Perchè Vaillant?

Perchè la nostra formazione è il tuo successo!

Perchè Vaillant guarda lontano.

Sommario

1 La tecnologia solare 1
1.1 Introduzione 1
1.2 La radiazione solare 2
1.3 I collettori solari 6
1.3.1 Il collettore solare piano vetrato 6
1.3.2 Il collettore solare a tubi sottovuoto a passaggio diretto 11
1.4 Il rendimento dei collettori 13
1.5 Superfici dei collettori 17
1.6 Temperatura di stagnazione 19

2 Dimensionamento di impianti solari per la produzione di acqua calda sanitaria 20
2.1 Considerazioni generali 20
2.2 Orientamento ed inclinazione del sistema (Kaus) 20
2.3 L'offerta di irraggiamento solare nella località di installazione (Q_E) 22
2.4 Copertura solare S_D 22
2.5 Tasso di sfruttamento del sistema S_N 24
2.6 Fabbisogno di acqua calda sanitaria (ACS) 27
2.6.1 Fabbisogno di acqua calda sanitaria per utenze unifamiliari esistenti 27
2.6.2 Fabbisogno di acqua calda sanitaria per utenze nuove 28
2.6.3 Calcolo del fabbisogno energetico di acqua calda sanitaria 29
2.6.4 Requisiti igienici per l'acqua calda sanitaria (normativa tedesca) 33
2.7 Dimensionamento della superficie dei collettori 34
2.7.1 Calcolo di dettaglio della superficie dei collettori 34
2.7.2 Regola di massima per sistemi uni o bifamiliari 35
2.7.3 Dimensioni del bollitore bivalente 37

3 Dimensionamento di impianti solari per la produzione di acqua calda sanitaria e l'integrazione del riscaldamento ambiente 43
3.1 Considerazioni generali 43
3.2 Superficie dei collettori. 45
3.3 Dimensioni del bollitore 46
3.4 Simulazione 46

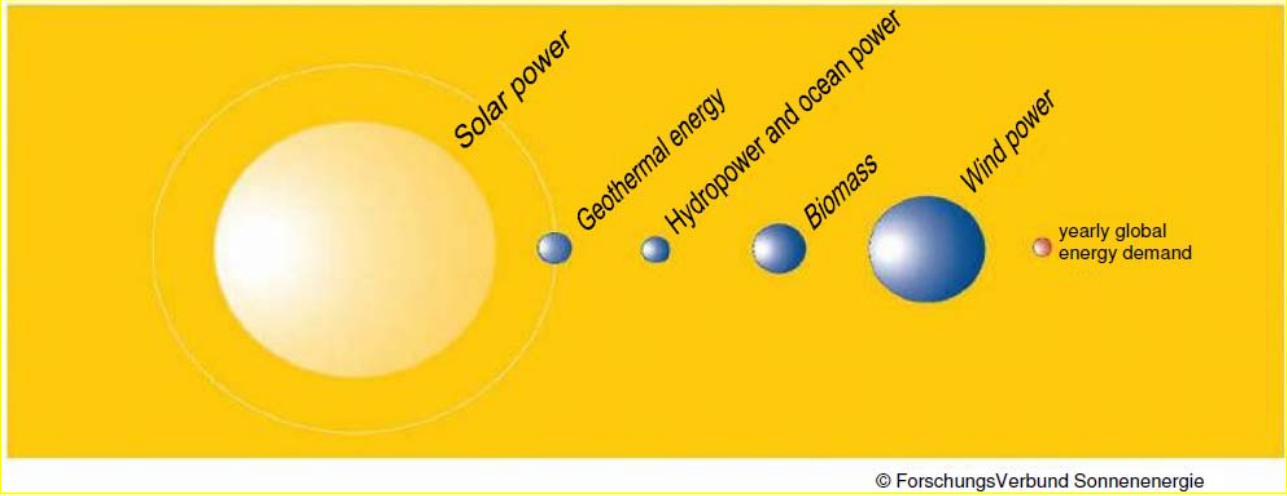
4 Progettazione con sistemi con piscina 48
4.1 Concetti per l'impianto 48
4.2 Schema d'impianto 48
4.3 Perdite termiche 48

4.4	Dimensionamento degli impianti solari per piscine	50
4.4.1	Dimensionamento di piscine all'aperto	51
4.4.2	Dimensionamento di piscine coperte	52
4.4.3	Dimensionamento di piscine con sistemi combinati	53
4.5	Scambiatori di calore per piscina	53
4.5.1	Controllo del circuito della piscina	54
5	**Il circuito solare**	**55**
5.1	Collettori piani	55
5.2	Collettori a tubi sottovuoto	60
5.3	Montaggio dei collettori	65
5.4	Portata volumetrica nel circuito dei collettori – High Flow e Low Flow	68
5.5	Calcolo della rete di tubazioni per il circuito dei collettori	69
5.6	Il vaso d'espansione solare	85
5.7	Il vaso di protezione solare	97
5.8	Scambiatore di calore a piastre	100
6	**I sistemi solari a svuotamento**	**104**
6.1	Introduzione	104
6.2	Temperatura di stagnazione	105
6.3	Differenza tra impianto solare pressurizzato e a svuotamento	106
6.4	Sistema auroSTEP plus / auroSTEP plus D / auroCOMPACT	107
6.4.1	Limiti d'impiego	109
6.4.2	Tabelle di dimensionamento	110
6.4.3	Collettori solari e loro collegamento	111
6.5	Sistema auroFLOW plus VPM D	112
6.5.1	Condizioni d'impiego	115
6.5.2	Tabelle di dimensionamento tubazioni	116
5.5.3	Collegamento idraulico dei collettori	123

1 La tecnologia solare

1.1 Introduzione

Il sole approvvigiona di energia la terra da 5 miliardi di anni e lo farà per altri 5 miliardi di anni.Ne consegue logicamente l'idea dell'utilizzo di questa energia.
Già 5 minuti di irraggiamento solare sulla superficie della terra corrispondono all'attuale consumo energetico mondiale di un anno. Paragonate a questa disponibilità potenziale le risorse disponibili dalle fonti energetiche fossili e atomiche sembrano scarse.



La domanda di energia primaria mondiale è di circa 107.000 TWh/a. Il sole da solo offre 20 volte questa quantità di energia. La Terra riceve 2.500.000 TWh di questa energia, ogni anno.
Nella media a lungo termine in Italia l'irraggiamento solare annuale su una superficie orizzontale varia in funzione della località tra 1200 kWh e 1700 kWh al m^2.

Come regola empirica si calcola generalmente che l'irraggiamento solare di 1000 kWh al m^2/anno, corrisponda al contenuto energetico di 100 litri di petrolio.

