo punto una depressione durante il funzionamento. La pompa del circuito solare spinge il fluido termovettore fino a questo punto alto, quindi esso "cade" nuovamente in direzione della pompa attraverso la mandata del circuito solare. La forza di gravità agisce sul fluido termovettore e riduce la pressione nel punto più alto. Poiché il più delle volte questo punto è anche il punto più caldo dell'impianto, a causa della pressione ridotta si può verificare una formazione di vapore.

Per proteggere la pompa dall'eccesso di temperatura durante il funzionamento o in caso di stagnazione dell'impianto si è rivelato utile il posizionamento nel ritorno in direzione di flusso, a monte del vaso di espansione a membrana.



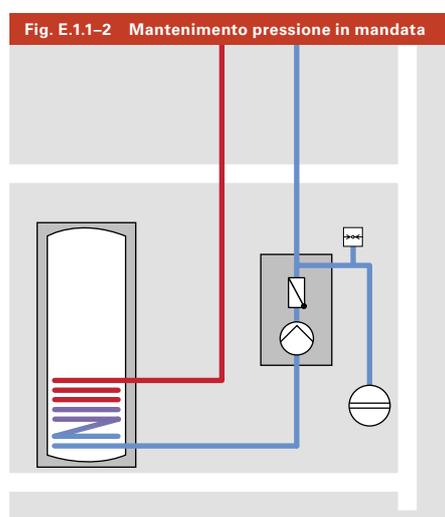
A seconda dell'altezza statica della linea che scende (mandata) diminuisce la pressione sull'uscita del collettore.

Con questa disposizione sequenziale della pompa e del vaso di espansione si ottiene, per la pompa stessa, una posizione che è caratterizzata dal valore della pressione finale o di mandata. In questo modo il valore della pressione di esercizio si trova al di sotto del valore della pressione statica dell'impianto. Per evitare la cavitazione dovuta all'ebollizione parziale del fluido termovettore nella pompa, nel bocchettone di aspirazione non si deve scendere al di sotto della pressione di afflusso minima.

Questa pressione di afflusso necessaria dipende dalla pressione differenziale della pompa, dal punto di ebollizione e dalla temperatura d'esercizio del fluido trasportato. Nei comuni impianti solari, con una pressione statica di almeno 0,5 bar e una pressione di riempimento di 1 bar sul punto più alto, si può evitare questo problema utilizzando le pompe del circuito solare Viessmann. In caso di tipologie costruttive differenti con una pressione statica < 1,5 bar sull'attacco di aspirazione della pompa si consiglia di effettuare un calcolo tenendo in considerazione la pressione di afflusso minima necessaria.

Per il calcolo della pressione statica le differenze di densità tra i comuni fluidi termovettori e la semplice acqua sono trascurabili, per cui si può supporre un valore di 0,1 bar al metro.

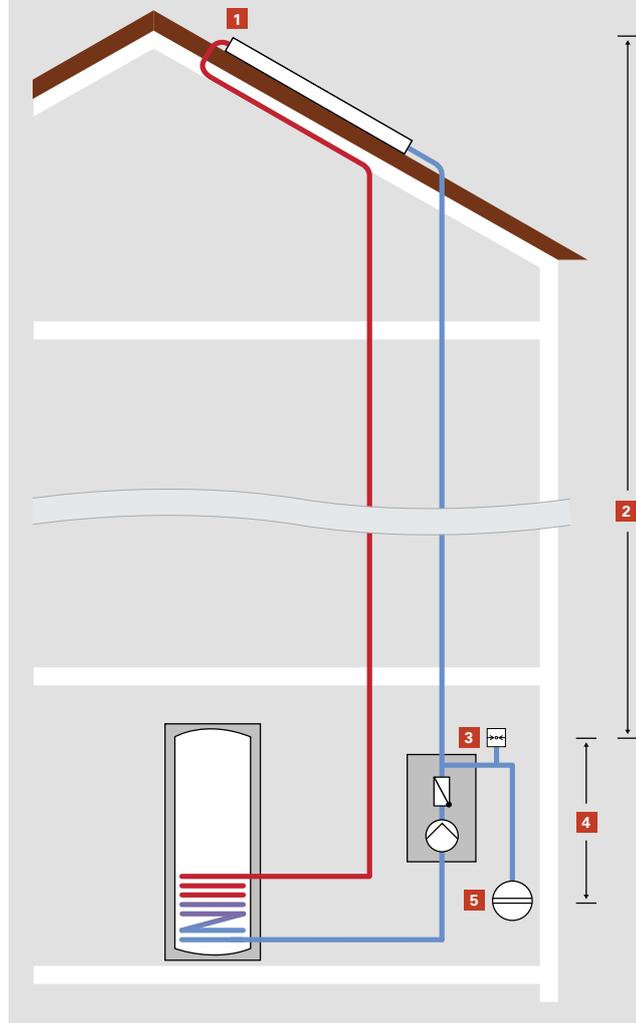
Con la pressione minima sul punto più alto



La pompa viene montata in direzione di flusso a monte della valvola di ritegno e del vaso di espansione per proteggerla dall'eccesso di temperatura in caso di stagnazione.

## E.1 Messa in funzione e manutenzione

Fig. E.1.1-3 Condizioni di pressione nel circuito solare



### Scheda delle condizioni di pressione

<b>1</b> Sovrapressione di sistema nel punto più alto	1 bar
<b>2</b> Supplemento per ogni metro di altezza statica	+ 0,1 bar / m
<b>3</b> <b>Pressione di esercizio impianto</b> (manometro)	___ bar
Pressione di esercizio impianto	___ bar
Riserva pressione per sfiato	+ 0,1 bar
<b>Pressione di riempimento</b>	___ bar
Pressione esercizio impianto	___ bar
Detrazione per riserva di fluido	- 0,3 bar
<b>4</b> Supplemento per ogni metro differenza altezza manometro	+ 0,1 bar / m
<b>5</b> <b>Pressione precarica vaso espans.</b>	___ bar

**3** Manometro

**5** Vaso di espansione a membrana

Per evitare errori durante il dimensionamento e la messa in funzione tutti gli impianti solari richiedono una "scheda segnaletica della pressione" di questo tipo.

dell'impianto e la pressione statica si può calcolare la pressione d'esercizio dell'impianto mediante una somma.

La pressione viene controllata sul manometro tenendo conto che i componenti posti più in basso sono soggetti a una pressione maggiore. Ciò è particolarmente importante per stabilire la pressione di precarica del vaso di espansione. Se il manometro si trova, ad esempio, "ad altezza occhi" e il vaso di espansione sul pavimento, si ha già una differenza di pressione di circa 0,15 bar.

La pressione di precarica del vaso di espansione si ottiene dalla pressione d'esercizio dell'impianto nel punto di attacco del vaso di espansione meno 0,3 bar per la riserva d'acqua. La riserva di fluido è importante per

compensare la perdita volumetrica dovuta al raffreddamento rispetto alla temperatura di riempimento.

Con un valore di 0,3 bar negli impianti normali è garantito che la riserva di fluido necessaria (4% del volume dell'impianto e almeno 3 l) venga spinta nel vaso di espansione durante il riempimento dell'impianto.

Per compensare la degassificazione del fluido nelle prime settimane di esercizio (caduta di pressione dovuta allo sfiato) si consiglia una riserva di pressione supplementare di 0,1 bar. La pressione di riempimento durante la messa in funzione è quindi 0,1 bar superiore alla pressione di esercizio dell'impianto.

## E.1.2 Operazioni preliminari per la messa in funzione

### **Requisiti minimi di un protocollo per la messa in funzione**

Ogni messa in funzione deve essere verbalizzata. Il protocollo per la messa in funzione è parte integrante della documentazione dell'impianto e presupposto per una consegna corretta al conduttore e/o cliente finale.

Indipendentemente dalla scelta di un protocollo per la messa in funzione pre confezionato o di un'impostazione personalizzata in ciascun verbale devono essere documentati i seguenti valori (spiegazione delle singole fasi di lavoro nei paragrafi seguenti):

- pressione di precarica del vaso di espansione e pressione di esercizio dell'impianto (a ca. 20°C).
- costruttore e tipo di fluido termovettore, valori di densità (protezione antigelo) e valore pH del fluido termovettore dopo riempimento e sfiato
- impostazioni della regolazione

Senza i dati precisi relativi a questi punti, un verbale per la messa in funzione non ha valore pratico e non dovrebbe essere accettato, sia che si tratti della ditta installatrice, sia del conduttore o del progettista dell'impianto.

Per evitare il riscaldamento dei collettori prima o durante la messa in funzione i collettori solari piani Viessmann vengono forniti con una pellicola di protezione.

### **Evitare il riscaldamento involontario dei collettori durante la messa in funzione**

Come per ogni messa in funzione di un dispositivo tecnologico anche per gli impianti solari termici la durata del procedimento non può essere calcolata in modo preciso. Spesso si è rivelato un errore cominciare la messa in funzione prima dell'alba per concludere le fasi di lavoro necessarie prima che il primo raggio di sole colpisca il collettore. Se non si riuscisse a terminare il processo prima che il collettore si riscaldi a causa dell'irraggiamento, la messa in funzione dovrebbe essere interrotta spesso e ciò potrebbe essere problematico a causa di un impianto riempito parzialmente. Il metodo più sicuro consiste quindi nel coprire i collettori.