Sfruttare quindi l'irraggiamento solare è una pratica che può risultare vantaggiosa, sia dal punto di vista ambientale che economico.

Notes

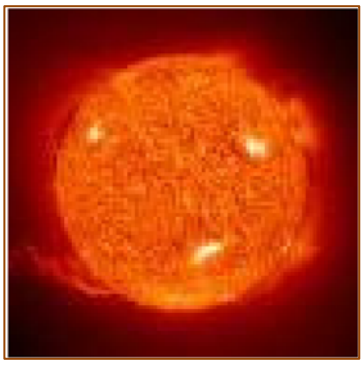
La tecnologia del solare termico consente di trasformare direttamente l'energia associata alla radiazione solare in energia termica, sfruttando i principi della trasmissione del calore. Essa ha raggiunto maturità ed affidabilità tali da farla rientrare tra i metodi più razionali e puliti per riscaldare l'acqua o l'aria negli impieghi domestici e produttivi, nonché per ottenere energia frigorifera.

La radiazione solare che giunge al suolo è catturata tramite i collettori solari e viene convertita in energia termica di un fluido a temperatura più alta di quella ambiente, e quindi utilizzabile direttamente per le esigenze termiche dell'uomo.

Come detto, l'energia solare è enorme, tuttavia ha l'inconveniente di essere intermittente (fase giorno/notte, cielo coperto/cielo limpido), sensibilmente variabile da luogo a luogo, nei vari periodi dell'anno e nel corso della giornata, nonché di giungere alquanto diluita sulla superficie terrestre. Ciò rende necessario l'utilizzo di un accumulatore termico.

1.2 La radiazione solare

Il sole è una stella che è stata una fonte di energia per la vita sulla Terra per cinque miliardi di anni. Si stima che essa ha circa altri 5 miliardi di anni di vita.



La temperatura della superficie è di ca. 5800°C ~ 5500°C.
La potenza del sole è pari a 63 MW/m².
La sua superficie irradia una potenza di 3,8 x 10^{20} MW.

L'energia irradiata dal sole deriva da reazioni di tipo termonucleari, che convertono continuamente massa in energia.

Costante solare

Si definisce Costante Solare, la radiazione diretta incidente sull'unità di superficie solare perpendicolare ai raggi solari e nell'unità di tempo, al limite esterno dell'atmosfera terrestre. Il suo valore più recente tra quelli rilevati per mezzo di satelliti artificiali, risulta essere pari a **1.367 W/m²**.
Durante il cielo limpido, nei mesi estivi, una radiazione di circa **1000 W/m²** entra nell'atmosfera terrestre e raggiunge il suolo; le perdite si verificano a causa di rifrazione, dispersione e riflessione.

Notes

Per arrivare sulla superficie terrestre, infatti, la radiazione solare deve attraversare la massa atmosferica che circonda la Terra, il cui spessore è di circa 8 km; ne consegue che una parte della radiazione stessa viene assorbita, trasmessa e riflessa dagli elementi che costituiscono l'atmosfera. L'entità di tale perdita dipende dalla quantità di molecole e di particelle incontrate da ogni raggio; in particolare i fenomeni che intervengono sono:

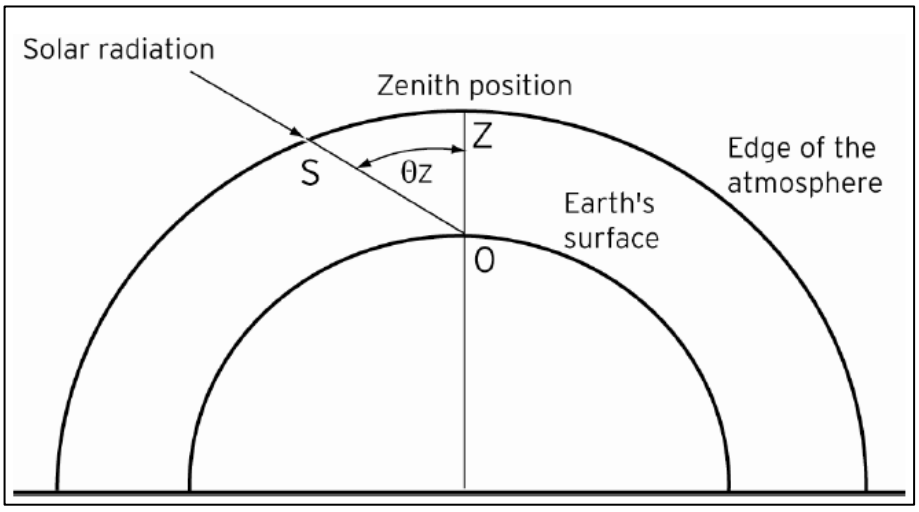
- la diffusione molecolare, determinata dalla presenza di molecole gassose e variabile in funzione della lunghezza d'onda dello spettro;
- la riflessione determinata dagli strati più esterni dell'atmosfera, che provoca il rinvio nello spazio di una parte della radiazione;
- l'assorbimento causato dalle molecole di gas, che tendono ad assorbire alcune lunghezze d'onda dello spettro;
- la diffusione provocata dalle particelle solide in sospensione nell'atmosfera, e che agiscono su tutte le lunghezze d'onda dello spettro.

Un fattore importante che descrive questo contesto è l'indice di **Massa d'Aria (Air-Mass Index)**, che descrive la lunghezza del percorso della luce solare attraverso l'atmosfera fino a raggiungere la Terra:

$$m = \frac{\overline{O}_S}{\overline{O}_Z}$$

$$O_S \cong \frac{\overline{O}_Z}{\cos\theta_Z} \cong \frac{1}{\cos\theta_Z}$$

$$O_Z = 1$$

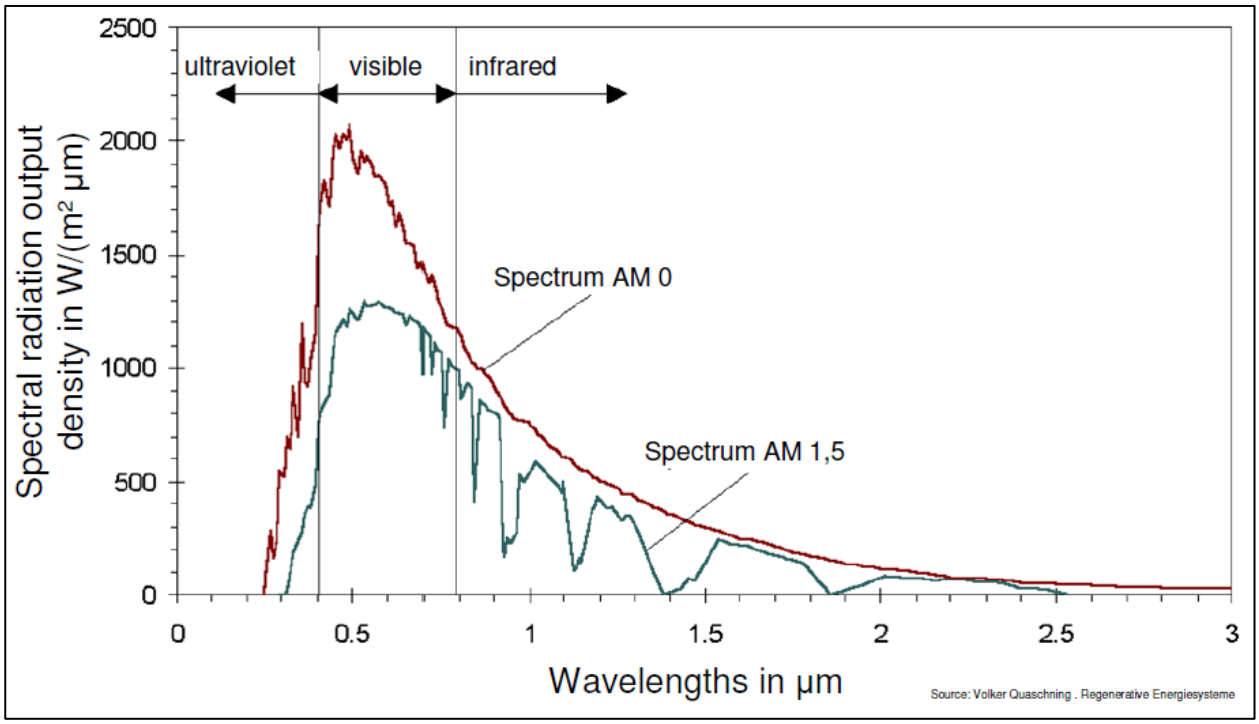


AM0: fuori dall'atmosfera della Terra, m = 0
AM1: radiazione verticale (sole allo zenith) $\theta_Z = 0$, m = 1
AM2: radiazione inclinata, $\theta_Z = 60°$, m = 2

Al percorso più breve attraverso l'atmosfera, cioè la radiazione solare verticale, è assegnato il valore AM 1. Durante l'inverno il sole passa estremamente basso sull'oriz-

Notes

zonte e ciò significa che la radiazione solare deve percorrere una distanza maggiore attraverso l'atmosfera (AM 4 ... 5), ottenendo in tal modo meno energia che raggiunge la superficie terrestre.
Per AM 1.5 il livello globale di potenza irradiata è di 1000 W/m². AM 1.5 è stato quindi introdotto come valore di default per la misurazione di moduli solari.
Il grafico che segue mostra l'energia delle singole lunghezze d'onda che riceviamo dal sole. Il sole ci fornisce la maggior parte della sua radiazione nella gamma della luce visibile (0,38-0,78 micron di lunghezza d'onda, da blu a luce rossa): circa. il 47% dell'energia totale radiazione solare.



L’intensità e la distribuzione spettrale della radiazione solare che arriva sulla superficie terrestre, dipendono dalla composizione dell’atmosfera: al suolo l’energia solare è concentrata nell’intervallo di lunghezza d’onda 0,2 – 2,5 micron.

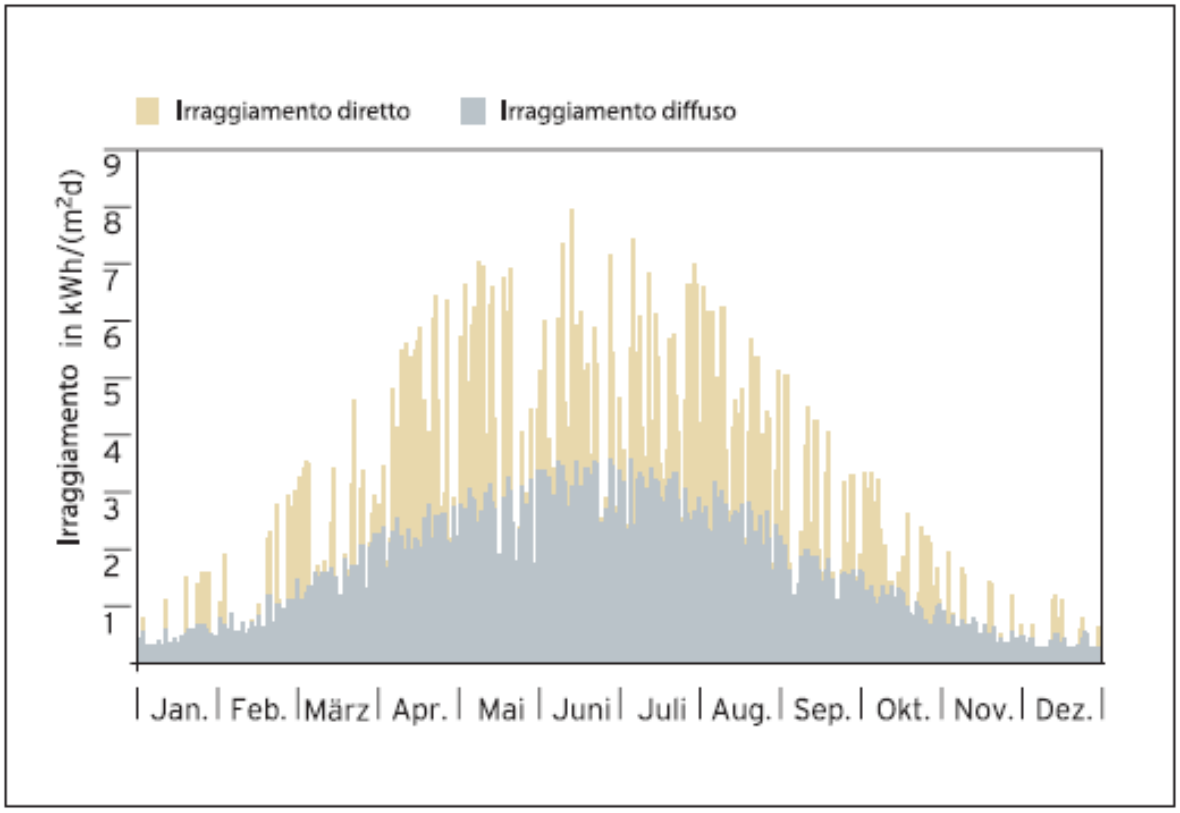
Notes

La potenza di irraggiamento al suolo

Quanta potenza può fornire il sole?

La potenza di irraggiamento che interessa una superficie a livello del suolo è chiamata irraggiamento globale, suddiviso in “diretto” e “diffuso”.

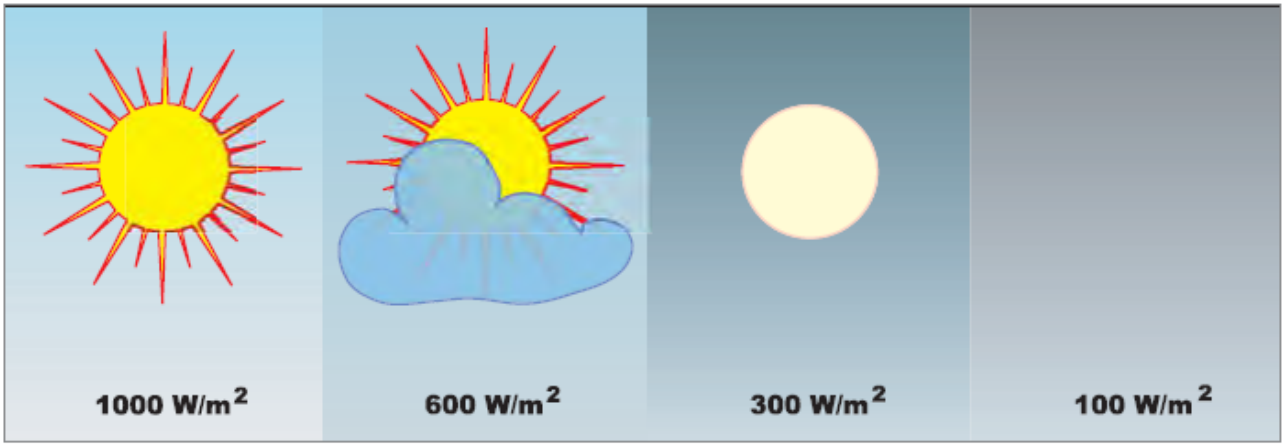
La quantità e la percentuale di irraggiamento diretto e diffuso dipende fortemente dalla stagione e dalle condizioni atmosferiche locali.



Andamento stagionale dell’irraggiamento globale, suddiviso in irraggiamento diretto e diffuso

L’irraggiamento diffuso nasce dalla dispersione, dalla riflessione e dalla rifrazione dell'irraggiamento su nuvole e sul pulviscolo atmosferico. Anche l’irraggiamento diffuso è utilizzabile nella tecnica dello sfruttamento energetico dell'irradiazione solare. In una giornata di cielo coperto, con una percentuale di irraggiamento diffuso di oltre l’80%, si possono misurare ancora 300 W/m^2 di irraggiamento solare.

Notes



Sono utilizzabili sia l'irraggiamento diretto che l'irraggiamento diffuso!

Calcolo della potenza solare:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$m = \frac{Q}{c \times \Delta T}$$

$$= \frac{2000W}{1.163\,Wh/kgK \times 35\,K} = 49l/h$$

In una giornata di sole un collettore può riscaldare circa. 50 l/h a 45°C.

1.3 I collettori solari

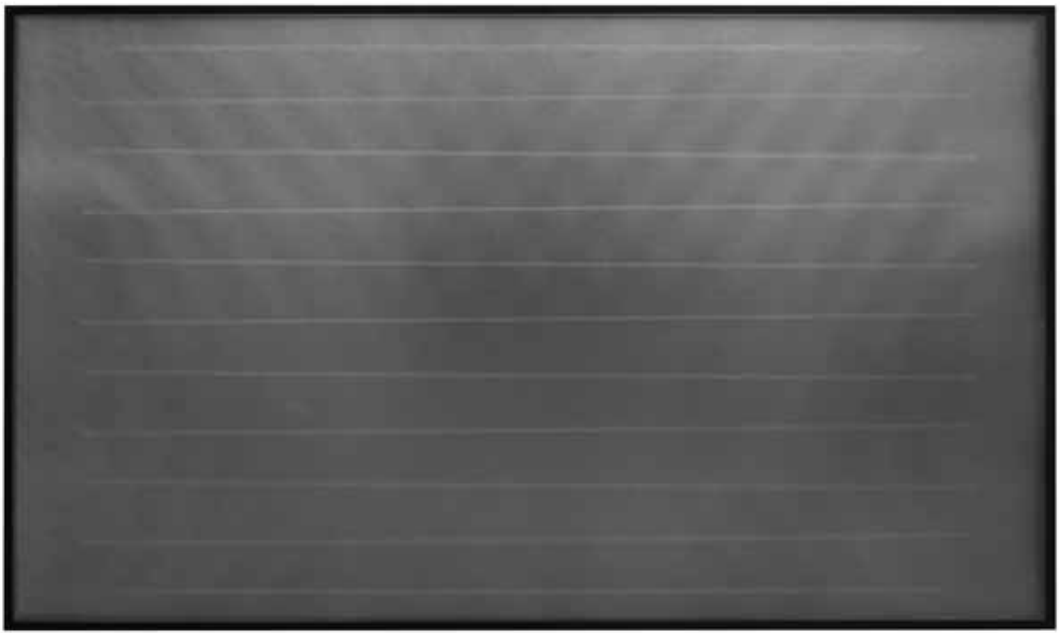
Il nucleo, vale a dire la "centrale energetica" di ogni impianto solare, è costituito dal collettore solare. Qui ha luogo la "produzione" energetica vera e propria con la conversione della luce in calore.
Per le applicazioni di tipo residenziale, ovvero per la produzione di acqua calda ad uso igienico o per l'integrazione agli impianti di riscaldamento ambientale, la tipologia applicata è il solare a bassa temperatura (temperatura operativa è inferiore a 100°C), la cui centrale energetica è costituita da collettori piani vetrati o a tubi sottovuoto, essendo i pannelli scoperti in materiale plastico rivolti a specifiche applicazioni limitate alla sola stagione estiva (piscine).