I collettori solari piani Viessmann vengono forniti con una pellicola protettiva sulla lastra di copertura in vetro; la cosa più sensata è quindi togliere questa pellicola solo dopo la messa in funzione. Per i collettori solari a tubi sottovuoto sono disponibili pellicole di protezione.

Fig. E.1.2-1 Copertura collettore



## E.1 Messa in funzione e manutenzione

### **Controllo e impostazione della pressione di precarica del vaso di espansione**

Ai capitoli B.3.5.2 e E.1.1 sono già stati descritti dettagliatamente i calcoli del volume del vaso di espansione e della pressione di esercizio dell'impianto. Anche il calcolo più accurato è però inutile se i valori calcolati non corrispondono più a quelli dell'impianto ultimato. Spesso lo stato di fornitura del vaso di espansione "determina" la pressione d'esercizio dell'impianto. Il primo provvedimento per la messa in funzione è quindi sempre il controllo della pressione di precarica del vaso di espansione. L'esperienza mostra che questo punto viene spesso dimenticato e può essere poi recuperato solo con un notevole dispendio una volta che l'impianto è riempito.

Tra gli operatori del settore è stato provato sostanzialmente che il responsabile della pressione d'esercizio dell'impianto, quindi anche della pressione di precarica del vaso di espansione, è anche colui che mette l'impianto in funzione, non chi ha montato il vaso di espansione. Durante la messa in funzione deve quindi essere effettuato nuovamente un controllo completo di attendibilità di tutti i dati rilevanti per la pressione di esercizio

dell'impianto (vedi capitolo E.1.1).

Subito dopo viene controllata la pressione di precarica del vaso di espansione e, se necessario, viene nuovamente impostata. Se si deve rabboccare il gas bisogna utilizzare sempre l'azoto. In questo modo si evita che l'ossigeno si diffonda nel fluido termovettore poiché la membrana nel vaso ad espansione non è mai completamente ermetica. Inoltre l'azoto si diffonde lentamente attraverso la membrana rispetto all'ossigeno, per cui la pressione di precarica resta stabile più a lungo.

La pressione di precarica impostata deve essere annotata nel verbale per la messa in funzione e per sicurezza anche sul vaso di espansione stesso. In pratica si è rivelato molto utile impiegare per l'annotazione le parole "pressione di precarica vaso di espansione". Se sul vaso si trova solo un'avvertenza in bar, durante l'ispezione o la manutenzione ci si potrebbe domandare a quale pressione si fa riferimento, anche se si è effettuata personalmente l'annotazione.

Senza il controllo della pressione di precarica del vaso di espansione con il manometro la messa in funzione non può essere eseguita correttamente.

Fig. E.1.2-2 Manometro manuale



### E.1.3 Procedimento della messa in funzione

#### Prova di pressione

Prima del lavaggio e dello sfiato si deve verificare la tenuta dell'impianto. Questo controllo può essere effettuato solo senza irraggiamento sul collettore. Se il fluido termovettore non è sottoposto ad alcuna variazione di temperatura, dovrebbe essere sufficiente un tempo di mezzora.

La questione della pressione d'esercizio spesso suscita discussioni. I componenti essenziali sono verificati 1,5 volte la pressione d'esercizio massima.

Se questo tipo di controllo è stato effettuato su tutto l'impianto per la prova di pressione si devono smontare la valvola di sicurezza e chiudere gli attacchi.

Se in questo caso per la prova di pressione non sono state considerate l'ora del giorno e la copertura del collettore si potrebbe verificare un pericoloso aumento di pressione. Perciò la maggior parte dei costruttori si sono accordati sul fatto che sia sufficiente una pressione d'esercizio al massimo pari al 90% della pressione finale dell'impianto (= 80% della pressione d'intervento della valvola di sicurezza), comunque con la limitazione che si tratti di un sistema a due circuiti e che il circuito secondario possa essere messo in pressione separatamente.

#### Lavaggio dell'impianto

L'impianto solare deve essere lavato a fondo come tutti gli altri impianti tecnici di riscaldamento. Bisogna però prestare attenzione che la sporcizia non penetri nel collettore. I collettori vengono forniti puliti.

In particolare con le tubazioni in acciaio saldate si è rivelato vantaggioso lavarle prima di collegarle ai collettori.

In questo caso la prova di pressione deve essere ripetuta dopo l'allacciamento dei collettori.

In caso di tubazioni in rame brasate il lavaggio continua finché non vengono eliminate tutte le scorie di lavorazione che, a causa dell'elevato contenuto di ossigeno, fanno invecchiare velocemente il fluido termovettore.

Viessmann consiglia di lavare l'impianto con il fluido termovettore mediante una stazione di riempimento (vedi fig. E.1.3 —1).

Solo in pochissimi impianti è garantito che il liquido esca fuori completamente dopo il lavaggio e la prova di pressione, per cui sussiste il pericolo che il liquido di lavaggio rimanga nel sistema di tubazioni o nel collettore. Se l'impianto viene lavato solo con acqua il fluido termovettore può essere diluito e perdere le sue caratteristiche. Nei mesi critici c'è anche il rischio dei danni dovuti al gelo. Gli esperti del settore possiedono pertanto un recipiente con "fluido termovettore di lavaggio" che può essere utilizzato più volte per questo scopo. Anche qui bisogna prestare attenzione alla miscibilità dei fluidi termovettori (vedi capitolo B.3.4).

#### Riempimento e sfiato dell'impianto

Per la messa in funzione l'impianto deve essere sfiato dall'aria accuratamente. A questo punto si deve sottolineare ancora una volta che i dispositivi di sfiato sul tetto servono esclusivamente come ausili nella fase di riempimento e non per togliere l'aria durante il funzionamento (vedi capitoli B.3.3 e C.1.2). Ciò deve essere tenuto in considerazione in particolare durante la messa in funzione.

Sarebbe una negligenza mettere in esercizio l'impianto i primi giorni con lo sfiato aperto sul tetto. In particolare nella prima fase di funzionamento il pericolo di stagnazione involontaria è molto alto; le cause possono essere ad es.

Fig. E.1.3-1 Stazione di riempimento con pompa



Il riempimento e lo sfiato con una stazione di riempimento aperto e una pompa ad elevato rendimento costituiscono lo stato della tecnica. Il riempimento e lo sfiato avvengono in un'unica fase di lavoro.

## E.1 Messa in funzione e manutenzione

errori di impostazione, scarso prelievo del calore prodotto o interruzione di corrente.

Per il funzionamento regolare l'impianto deve essere completamente svuotato dell'aria. Il riempimento e lo sfiato con una stazione di riempimento rappresentano la soluzione migliore.

Il riempimento e lo sfiato avvengono in un'unica fase di lavoro. Se gli sfiati manuali sono integrati nel campo collettori o nei campi di collettori, questi vengono aperti per il riempimento e di nuovo chiusi non appena fuoriesce il fluido termovettore. Negli impianti con un solo campo collettori tutte le altre fasi di lavoro possono essere svolte nel locale caldaia.

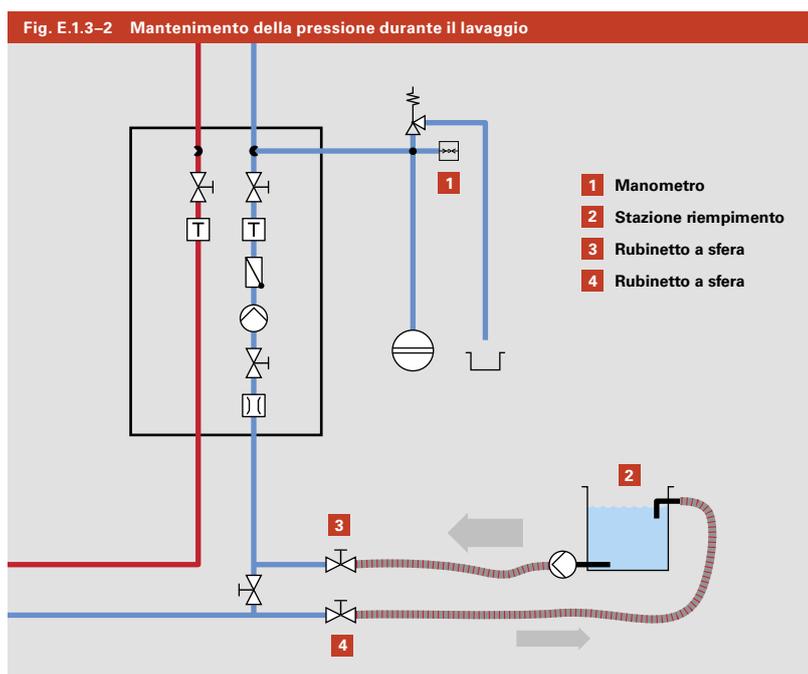
La fase di sfiato dura almeno 30 minuti. Con l'esperienza si può arrivare a dedurre la situazione di sfiato dell'intero impianto dalla consistenza del fluido termovettore di "ritorno" (formazione di schiuma, bolle d'aria). Nel dubbio è meglio prolungare il lavaggio di 10 minuti, anziché diminuirlo. È necessario fare attenzione al corretto impiego della valvola sull'afflusso di ritorno al serbatoio. Grazie alla valvola si evita una depressione nel collettore e nelle tubazioni successive, ovvero sul manometro deve sempre essere presente la pressione statica.