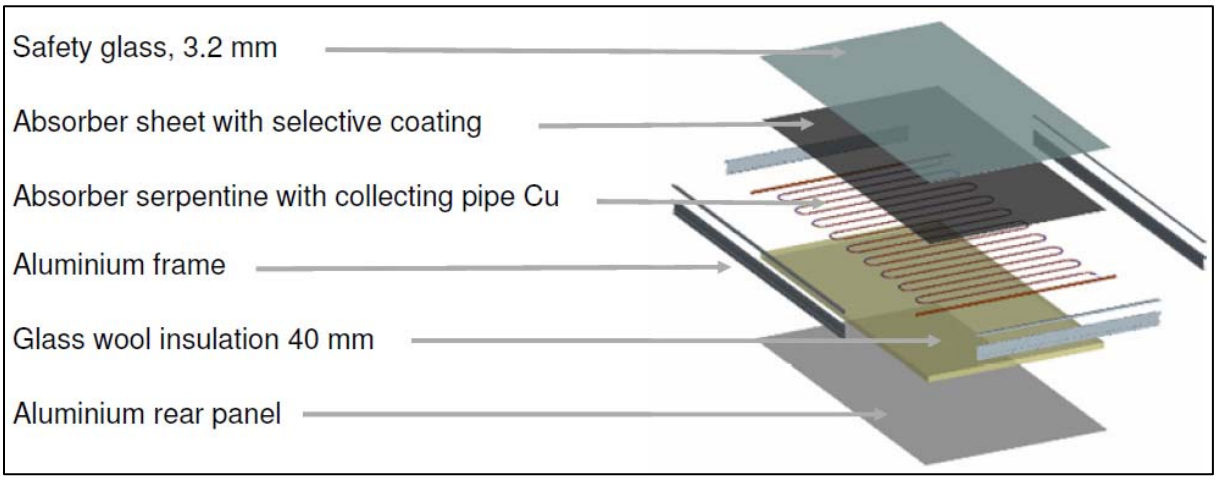
1.3.1 Il collettore solare piano vetrato

È composto essenzialmente da una cella/intelaiatura (normalmente in alluminio anodizzato) termicamente isolata, coperta da un vetro protettivo in grado di sopportare

Notes

pioggia, grandine e temperature rigide, con il compito di trasmettere i raggi solari e creare un effetto serra per intrappolare il calore.
All'interno della cella si trova l'assorbitore vero e proprio, che è una lastra metallica scura (generalmente in rame o alluminio), detta anche piastra captante o corpo nero assorbente, sulla quale sono saldati i tubi (in rame) al cui interno circola il liquido termovettore.

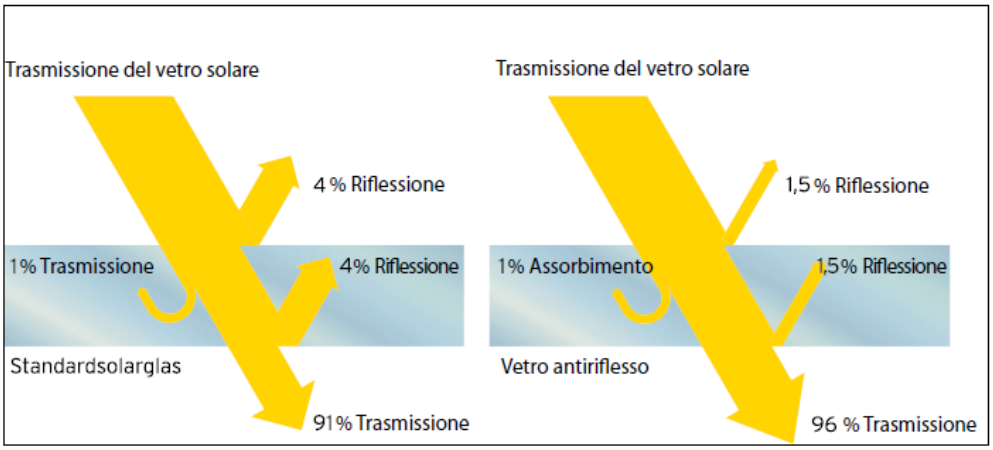




Copertura vetrata trasparente
La funzione di questo componente consiste, oltre alla creazione dell'effetto serra, anche nella riduzione delle perdite per convezione ed irraggiamento dell'assorbitore ver-

Notes

so l'atmosfera esterna. Come nel caso di una serra, infatti, la superficie trasparente permette il passaggio della radiazione solare nel campo delle piccole lunghezze d'onda; nello stesso tempo risulta opaca alla radiazione infrarossa, emessa dall'assorbitore che si riscalda.
Nella scelta di una copertura trasparente si deve tener conto del coefficiente di trasmissione luminosa dall'esterno verso l'assorbitore, che comprende le perdite per riflessione e per assorbimento. Tali perdite dipendono dall'angolo di incidenza della radiazione solare sulla superficie trasparente, e dalle caratteristiche fisiche del materiale. Per il vetro tale coefficiente può essere migliorato, mediante un **trattamento antiriflesso** a basso contenuto di Fe2O3. Con un trattamento tecnologicamente avanzato l'indice di rifrazione diminuisce da 1,53 a 1,3. La trasmissione della luce rispetto al vetro solare normale, che presenta un valore generale del 91%, aumenta a circa il 96%. Aumenta quindi il rendimento ottico di circa il 5%.



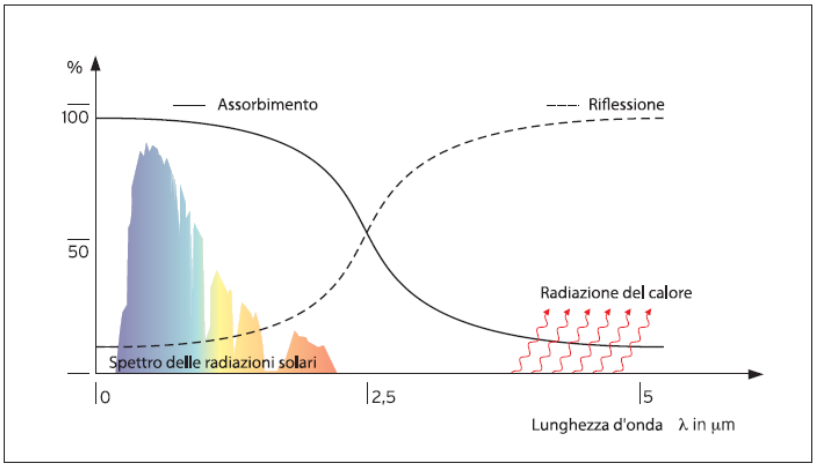
Il vetro di copertura può essere anche trattato chimicamente sul lato interno, in modo da migliorare la riflessione dei raggi infrarossi.
Coperture trasparenti in materiale plastico, se non con alcune eccezioni, non hanno generalmente corrisposto alle aspettative.