Se l'impianto è composto da sottocampi collettori sezionabili (mediante i ritorni), essi possono essere aperti singolarmente per lo sfiato. È particolarmente importante che sia mantenuto un certo valore di pressione sull'afflusso di ritorno al serbatoio, altrimenti il fluido termovettore contenuto nei sottocampi collettori chiusi (cioè sezionati) va in depressione per effetto della quale si ha un richiamo d'aria e quindi una ventilazione nei collettori.

Se la fase di sfiato è conclusa, la valvola nella mandata viene chiusa e l'impianto viene portato alla pressione d'esercizio. Durante la messa in funzione si consiglia di riempire l'impianto con una pressione leggermente superiore (ca. 0,1 bar di più), perché durante il funzionamento, quindi con un aumento della temperatura, l'impianto viene ulteriormente degassificato e la pressione si abbassa di conseguenza (vedi capitolo E.1.1).

Per rimuovere eventuali residui d'aria attraverso lo sfiato, in particolare nei campi collettori o nelle tubazioni più complesse, nei primi giorni di esercizio si può far funzionare l'impianto manualmente. Questo è consigliabile in particolare per le messe in funzione durante un periodo di maltempo: se il fluido termovettore non viene mosso per un lungo periodo dopo la messa in funzione sussiste il rischio di un grande accumulo d'aria nei punti più alti dell'impianto, per cui l'impianto non riesce ad avviarsi.

Dopo il riempimento del circuito solare si devono misurare e indicare sul verbale i dati caratteristici essenziali del fluido termovettore (protezione antigelo e valore pH) (capitolo E.1.4).



Per evitare la depressione all'uscita dai collettori e sulla tubazione successiva durante il lavaggio e il riempimento la portata volumetrica viene ridotta all'afflusso di ritorno al serbatoio.

### **Messa in funzione della regolazione**

Al termine del riempimento e dello sfiato la regolazione può essere messa in funzione. Per prima cosa viene selezionato lo schema d'impianto corrispondente che viene impostato sulla regolazione. Quindi viene controllato il corretto funzionamento di tutti i componenti collegati e l'attendibilità dei valori misurati dalle sonde. Subito dopo viene effettuata l'impostazione della regolazione ovvero vengono impostati i valori di inserimento e disinserimento delle funzioni di regolazione corrispondenti. Durante la messa in funzione queste impostazioni devono essere indicate sul verbale.

### **Formazione del conduttore dell'impianto**

Il conduttore viene istruito come per gli altri impianti domestici e viene quindi indicato sul verbale. Non essendoci normative speciali per gli impianti solari; il conduttore dovrebbe essere informato dettagliatamente sulle verifiche di il funzionamento dell'impianto. Se l'impianto funziona in un sistema bivalente senza controllo di funzionamento automatico il conduttore può notare eventuali guasti solo mediante un controllo "manuale".

### **Prima verifica di funzionamento**

Una prima verifica dopo alcune settimane di funzionamento dovrebbe essere parte integrante delle prestazioni dell'installatore. Se nel primo periodo l'impianto funziona senza problemi, si può supporre che funzionerà correttamente per un lungo periodo. Se durante la prima ispezione si riscontrano problemi nel funzionamento, si possono effettuare correzioni o adeguamenti per garantire per un lungo periodo il funzionamento sicuro ed efficiente dell'impianto.

Le esperienze positive effettuate con la prima ispezione dopo la messa in funzione di un impianto solare hanno condotto ai suggerimenti che la BDH (Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V., Associazione Federale Industrie Impianti di Riscaldamento) ha formulato per i suoi membri nel protocollo informativo nr. 34 (vedi fig. E.1.3 — 4). Questa prima ispezione è molto importante per la sicurezza di esercizio dell'impianto: è una parte indispensabile del "Servizio dell'impianto solare".

Fig. E.1.3-3 Messa in funzione della regolazione



Con la messa in funzione della regolazione devono essere impostati i valori di inserimento e disinserimento delle funzioni di regolazione corrispondenti.

### **Collaudo dell'impianto**

Poiché una messa in funzione completa può avere luogo solo se il prelievo del calore prodotto è assicurato, soprattutto nel caso di nuove costruzioni potrebbe essere necessario effettuare un precollaudo.

Le fasi di lavoro come la prova di pressione, il riempimento e l'impostazione dei parametri della regolazione possono essere effettuate finché i collettori restano coperti. Su questa base può avvenire un precollaudo dell'impianto. Si consiglia di concordarlo durante la chiusura dell'ordine.

Fig. E.1.3- 4 Raccomandazioni per la verifica degli impianti solari

Il protocollo informativo BDH nr. 34 "Sicurezza d'esercizio degli impianti solari termici" contiene, tra l'altro, un suggerimento sull'entità della prima ispezione o dell'ispezione annuale.

BDH è un ente ministeriale tedesco che fornisce raccomandazioni tecniche e indicazioni sulle "buone pratiche" per il corretto funzionamento degli impianti domestici e il risparmio energetico.

Oltre all'ispezione si consiglia di effettuare un controllo visivo dei componenti essenziali (collettori, tubazione, valvole, sfiati ecc.) ogni tre-cinque anni.

### 7.1 Fasi di controllo

L'ispezione annuale dovrebbe includere almeno i seguenti controlli: (vale anche per la prima ispezione):

- scaricare l'aria di tutti gli sfiati nel circuito solare
- confrontare la pressione di esercizio dell'impianto con il valore nominale (per la prima ispezione: valore di partenza)
- confrontare il PH e la protezione antigelo con il valore nominale e il valore dell'anno precedente (per la prima ispezione: valore di partenza)
- inserire la pompa, eventualmente in modo manuale
- se è presente il misuratore della portata: confrontare la portata volumetrica con il valore nominale
- prestare attenzione alle oscillazioni sul manometro ed eventualmente sul misuratore di portata
- prestare attenzione ai rumori nella pompa (aria)
- aprire e chiudere il freno di gravità per evitare circolazioni naturali
- verificare la corsa della valvola termostatica (non necessario per la prima ispezione)
- verificare l'attendibilità dei verbali d'esercizio della regolazione (ad es.  $T_{\max}$  collettore,  $T_{\max}$  accumulo, somma delle rese ecc.)
- verificare l'attendibilità in funzione della radiazione:
  - temperatura di mandata e ritorno sui termometri
  - valori visualizzati della regolazione
- documentazione di tutte le impostazioni e dei valori di misurazione

Il vaso di espansione e la valvola di sicurezza non devono essere controllati se la pressione di esercizio dell'impianto è corretta e la valvola di sicurezza non mostra segni di intervento (deposito, gocce, niente liquido nel serbatoio di raccolta).

### E.1.4 Controllo del fluido termovettore a base di glicole

Affinché il fluido termovettore possa espletare entrambe le sue funzioni di protezione dal gelo e dalla corrosione deve essere minimizzato in particolare il suo carico dovuto all'ossigeno dell'aria a temperature elevate. Ulteriori informazioni sono riportate al capitolo B.3.4. Nell'ambito dell'ispezione è necessario verificare il valore del pH e il contenuto di glicole del fluido termovettore; il valore del pH consente di dedurre lo stato chimico del fluido termovettore e il contenuto di glicole è rilevante per la protezione antigelo.

#### Controllo del valore pH

I fluidi termovettori Viessmann sono leggermente alcalini e neutralizzano quegli acidi che possono formarsi a causa del carico dovuto alla temperatura o all'ossigeno. Questo tampone alcalino si consuma nel corso degli anni e il fluido termovettore può quindi diventare acido e danneggiare le parti dell'impianto. Il fluido termovettore utilizzato da Viessmann viene e veniva fornito con i rispettivi valori pH::

- Tyfocor LS / GLS: 9,0 – 10,5
- Tyfocor L / HTL: 7,5 – 8,5

Fino a un valore pH > 7 è possibile un funzionamento sicuro e senza problemi; se il valore scende il fluido termovettore deve essere sostituito. Per il controllo è sufficiente una semplice cartina al tornasole.

#### Controllo del contenuto di glicole

Il dispositivo di verifica del glicole è un semplice strumento di misurazione.

Con il presupposto che la misurazione avvenga a temperatura ambiente il grado di protezione antigelo può essere letto sulla scala direttamente in °C. Questo metodo è relativamente economico, ma anche impreciso. Inoltre, rispetto al metodo di misurazione descritto qui di seguito consuma molto fluido termovettore.

Più precisa è la misurazione con un rifrattometro che rileva il contenuto di glicole attraverso l'indice di rifrazione e mostra la protezione antigelo riferita alla temperatura (in °C). Qui per una misurazione precisa sono sufficienti poche gocce.