Assorbitore

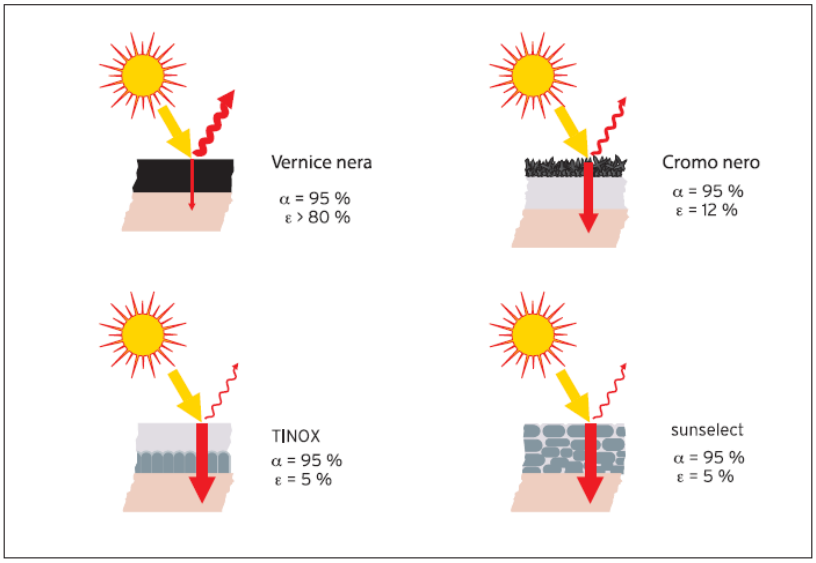
L'elemento più importante del collettore è l'assorbitore che determina in modo essenziale la sua potenza. Esso è costituito da una lastra metallica scura (generalmente in rame o alluminio), detta anche piastra captante o corpo nero assorbente, sulla quale sono saldati i tubi (in rame) al cui interno circola il liquido termovettore che trasporta il calore generato all'accumulo.

Notes

Affinché l'assorbitore possa convertire l'irraggiamento in calore nel modo migliore, deve essere in grado di assorbire molta energia radiante nel campo dello spettro della luce visibile ad onda corta; contemporaneamente dovrà irradiare possibilmente poca energia termica ad onda lunga. Questo obiettivo si può conseguire mediante l'applicazione di un opportuno **strato selettivo**.
La superficie metallica dell'assorbitore può essere trattata con vernici opache o depositi di ossidi metallici, che devono garantire il mantenimento nel tempo delle proprietà di assorbimento ed emissione infrarossa.



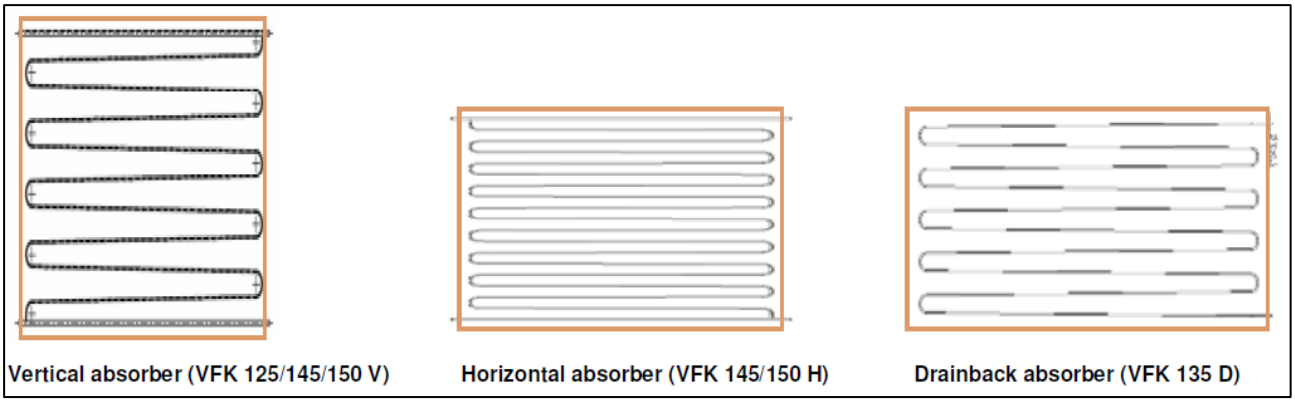
Spettro di assorbimento e di riflessione di una superficie selettiva con rappresentazione schematica dello spettro visibile dei raggi e della radiazione termica



Confronto dei rivestimenti dell'assorbitore

Notes

Un assorbitore altamente efficiente deve comunque presentare le seguenti caratteristiche qualitative:
- elevato assorbimento dell'irraggiamento solare incidente;
- ridotta emissione infrarossa;
- buona trasmissione del calore al liquido termovettore;
- ottima resistenza alla corrosione;
- resistenza meccanica alle alte temperature;
- basse perdite di carico;
- bassa inerzia termica.



Vertical absorber (VFK 125/145/150 V) Horizontal absorber (VFK 145/150 H) Drainback absorber (VFK 135 D)

Telaio e isolamento

Il telaio è costantemente esposto alle intemperie e le principali cause di corrosione sono, secondo le località di installazione, l'umidità dell'aria, l'aria salmastra, la presenza di inquinanti industriali. Le soluzioni maggiormente affidabili prevedono l'impiego di telai in alluminio anodizzato, in fibra di vetro e resine epossidiche, o realizzati con speciali miscele di poliuretani o altri speciali prodotti plastici.

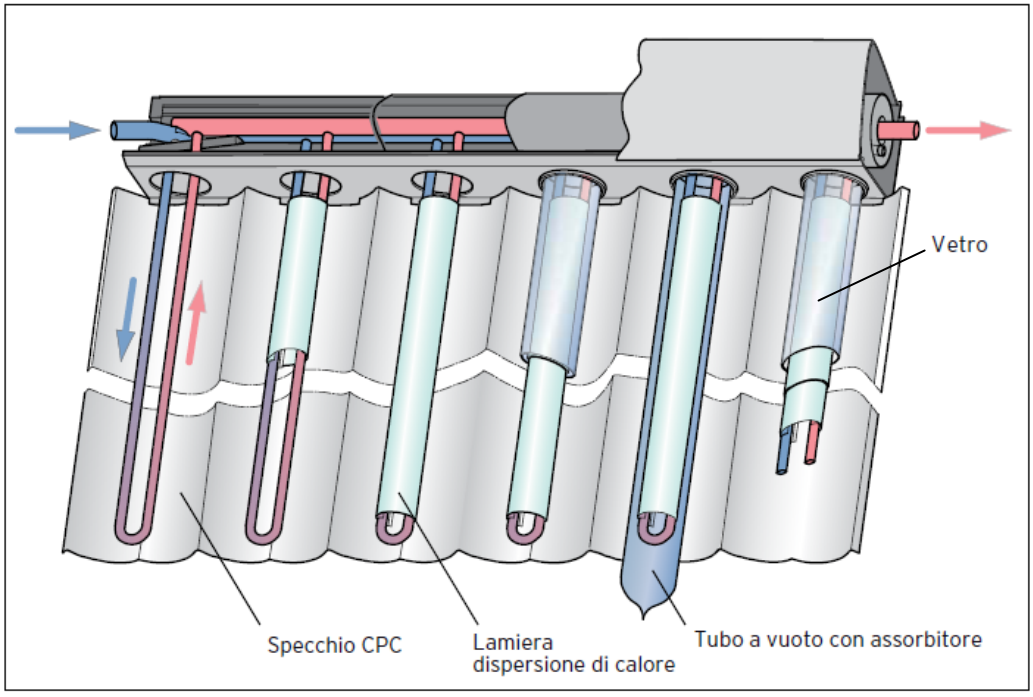
La scelta del materiale isolante dipende dalla temperatura di equilibrio del collettore, in assenza di circolazione d'acqua (mediamente 140÷210°C). In tali condizioni il materiale isolante non deve assolutamente degradarsi: questa circostanza esclude l'impiego di materiali come il polistirolo espanso, alcuni tipi di poliuretani, ecc. Le lane di vetro e di roccia si rivelano particolarmente adeguate, a patto di predisporre una adeguata protezione dall'umidità con involucri stagni.