Il fluido termovettore è disponibile in diverse versioni, i cui indici di rifrazione si differenziano leggermente. Per determinare in modo sicuro la protezione antigelo con il rifrattometro si devono prendere le informazioni corrispondenti nel relativo foglio dati tecnici del fluido termovettore.

L'effetto di protezione antigelo del fluido viene registrato sul verbale. Il dato viene inserito di regola in: "Protezione antigelo fino a – xx °C".

#### Avvertenza

Il manometro, il rifrattometro, le cartine di tornasole ecc. sono comprese nella dotazione della valigia di prova solare Viessmann per la messa in funzione, la manutenzione e la prova di funzionamento degli impianti solari termici.

Fig. E.1.4 –1 Cartine al tornasole



Con la colorazione le cartine al tornasole indicano il valore pH del liquido testato.

Fig. E.1.4 –2 Rifrattometro



La protezione antigelo può essere determinata precisamente con il rifrattometro attraverso l'indice di rifrazione.



### Formazione di condensa nei collettori solari piani

Il fenomeno dei vetri appannati del collettore si verifica di rado, ma il più delle volte viene valutato in modo errato. Di seguito vengono descritte e spiegate le circostanze.

La maggior parte dei collettori solari piani comunemente reperibili in commercio sono provvisti di aperture di aerazione per evitare che l'umidità dell'aria si insinui in modo permanente nel collettore. In normali condizioni di funzionamento avviene il cambio dell'aria per 50 volte al giorno.

In particolare nei primi giorni di funzionamento si può verificare una maggiore formazione di condensa sul lato interno della copertura in vetro finché non si regola il microclima all'interno del collettore.

### La traspirazione del collettore

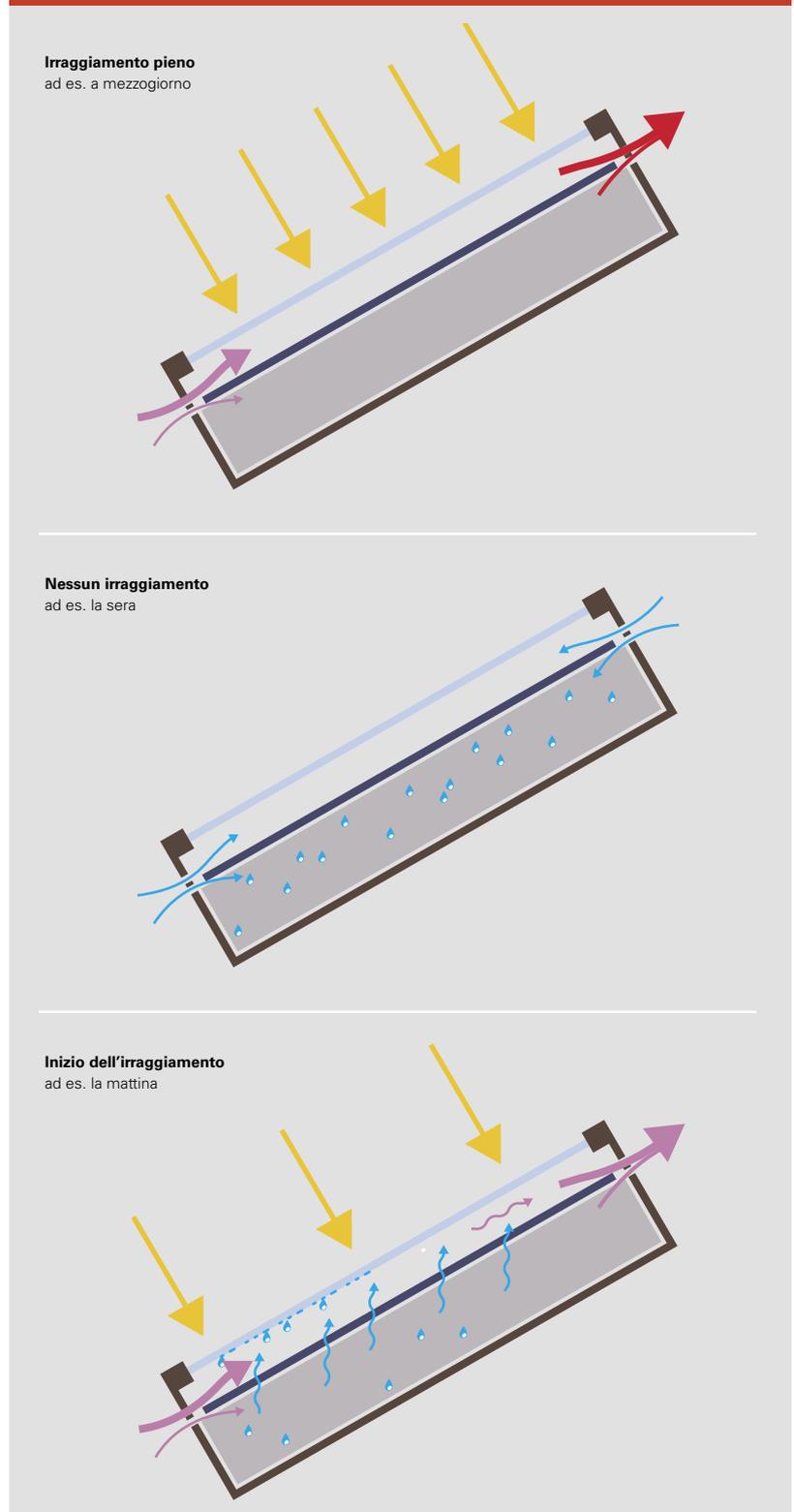
Con l'irraggiamento l'aria all'interno del collettore viene riscaldata e si espande. Contemporaneamente inizia il cambio dell'aria attraverso le aperture di aerazione.

Con la diminuzione del riscaldamento (la sera o con il cielo coperto) il cambio dell'aria termina e l'aria nel collettore si comprime nuovamente. In questo modo l'aria ambiente più fredda e più umida viene aspirata nel collettore. L'umidità di quest'aria si deposita principalmente nell'isolamento.

Con il nuovo irraggiamento evapora l'umidità nel collettore e si condensa sul lato interno della lastra di copertura in vetro. Questo processo è normalissimo e non danneggia il collettore. Dopo circa 30 minuti (a seconda delle condizioni climatiche esterne, quindi della quantità d'acqua del collettore) il collettore dovrebbe essere asciutto, cioè il vetro dovrebbe essere nuovamente libero. In questo modo l'irraggiamento solare può essere di nuovo trasformato completamente in produzione di calore.

A causa del frequente cambio dell'aria nel collettore può penetrare anche l'umidità. All'inizio dell'irraggiamento il collettore viene nuovamente liberato dall'umidità.

Fig. E.2-1 Traspirazione del collettore



## E.2 Formazione di condensa nei collettori solari piani

### **Cambio dell'aria ridotto o insufficiente**

Ciascun cambio dell'aria significa una dispersione termica minima del collettore. La misura delle aperture di aerazione è quindi un compromesso tra la velocità di asciugatura e la resa del collettore

In determinate condizioni il cambio dell'aria può essere più difficile, con la conseguenza che il collettore la mattina resta appannato a lungo:

- un'installazione di montaggio piana rende più difficile la convezione nel collettore, quindi la fuoriuscita dell'umidità attraverso le aperture.
- una bassa temperatura di esercizio, ad esempio per il riscaldamento piscina, riduce la convezione nel collettore.
- un clima molto umido, nelle vicinanze di corsi d'acqua o in zone molto nebbiose, può aumentare l'umidità.
- sporczia sul collettore (fogliame) impedisce la circolazione attraverso le aperture.
- un immagazzinamento non corretto prima del montaggio può far sì che il collettore contenga molta umidità già al momento del montaggio, per cui non può più raggiungere un funzionamento a regime normale.

Queste circostanze potrebbero causare un aumento della formazione di condensa. Se ciò dovesse verificarsi, si consiglia di disattivare la pompa di circolazione dell'impianto solare per alcuni giorni. Spesso il problema si risolve dopo questa asciugatura mirata.

Una ventilazione corretta del collettore può essere garantita solo se è stato montato con gli elementi di fissaggio Viessmann. Le aperture di aerazione si trovano nel telaio del collettore, protette dalla pioggia. Esso deve essere quindi sempre montato a una distanza di almeno 8 mm dalla superficie di montaggio.

#### **Avvertenza**

I collettori solari a tubi sottovuoto sono ermetici e non possono formare condensa. Se all'interno dei tubi si formano gocce d'acqua significa che il tubo è difettoso e deve essere sostituito.





## Appendice

Oltre alle informazioni tecniche rilevanti per la progettazione nell'appendice vengono fornite indicazioni su temi importanti relativi al solare termico.

Gli aspetti qui rilevati si basano su esperienze pluriennali nel campo della progettazione, del montaggio e dell'esercizio di impianti solari termici di grandi dimensioni, di conseguenza sono di grande utilità, in particolare per i neofiti.