Il materiale isolante è posto nella parte posteriore del collettore e per i collettori più performanti anche nella parte laterale.

Notes

1.3.2 Il collettore solare a tubi sottovuoto a passaggio diretto

Funziona come i collettori solari piani ma, utilizzando il vuoto per isolare la parte assorbente dall'ambiente esterno, migliora sensibilmente l'efficienza nei periodi di scarso irraggiamento e bassi valori della temperatura esterna (stagione invernale).
È formato da una serie di tubi di vetro a doppia parete, all'interno dei quali è situato il dispositivo assorbitore e di trasmissione del calore: in virtù del sistema adottato per il trasferimento del calore al fluido vettore, si possono avere diverse versioni di questo collettore (a passaggio diretto, a tubo di calore, ecc.).
I collettori sottovuoto hanno un rendimento superiore del 15 – 20% in tutte le stagioni rispetto ai collettori piani; il costo maggiore ne consiglia comunque l'adozione, in situazioni in cui possano esprimere a pieno le proprie prerogative.



Andamento del flusso e struttura di auroTHERM exclusiv VTK 570/2

Tubi sottovuoto

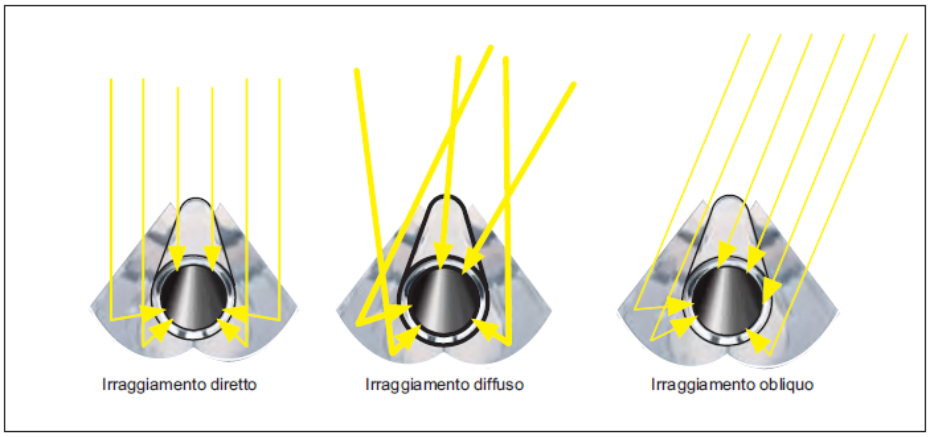
Il collettore sottovuoto a passaggio diretto comprende un tubo di vetro interiore (detto anche tubo assorbitore), ricoperto con uno strato selettivo per assorbire la radiazione solare, che trasmette l'energia termica associata a quest'ultima al fluido termovettore in circolazione al suo interno, per immissione diretta da un tubo metallico (rame o acciaio) coassiale o ad U. Il tubo esterno è generalmente in vetro borosilicato, capace di resistere alle intemperie di ogni tipo. L'aria tra i due tubi di vetro viene aspirata fino ad

Notes

una pressione di 10^{-6} bar, in corrispondenza della quale sono praticamente annullate le perdite conduttive e convettive. L'efficacia dell'isolamento determinato dal vuoto creato tra i due tubi è evidenziato dal fatto che, nonostante la temperatura degli assorbitori raggiunga e superi spesso i 120°C, il tubo di vetro esterno rimane freddo.
I due tubi di vetro sono collegati sul lato anteriore formando una semisfera e sono fusi sul lato posteriore. La giunzione vetro-vetro del lato posteriore assicura una tenuta durevole del vuoto e quindi una elevata e uniforme prestazione per tutta la durata operativa. Il tubo sottovuoto assomiglia fortemente ad un thermos.

Assorbitore
La superficie interna del cilindro di vetro immersa nel vuoto presenta uno strato altamente selettivo di nitrito di alluminio, applicato con il processo di sputtering, e costituisce l'assorbitore. Assorbe i raggi che lo colpiscono direttamente dal cielo o in modo riflesso dagli specchi CPC disposti dietro il tubo.

Specchi CPC
Per migliorare ulteriormente l'efficienza, i collettori sottovuoto sono completati da specchi CPC (Compound Parabolic Concentrator) a forma parabolica retrostanti i tubi, per riflettere la radiazione solare sui tubi assorbitori.
Gli specchi CPC, altamente riflettenti e resistenti alle intemperie, consentono uno sfruttamento ottimale dell'intera energia delle radiazioni che arrivano al collettore. Tramite lo specchio CPC del collettore la luce solare viene concentrata e trasmessa ai tubi di vetro. Tramite lo strato assorbitore del collettore la luce solare viene assorbita e trasformata in calore. Questo calore viene quindi trasmesso alla lamiera di conduzione del calore.