Nell'indice analitico vengono nuovamente elencati tutti i termini essenziali che rendono questo libro un'utile opera di consultazione per l'esercizio quotidiano della professione.

**174** Indicazioni sulla redditività

**178** Indicazioni per gli impianti di grandi dimensioni

**180** Indice analitico

## Indicazioni sulla redditività

La risposta competente a tutte le domande relative al risparmio energetico che sorgono nell'ambito della progettazione di un impianto solare, è spesso importante per la realizzazione dell'impianto al pari degli aspetti tecnici.

### **Impianti di piccole dimensioni (casa unifamiliare)**

Nell'80% dei casi, l'occasione di installazione di un impianto solare nella casa monofamiliare nasce dalla ristrutturazione dell'impianto di riscaldamento. Tra gli utenti privati la questione della redditività dell'impianto solare si pone quindi in relazione ai costi di ristrutturazione complessivi.

Nel corso del primo incontro di consulenza di norma non viene posta la domanda sui costi di un impianto solare. Alla fine degli incontri, il 90% della popolazione ha una predisposizione positiva nei confronti dell'energia solare. Se sono già stati realizzati alcuni impianti, sarà sufficiente uno sguardo al tetto per stimare approssimativamente i costi di un impianto solare. Se la reazione a questa stima di costo è positiva, si consiglia di progettare l'impianto e integrarlo nell'offerta di ristrutturazione.

Per facilitare la progettazione e il calcolo, Viessmann ha predisposto pacchetti completi per le più comuni tipologie d'impianto e collettori.

In concomitanza con il rinnovo completo dell'impianto, per la redazione dell'offerta è utile separare accuratamente i costi dell'impianto solare dai "costi comunque generati", ovvero rappresentare separatamente i costi effettivi aggiuntivi specifici per l'impianto solare. Questo elenco separato dei costi di rinnovo semplifica la decisione per l'acquisto di un impianto solare.

I "costi comunque generati" riguardano lavori e componenti che sarebbero necessari anche senza un impianto solare.

Eppure spesso compaiono nell'offerta dell'impianto solare. Essi riguardano essenzialmente tre settori:

- attacchi acqua fredda e calda sul bollitore per acqua calda sanitaria
- attacchi e regolazione dell'integrazione riscaldamento sul bollitore per acqua calda sanitaria
- costi per un bollitore per acqua calda sanitaria monovalente convenzionale.

I costi specifici per l'impianto solare riguardano solo i costi supplementari per il bollitore solare bivalente e questo deve essere espresso chiaramente.

Per il calcolo degli impianti solari negli edifici di nuova costruzione si deve partire da costi simili a quelli della ristrutturazione. Negli edifici di nuova costruzione il semplice montaggio dell'impianto solare può essere meno dispendioso, ma richiede un maggiore coordinamento e frequenti visite al cantiere.

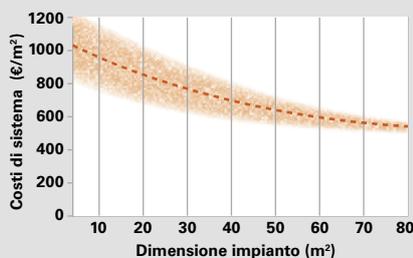
### **Impianti di grandi dimensioni (case plurifamiliari, usi industriali)**

Negli impianti di grandi dimensioni già nella fase di progettazione preliminare e di ideazione vengono preventivati dei prezzi stimati realistici per poter decidere se l'impianto debba essere progettato in modo dettagliato. Per esperienza qui devono essere espressi già subito i dati relativi al volume complessivo delle misure da adottare che consentono il rilevamento dei costi del calore solare.

Con l'aumento delle dimensioni dell'impianto diminuiscono quindi sia i costi specifici, sia i costi generali. In base alle suddette valutazioni, si possono rappresentare anche le quote rispetto ai costi complessivi dei singoli componenti e moduli. Qui si deve però prestare attenzione al fatto che la parte dei costi per il "montaggio campo collettori e sottostruttura" e per le "tubazioni" sono valori medi statistici che nei singoli casi possono essere molto diversi.

### Costi di sistema

Stima dei costi in base alla dimensione dell'impianto per installazioni con collettori solari piani, inclusi i costi per il collegamento idraulico dell'accumulo l'integrazione del riscaldamento e l'IVA.



### Calcolo dei costi del calore solare

La base dell'osservazione economica dell'impianto è costituita dal prezzo di ogni chilowattora di calore solare. I costi del calore solare si possono calcolare in modo relativa-

### Ripartizione dei costi in base ai componenti

30 %	<b>collettori</b>
15 %	<b>accumulo e scambiatore di calore</b>
15 %*	<b>montaggio campo collettori e sotto-struttura</b>
20 %*	<b>tubazioni</b>
10 %	<b>progettazione</b>
5 %	<b>regolazione</b>
5 %	<b>altro</b>

\* In casi sfavorevoli queste due posizioni insieme possono raggiungere anche il 50%.

mente semplice. La base è costituita dai costi di investimento, dai costi annui, dalla perdita degli interessi per il capitale impiegato e dalla presunta resa del calore utile.

I fattori che rientrano nel calcolo si possono confrontare con i costi di altri generatori di calore e vengono definiti come segue.

### Costi collegati al capitale

Si tratta dei costi per l'impianto solare e di tutte le spese necessarie per l'installazione dell'impianto. Questi includono, ad esempio, i costi per una gru, ma non i costi per un risanamento del tetto, se questo deve essere effettuato nello stesso periodo dell'installazione dell'impianto solare.

Dalla somma degli investimenti vengono detratti tutti gli incentivi e i costi eventualmente risparmiati per i componenti ("costi comunque generati"). Se l'impianto solare viene installato, nell'ambito di un rinnovo dell'impianto di riscaldamento e si utilizza un bollitore bivalente, dai costi dell'impianto si può dedurre il prezzo del bollitore monovalente non più necessario (accredito bollitore)

### Costi collegati all'esercizio

Queste spese di mantenimento sono i costi annui per ispezione, manutenzione ed eventuali riparazioni necessarie. In impianti grandi (> 30 m<sup>2</sup>) si considera economicamente conveniente assumere un valore pari all'1,5% dei costi effettivi dell'impianto.

### Costi relativi al consumo

Qui rientrano esclusivamente i costi dell'energia per la regolazione e le pompe. Se si utilizzano pompe dimensionate correttamente si può partire dal presupposto che venga raggiunto un coefficiente di lavoro di almeno 50, ovvero che con 1/kWh di energia di azionamento si possano produrre 50 kWh di calore solare. Il seguente calcolo comprende i costi collegati al consumo come un cinquantesimo del prezzo di acquisto dell'energia per kWh.

### Fattore di annualità

Il fattore di annualità serve a convertire i costi relativi al capitale per l'intero impianto, in considerazione della durata d'uso e dei presunti interessi del capitale sui costi calcolati per ciascun anno. In tal modo è possibile stabilire i costi di investimento in rapporto alla resa annua. Per il calcolo del fattore di annualità si può considerare una durata dell'impianto di 20 anni.

$$I_a = \frac{(1+p)^T \cdot p}{(1+p)^T - 1}$$

$f_a$  fattore di annualità

$p$  tasso di interesse capitale come valore decimale

$T$  durata dell'impianto in anni

Fonte: VDI 6002 Parte 1

## Fattore di annualità

Fattore di annualità in funzione del tasso d'interesse per una durata di 20 anni

Tasso	Fattore di annualità
3 %	0,067
4 %	0,074
5 %	0,080
6 %	0,087
7 %	0,094
8 %	0,102
9 %	0,110
10 %	0,117

## Prezzo del calore solare

Oltre ai suddetti quattro fattori nel calcolo del prezzo del calore solare rientra anche la presunta resa di calore solare utile dell'impianto all'anno.

$$k_{sol} = \frac{K_{inv} \cdot f_a + k_{funz}}{Q_{sol}} + k_{cons}$$

$k_{sol}$  prezzo del calore solare in €/kWh

$K_{inv}$  costi relativi al capitale in €

$k_{funz}$  costi di funzionamento in €/a

$k_{cons}$  costi relativi al consumo in €/kWh

$f_a$  fattore di annualità

$Q_{sol}$  resa calore solare utile in kWh/a

Fonte: VDI 6002 Parte1

Il prezzo del calore solare  $k_{sol}$  è il prezzo di un chilowattora di calore in euro e vale per l'intera durata dell'impianto.

## Esempio di calcolo 1

Dimensione impianto: superficie del collettore 170 m<sup>2</sup>. Con costi dell'impianto di 100 000 € meno 20 000 € di incentivi i costi di investimento sono pari a 80 000 €. La resa del calore utile è pari a 81 600 kWh/a (480 kWh/m<sup>2</sup> · a). Per la manutenzione e l'installazione si considera l'1,5% dei costi dell'impianto e il prezzo dell'energia elettrica è pari a 0,2 €/kWh. Il capitale dovrebbe fruttare un interesse del 5%.

$K_{inv}$	80 000 €
$k_{funz}$	1 500 €
$k_{cons}$	0,004 €/kWh
$f_a$	0,08
$Q_{sol}$	81 600 kWh

$$k_{sol} = \frac{80000 \text{ €} \cdot 0,08 + 1500 \text{ €}}{81600 \text{ kWh}} + 0,004 \text{ €/kWh}$$

Il chilowattora solare costa 10,1 centesimi.

## Esempio di calcolo 2

Dimensione impianto: superficie del collettore 50 m<sup>2</sup>. Con costi dell'impianto di 35.000 € meno 7.000 € di incentivi, i costi di investimento sono pari a 28.000 €. La resa del calore utile è pari a 20.000 kWh/a (400 kWh/m<sup>2</sup> · a). Per la manutenzione e l'installazione si considera l'1,5% dei costi dell'impianto, il prezzo dell'energia elettrica è pari a 0,2 €/kWh. Il capitale dovrebbe fruttare un interesse del 5%.

$K_{inv}$	= 28 000 €
$k_{funz}$	= 525 €
$k_{cons}$	= 0,004 €/kWh
$f_a$	= 0,08
$Q_{sol}$	= 20 000 kWh

$$k_{sol} = \frac{28000 \text{ €} \cdot 0,08 + 525 \text{ €}}{20000 \text{ kWh}} + 0,004 \text{ €/kWh}$$

Il chilowattora solare costa 14,2 centesimi.

## Esempio di calcolo 3

Dimensione impianto: superficie del collettore 5 m<sup>2</sup>. Con costi dell'impianto di 4.000 € meno 500 € di incentivi, i costi di investimento sono pari a 3.500 €. La resa del calore utile è pari a 1.750 kWh/a (350 kWh/m<sup>2</sup> · a). Per la manutenzione e l'installazione si considera l'1,5% dei costi dell'impianto, il prezzo dell'energia elettrica è pari a 0,2 €/kWh. Il capitale dovrebbe fruttare un interesse del 5%.

$K_{inv}$	3 500 €
$k_{funz}$	60 €
$k_{cons}$	0,004 €/kWh
$f_a$	0,08
$Q_{sol}$	1 750 kWh

$$k_{sol} = \frac{3500 \text{ €} \cdot 0,08 + 60 \text{ €}}{1750 \text{ kWh}} + 0,004 \text{ €/kWh}$$

Il chilowattora solare costa 19,8 centesimi.

Il prezzo per chilowattora dipende fortemente dall'interesse sul capitale ipotizzato. Nell'esempio 1 può variare tra 7,1 centesimi (senza interesse sul capitale ovvero  $f_a = 0,050$ ) e 13,7 centesimi (interesse sul capitale del 10%), senza che sia variato qualcosa nelle condizioni al contorno.

Come per tutti gli altri beni di investimento di lunga durata, l'interesse del capitale desiderato o atteso ha un influsso fondamentale sull'ammortamento.

## Ammortamento

Se il prezzo del calore solare è noto la valutazione dell'ammortamento di un impianto solare dipende essenzialmente dall'andamento dei costi del combustibile risparmiato.

L'irraggiamento solare utilizzato non genera costi, quindi gli aumenti di prezzo dell'energia elettrica per l'azionamento e i costi di manodopera per la manutenzione hanno effetti molto ridotti in questa valutazione. Il prezzo del calore solare diventa quasi costante nell'osservazione dell'ammortamento, che altrimenti viene calcolato proprio come ogni altro calcolo di redditività.

Per il calcolo dei costi dell'energia convenzionale è importante considerare rendimenti stagionali realistici per la produzione di acqua calda sanitaria d'estate.

I costi di esercizio legati alla produzione di calore convenzionale non dovrebbero essere considerati per il calcolo del risparmio. La combinazione con un impianto solare di regola ha influssi positivi sul comportamento d'esercizio dell'impianto di caldaia (diminuzione delle accensioni del bruciatore), ma l'incidenza di spesa per la manutenzione e le riparazioni viene ridotta di poco.

Finché il presunto aumento di energia è ipotizzabile in un quadro condivisibile, ha un influsso determinato sul tempo di ammortamento. L'aumento del prezzo dell'energia ha un influsso notevole sul risparmio solo dopo questo periodo di ammortamento. Tuttavia, con una durata dell'impianto maggiore di 20 anni è quasi impossibile calcolare con precisione questo risparmio fino all'anno 2030.

Poiché nessuno può prevedere gli aumenti dei prezzi dell'energia dei prossimi anni, per il calcolo del punto di ammortamento è preferibile che venga effettuato da chi decide di investire nell'impianto solare.

### Esempio

Prezzo del calore solare 0,101 €/kWh, prezzo per l'energia primaria nel primo anno 0,08 €/kWh, rendimento stagionale della produzione di calore convenzionale 70%



## Indicazioni per gli impianti di grandi dimensioni

Per gli impianti di grandi dimensioni valgono le stesse regole di ogni altra installazione nel settore della distribuzione di energia. Sono però da considerare alcuni aspetti specifici sul solare termico che vengono descritti qui di seguito.

### Schema dei tempi di costruzione

Un prospetto dei tempi di costruzione è parte integrante del contratto e dovrebbe essere già accennato nel capitolato per facilitare il calcolo ai fornitori.

In particolare nei progetti dei nuovi edifici, il montaggio del serbatoio d'accumulo riscaldamento è un lavoro che si deve effettuare molto presto, eventualmente anche prima della costruzione di pareti o del montaggio di porte. Il serbatoio d'accumulo riscaldamento è spesso il componente più grande nel locale caldaia e deve quindi essere installato per tempo sul posto.

Tra gli ultimi lavori da effettuare vi sono il montaggio dei collettori e la messa in funzione più rapida possibile dell'impianto.

### Utilizzo della gru

La maggior parte dei montaggi dei collettori in grandi progetti richiedono un intervento della gru. Già in fase di gara d'appalto si deve stabilire chi è il responsabile dell'installazione in cantiere ovvero se la gru del cantiere è ancora disponibile al momento del montaggio del collettore. Il contratto di costruzione dovrebbe contenere le clausole relative a questo aspetto.

È sempre consigliabile ordinare una gru solo per il montaggio dei collettori per evitare che gli stessi vengano installati troppo presto e quindi vengano caricati termicamente per settimane.

### Progettazione del cavedio

Nel progetto del cavedio deve essere tenuto in considerazione se la tubazione del circuito solare si deve posare all'interno dell'edificio. Oltre alla dilatazione lineare bisogna considerare che per le tubazioni del circuito solare devono essere rispettati gli stessi spessori di isolamento e le stesse distanze dalle tubazioni dell'acqua fredda come per le tubazioni del circuito di riscaldamento.

### Interfacce di installazione elettrica / acqua sanitaria/ riscaldamento

Se l'installazione per acqua sanitaria e l'installazione dell'impianto solare sono separate e vengono anche assegnate separatamente, l'interfaccia deve essere descritta con precisione nel capitolato. Se la ditta che si occupa dell'installazione idraulica realizza gli attacchi dell'acqua calda e fredda sul bollitore o sui bollitori, questo deve essere regolamentato dettagliatamente nel capitolato, in considerazione delle questioni di garanzia. Se ad esempio il manicotto gocciola sull'attacco acqua calda del bollitore solare nel capitolato deve già essere evidenziato chi è il responsabile in un caso di questo tipo.

Lo stesso vale nel caso in cui l'installazione di generatori per l'integrazione del riscaldamento degli accumuli non debba essere effettuata dalla ditta che ha installato l'impianto solare. In questo caso devono essere chiarite anche le domande sulla regolazione.

### Specifiche dell'isolamento

Se i lavori di isolamento vengono appaltati separatamente l'isolamento della tubazione del circuito solare deve soddisfare i requisiti specifici (temperatura, radiazione ultravioletta, morsi dei roditori).

### **Regolazione centrale e centrali di controllo a distanza (tipo PLC)**

Di norma il comando dell'impianto solare mediante una regolazione centrale è uno dei punti più critici per la coordinazione necessaria di diversi dispositivi. Per la distribuzione dei compiti nei relativi capitolati si dovrebbe sempre considerare che il costruttore dell'impianto non è esperto in PLC e colui che effettua le impostazioni della regolazione non si intende assolutamente di impianti solari termici.

Per tutte le regolazioni programmabili più comuni sono disponibili due moduli per gli impianti solari che devono essere comunque adeguati individualmente. Deve quindi essere concordato in modo chiaro:

- chi stabilisce e descrive le funzioni principali dell'impianto solare;
- chi documenta queste funzioni e cura la documentazione
- chi redige l'elenco delle impostazioni dei parametri (valori di inserimento e disinserimento, numero di giri delle pompe ecc.) e si occupa di tutte le procedure dopo l'avviamento;
- che durante la messa in funzione sia presente un tecnico della regolazione;
- che l'installatore dell'impianto solare stabilisca il tipo e l'entità delle segnalazioni di guasto e documenti il tutto;
- che l'installatore dell'impianto solare venga informato immediatamente in caso di segnalazioni di guasto o che queste segnalazioni vengano inoltrate direttamente a lui.

Inoltre si deve garantire che durante l'avviamento e l'ottimizzazione della regolazione centrale l'impianto solare non venga spento "inavvertitamente". Non è inusuale che per lavori di questo genere sul PLC l'intero impianto venga spento proprio d'estate. Di rado si pensa che sono sufficienti pochi minuti per generare vapore nell'impianto dei collettori. In tal caso il costruttore dell'impianto deve essere sul posto e prendere eventuali provvedimenti. Si deve anche stabilire la retribuzione per tali interventi. Un progettista responsabile garantisce che le ditte interessate discutano e chiariscano questi punti tra di loro il più presto possibile.

Nonostante la presenza di una regolazione di tipo superiore, può essere sensato utilizzare

una centralina solare separata per gestire così le funzioni essenziali dell'impianto. In questo caso deve essere possibile trasferire le segnalazioni di guasto al sistema di comando e controllo superiore. Eventualmente possono essere integrate sonde temperatura supplementari o contacalorie se il loro valore deve essere visualizzato e documentato. Con una soluzione di questo tipo il PLC può non avere effetto sulle funzioni dell'impianto solare, cosa che di regola non è necessaria. La regolazione per impianti solari funziona dunque quasi come un dispositivo automatico di combustione.

### **Sicurezza sul lavoro**

Il fornitore dell'impianto solare deve poter prevedere sul capitolato quali dispositivi di sicurezza devono essere messi a disposizione in cantiere per il montaggio dei collettori (sbarramenti, impalcature) e quali dispositivi deve predisporre da solo; questa attrezzature devono essere conformi alle prescrizioni per la sicurezza sul lavoro.

Se sui tetti piani sono previsti punti di arresto per la protezione dalla caduta, nello schema dei tempi di costruzione deve essere garantito che tali punti di arresto siano impiegabili. I dispositivi di sicurezza mancanti o insufficienti ritardano l'inizio dei lavori sul tetto. Anche in questo caso al momento dell'assegnazione del contratto, deve essere chiaro chi si assume i relativi costi.

Se il luogo d'installazione è soggetto al regolamento sulla sicurezza e sulla tutela della salute nei cantieri, si deve garantire che l'addetto alla sicurezza e alla salute si informi sui procedimenti tipici del montaggio dei collettori.

Si è rivelato di grande utilità mettere a verbale la conversazione tra l'addetto alla sicurezza e il costruttore dell'impianto.

### **Coperture del collettore**

Se dovesse accadere qualcosa di imprevisto; nel capitolato si dovrebbe sempre trovare una posizione eventuale per la copertura dei collettori.

## Indice analitico

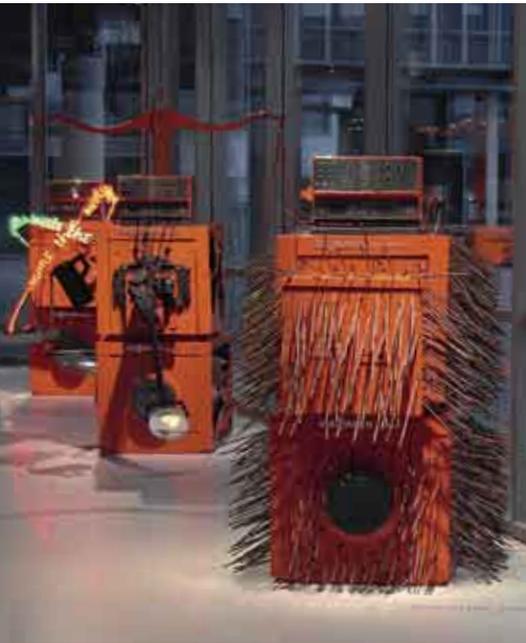
<b>A</b>		Caricamento accumulo	119
Accumulo	61	Carico ad accumulo stratificato	63
Accumulo combinato	62, 108	Carico dell'accumulo	63
Accumulo con scambiatore di calore interno	60	Carico derivato dall'azione del vento	51
Accumulo per carico esterno	62	Carico di neve	51
Air Mass	20	Cavitazione	159
Ammortamento	177	Certificati	42
Angolo azimutale	23	Circolazione indesiderata nell'accumulo	79
Angolo d'incidenza della radiazione solare	19	Circuito collettori	71
Annualità, fattore di annualità	175	Circuito di carico	111
Antigelo	31	Circuito di scarico	113
Assorbitore	38	Circuito primario	70
Assorbitore ad arpa	39	Circuito solare	79
Assorbitore cilindrico	40	Climatizzazione	130
Assorbitore a meandro	39	Coefficient of performance	130
Assorbitore cromato nero	39	Coefficienti di dispersione termica	25
Assorbitore in plastica per piscina	125	Collaudo dell'impianto, collaudo parziale	165
Assorbitore per piscina	125	Collegamento del ricircolo	116
Atmosfera	20	Collegamento in parallelo dei collettori	74
Aumento della temperatura di ritorno	119	Collegamento in serie dei collettori	74
<b>B</b>		Collettori	36
Bollitore bivalente	60	Collettori senza vetro	125
Bollitore con pompa di calore	134	Collettori solare a tubi sottovuoto	37
Bollitore monovalente	60	Collettori solari piani	37
Bollitore per acqua calda sanitaria	60	Colpi di vapore	86
<b>C</b>		Accumulo combinato	108
Calcolo del calore solare	153	Condensa	168
Calcolo della perdita di carico	72	Condizioni di pressione	159
Calcolo della pressione di precarica	160	Consumo medio giornaliero	105
Caldaie a biomassa	133	Contenuto d'energia degli accumuli	56
Calore di processo a bassa temperatura	125	Controllo del collettore	42
Campo collettori	98	Controllo del glicole	167
Capacità di produzione del vapore	87	Controllo della pressione di precarica	162

Controllo della resa	152	Guaina ad immersione (pozzetto)	102
Controllo della temperatura	151		
Controllo dell'impianto	150	<b>H</b>	
Controllo di funzionamento	151	Heatpipe	38
Controllo protezione antigelo	167	<b>I</b>	
COP	130	Idraulica del campo collettori	98
Coperture del collettore	179	Impianti a campo unico	99
Costante solare	18	Impianti a circolazione naturale	66
Costi	175	Impianti a due circuiti	67
Costi collegati al capitale	175	Impianti a un circuito	67
Costi collegati all'esercizio	175	Impianto a più campi di collettori	100
Costi del calore solare	175	Inclinazione della superficie di captazione	23
Costi relativi al consumo	175	Indicatore di portata	78
Curva caratteristica del collettore	26	Integrazione nel tetto	46
Curva caratteristica della pompa	77	Integrazione riscaldamento	117
<b>D</b>		Integrazione riscaldamento, regolazione	115
Dimensionamento d'accumulo		Integrazione riscaldamento solare	118
acqua di riscaldamento	113	Integrazione riscaldamento, soppressione	147
Differenza di temperatura	25	Intercettazione dello sfiato	82
Dilatazione lineare	80	Irraggiamento	20
Dimensionamento	104	Irraggiamento globale	20
Dimensionamento grandi impianti	112,178	Isolamento delle tubazioni	81
Dimensionamento superficie collettore	110	<b>L</b>	
Dimensionamento della pompa	76	Lavaggio dell'impianto	163
Dimensionamento dell'accumulo	110	Limitazione di temperatura massima	144
Dimensionamento delle tubazioni	72	Linea di raffreddamento	88
Disinfezione termica, idraulica	115	Lunghezza d'onda della radiazione	17
Dispersioni termiche	58	<b>M</b>	
Dispersioni termiche del bollitore	58	Macchina frigorifera ad assorbimento	131
Distanza dei collettori	48	Mantenimento della pressione	88
Distanze tra le file di collettori	48	Manutenzione	158
Distribuzione dello spettro	17	Marchio CE	42
Documentazione dell'impianto	161	Marchio di qualità	42
<b>E</b>		Marchio "Angelo Blu"	42
ESOP	136	Materiale dell'accumulo	59
<b>F</b>		Messa in funzione	158
Fattore di carico	109	Mezzo di accumulo	56
Fissaggi delle tubazioni	80	Mezzo di accumulo acqua di riscaldamento	61
Fissaggio a prova di corrosione	50	Mezzo di accumulo acqua sanitaria	60
Fissaggio del collettore	44	Miscelatore acqua sanitaria	116
Fluido termovettore	83	Misurazione della resa	152
Formazione del conduttore dell'impianto	165	Montaggio in facciata	49
Freno do gravità	79	Montaggio su tetto piano	47
Funzionamento high-flow	71	Montaggio su tetti piani (orizzontale)	48
Funzionamento low-flow	71	Montaggio su tetto inclinato	45
Funzionamento matched-flow	71	Montaggio sul tetto	46
Funzione di raffreddamento	148	<b>O</b>	
Funzione di sottoraffrescamento	148	Ombreggiamento	45
Funzioni di regolazione supplementari	145	Orientamento della superficie	23
Funzione intervallo	148	<b>P</b>	
Funzione termostatica	148	Portata di Vapore (PDV)	87
<b>G</b>		Perdita di carico	72
Glicole come antigelo	31	Perdita di carico del circuito solare	72
Glicole nel fluido termovettore	83	Perdite di carico nella tubazione	75

## Appendice – Indice analitico

Piscina	125	Scambiatori di calore interni	68
Piscina all'aperto	125	Scambiatore di calore per piscina	129
Pompa del circuito solare	76	Scambiatori di calore esterni	69
Pompa di calore	134	Scelta dell'impianto	97
Pompa, sonda, collegamento bypass	146	Separatore d'aria	82
Pompe ad alto rendimento	76	Serbatoio addizionale	91
Portata volumetrica nel circuito collettori	71	Serbatoio d'accumulo riscaldamento	61
Potenza del collettore	27	Serbatoio di raccolta	94
Potenza di dissipazione	91	Sfiato	82
Potenza della pompa	71	Sicurezza intrinseca	85
Potenza irradiata dal sole	17	Sicurezza sul lavoro	179
Potenza installata	27	Simulazione di funzionamento	136
Potenza di progetto	27	Sistema drain back	32
Pozzetto	102	Solar Keymark	42
Preriscaldatore	106	Solar-Divicon	77
Prescrizioni per gli impianti		Sonda d'irraggiamento	146
di grandi dimensioni	178	Sonda temperatura	144
Pressione d'esercizio	159	Sottocampi	100
Pressione di riempimento	158	Stagnazione	148
Pressione nell'impianto solare	159	Stratificazione della temperatura	57
Pressione statica	159	Superficie di apertura	41
Prima verifica di funzionamento	165	Superficie di assorbimento	41
Principio della circolazione naturale	66	Superficie di captazione	23
Priorità per riscaldamento accumulo	145	Superficie lorda del collettore	41
Produzione d'acqua calda sanitaria	105	<b>T</b>	
Protezione antigelo	31	Temperatura di inattività	27
Protezione dalla corrosione	31	Temperatura di supporto	126
Protezione dalla corrosione nel bollitore	59	Termostato di sicurezza a riarmo manuale	144
Prova di pressione	163	Trattamento antilegionella	115
<b>Q</b>		Tubazioni	79
Qualità	42	Tubi flessibili assorbenti	125
Quota di copertura solare	29	<b>U</b>	
<b>R</b>		Usi industriali	124
Redditività	174	<b>V</b>	
Regolazione del differenziale	143	Valutazione della resa	154
Regolazione del numero di giri	76	Valvola a due vie	79
Regolazione di temperatura	143	Valvola automatica di sfiato	83
Regolazione solare	141	Valvola di ritegno	79
Rendimento del collettore	25	Valvola di sicurezza	94
Rendimento ottico	26	Valvole di equilibratura	100
Rendimento stagionale	118	Vaso di espansione	88
Resa e orientamento del collettore	103	Vaso di espansione	88
Resa del collettore	28	Velocità di flusso	72
Resa massima	27	Volume d'espansione	92
Resistenza alla pioggia	46	Volume del vapore	91
Riempimento dell'impianto	163		
Riscaldamento	58, 61		
Riscaldamento serbatoio d'accumulo	108		
Rivestimento selettivo	38		
<b>S</b>			
Scambiatore di calore	68		
Scambiatore di calore a piastre	69		
Scambiatore di calore a serpentina	128		
Scambiatori di calore esterni	69		





## L'azienda Viessmann

**Fornire calore in maniera economica ed ecologica, garantire il massimo comfort e renderlo disponibile a seconda delle esigenze: è questo l'obiettivo a cui l'azienda Viessmann si dedica già da tre generazioni.**

Viessmann ha introdotto una serie straordinaria di innovazioni e soluzioni che sono diventate autentiche pietre miliari nella storia della tecnica del riscaldamento e continua tuttora a fornire impulsi decisivi allo sviluppo del settore.

L'azienda è fortemente orientata all'internazionalità, come dimostrano i 16 stabilimenti produttivi in Germania, Francia, Canada, Polonia, Ungheria e Cina, la rete di distribuzione sviluppata in Germania e in altri 35 Paesi e i 120 punti vendita in tutto il mondo.

### **Il Gruppo Viessmann**

Viessmann, azienda guidata in terza generazione dal Dott. Martin Viessmann, che ha conosciuto uno straordinario sviluppo nel corso degli anni.

Recentemente l'azienda ha rilevato alcuni importanti marchi del settore: KÖB e Mawera, specialiste nella combustione a legna, KWT, produttore di pompe di calore, ESS, produttore di gruppi di cogenerazione e infine BioFerm, leader di mercato nel campo degli impianti a biogas.

### **Formazione**

Alla luce dei continui sviluppi nel mondo del riscaldamento la formazione e l'aggiornamento dei propri partner commerciali riveste un ruolo sempre crescente. Viessmann ha riconosciuto l'importanza di questo aspetto fin dagli inizi degli anni 60 ed è da sempre impegnata a offrire ai propri partner commerciali un programma di formazione completo e continuamente aggiornato.

Oggi Viessmann dispone di un moderno Centro Informativo nella sede centrale di Allendorf (Eder), dotato delle più moderne tecnologie di comunicazione. Oltre 70000 operatori del settore partecipano ogni anno ai seminari tecnici e di aggiornamento offerti da Viessmann in tutto il mondo.

### **Centrale termica innovativa**

Nell'ambito di un progetto volto alla tutela climatica, Viessmann ha costruito un'innovativa centrale termica, basata sulla riduzione dei consumi e il rispetto per l'ambiente. Il progetto ha coinvolto la produzione di energia e i processi produttivi degli stabilimenti di Allendorf (Eder). Questo investimento ha permesso un risparmio del 40% delle energie fossili e la riduzione di un terzo delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

### **Responsabilità**

Viessmann è consapevole della propria responsabilità sociale. I dipendenti Viessmann sono parte di un team che opera a livello globale, un team che si distingue per correttezza, affidabilità e responsabilità di ogni suo singolo componente.

Viessmann inoltre è fortemente impegnata nel promuovere la sostenibilità ambientale dei processi produttivi e l'impiego delle energie rinnovabili.

Da sempre l'azienda dimostra un forte impegno per l'arte, le attività culturali, componenti fondamentali della propria cultura imprenditoriale, che si esprime anche attraverso le sponsorizzazioni sportive degli sport invernali, che contribuiscono ad accrescere la notorietà del marchio e a promuovere l'immagine dell'azienda.



Solare termico e fotovoltaico



Caldaie a legna  
da 4 a 13000 kW



Pompe di calore  
da 1,5 a 1500 kW

Gruppi di cogenerazione  
da 18 a 400 kW<sub>el</sub>

Climatizzazione

Componenti di sistema



Programma completo Viessmann:  
la soluzione giusta per ogni esigenza



### Gasolio

Viessmann offre un'ampia gamma di prodotti a gasolio, che include caldaie a bassa temperatura e a condensazione da 13 a 20000 kW, in ghisa e acciaio, a basamento e murali.



### Gas

Il programma delle caldaie a gas Viessmann comprende generatori di calore a basamento e murali a bassa temperatura e a condensazione, disponibili da 4 a 20000 kW.



### Solare

Viessmann è un'azienda leader in Europa nella produzione di impianti solari termici. L'azienda offre collettori piani e a tubi sottovuoto altamente efficienti per la produzione di acqua calda e l'integrazione riscaldamento, accanto ai moduli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica.



### Biomassa

Viessmann offre soluzioni complete per il riscaldamento a legna e pellet delle abitazioni e per la produzione di energia elettrica e calore da biomassa per unità abitative, piccole industrie o aziende fornitrici di energia (campo di potenzialità: da 4 a 13000 kW).



### Calore naturale

La gamma di pompe di calore Viessmann include pompe di calore che sfruttano l'energia gratuita presente in natura, nel terreno, nelle acque di falda e nell'aria.

# Colophon

## **Manuale di progettazione "Solare termico"**

Editore  
Viessmann Werke, Allendorf (Eder)

Redazione & creazione solarcontact, Hannover

Realizzazione generale  
Centro grafico Cuno, Calbe (Saale)

© 2008 Viessmann Werke

Edizione italiana a cura di:  
Viessmann Srl  
Via Brennero 56  
37026 Balconi di Pescantina (VR)  
**[www.viessmann.it](http://www.viessmann.it)**  
**[info@viessmann.it](mailto:info@viessmann.it)**

### ***Indicazione delle fonti***

Se non indicato diversamente, tutte le figure e le foto sono state realizzate da Viessmann.

P. 14 Photocase.de/Andreas Mang  
P. 16 Fotolia.com/Sandra Cunningham  
A.1.1-1 target GmbH/ISFH (elaborata)  
A.1.1-3 target GmbH (elaborata)  
A.1.1-5 target GmbH (elaborata)  
A.1.2-1 target GmbH (elaborata)  
A.1.2-2 target GmbH (elaborata)  
A.1.2-3 target GmbH (elaborata)  
A.1.2-4 DWD (elaborata)  
A.1.2-5 DWD (elaborata)  
B.3.4-1 Tyforop Chemie GmbH  
C.2.6-1 Getty Images