Principio di funzionamento di un tubo CPC

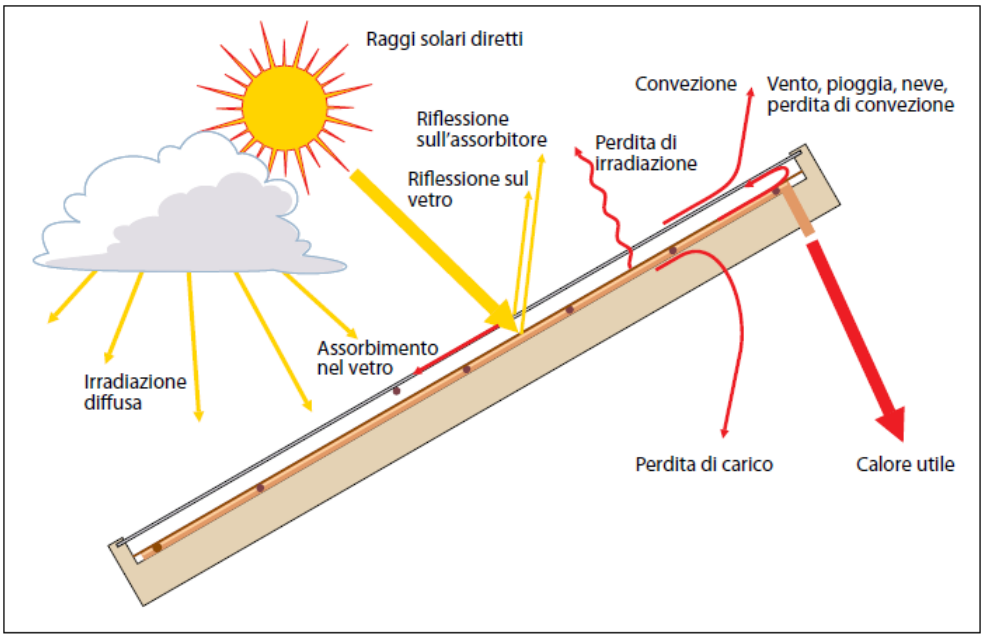
Notes

Circuito idraulico

Il calore solare viene trasmesso tramite la lamiera di conduzione del calore dall'assorbitore ai tubi a U (in rame o in acciaio), cioe al fluido termovettore in essi contenuto che poi trasporta alla fine il calore al boiler. Attraverso ogni tubo a U passa una parte del flusso volumetrico totale del collettore totale, pari al numero dei tubi e questo viene ottenuto dal collegamento parallelo dei tubi a U sul distributore.
Questo tipo di collegamento rende più basse le perdite di carico del collettore.
Il tubo di distribuzione e il tubo di raccolta si trovano al di sopra dei tubi nella cassetta collettrice coibentata.

1.4 Il rendimento dei collettori

Per lo sviluppo di collettori moderni ad alta potenza, per la progettazione e la valutazione di un impianto solare e non per ultimo per il confronto tra vari collettori è necessario quantificare la potenzialita di un collettore.
Come illustrato nella figura "Perdita di riflessione e di calore nel collettore", l'ammontare del calore utile ceduto dipende in misura essenziale da una serie di fattori esterni (climatici) e interni (specifici del prodotto e dei materiali). Gia qui si può comprendere facilmente che è poco utile parlare della "potenza di un collettore", vale a dire del suo grado di rendimento, senza la definizione di una serie di condizioni al contorno.

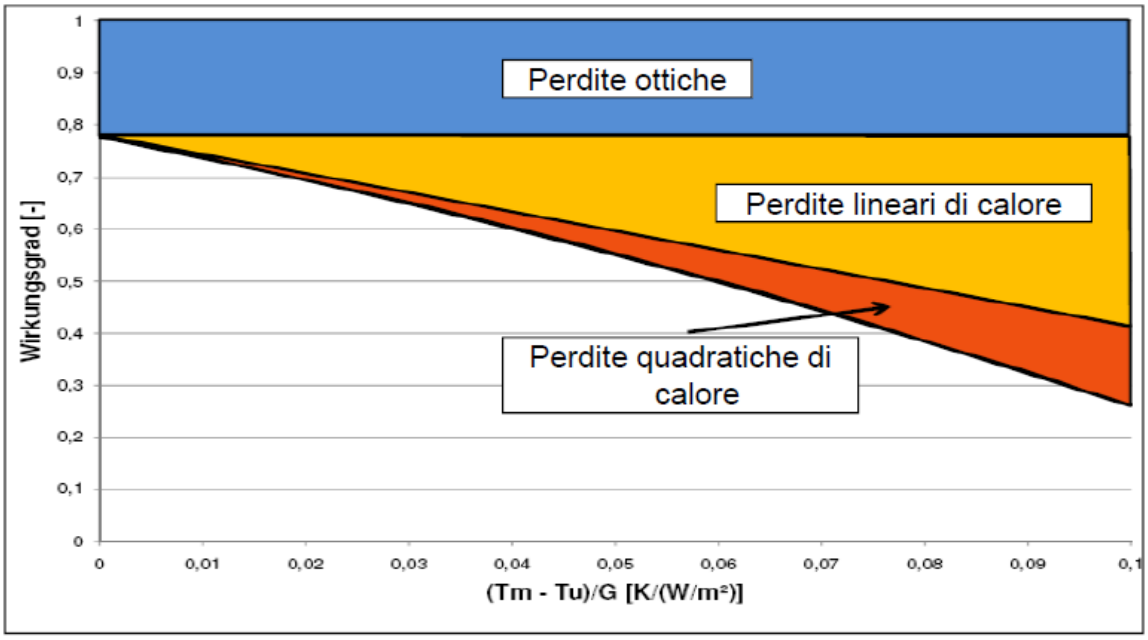


Perdite di riflessione e di calore nel collettore piano

Notes

Per la determinazione riproducibile della potenza di un collettore, questo viene sottoposto a una serie di test normalizzati durante i quali vengono variati vari parametri di influenza per descrivere il relativo comportamento del collettore. Quale risultato si ottiene un certo numero di curve caratteristiche, le quali - per una semplificazione e una migliore comprensione - vengono ridotte nella pratica spesso con un procedimento matematico ad un'unica curva caratteristica.
Questa curva caratteristica del rendimento determinata per uno specifico collettore indica quindi quale percentuale dell'energia irradiata puo essere trasformata, in funzione della temperatura dell'assorbitore e dell'ambiente, in energia termica fruibile.
Il rendimento del collettore (**η**) varia quindi secondo la potenza di irraggiamento e la differenza tra la temperatura dell'assorbitore e la temperatura ambiente. Pertanto non è possibile indicarlo quale valore singolo fisso, ma solo quale curva!

Nella pratica, il rendimento del collettore, indicato senza dimensione o in percentuale, descrive il rapporto tra la potenza termica ceduta dal collettore e l'irraggiamento incidente. Esso dipende essenzialmente dalla differenza di temperatura tra il collettore e l'ambiente, dall'irraggiamento momentaneo e dalla configurazione del collettore stesso. Per la sua descrizione matematica servono i coefficienti k1 e k2. La sua indicazione è razionale solo con l'indicazione contemporanea delle relative condizioni al contorno (potenza dell'irraggiamento e differenza di temperatura) e la definizione della relativa superficie del collettore. Graficamente esso assume il seguente andamento:



Notes

La sua espressione matematica è la seguente:

$$\eta = \eta_0 - \frac{k1\,(Ta - To)}{E} - \frac{k2\,(Ta - To)^2}{E}$$

dove:

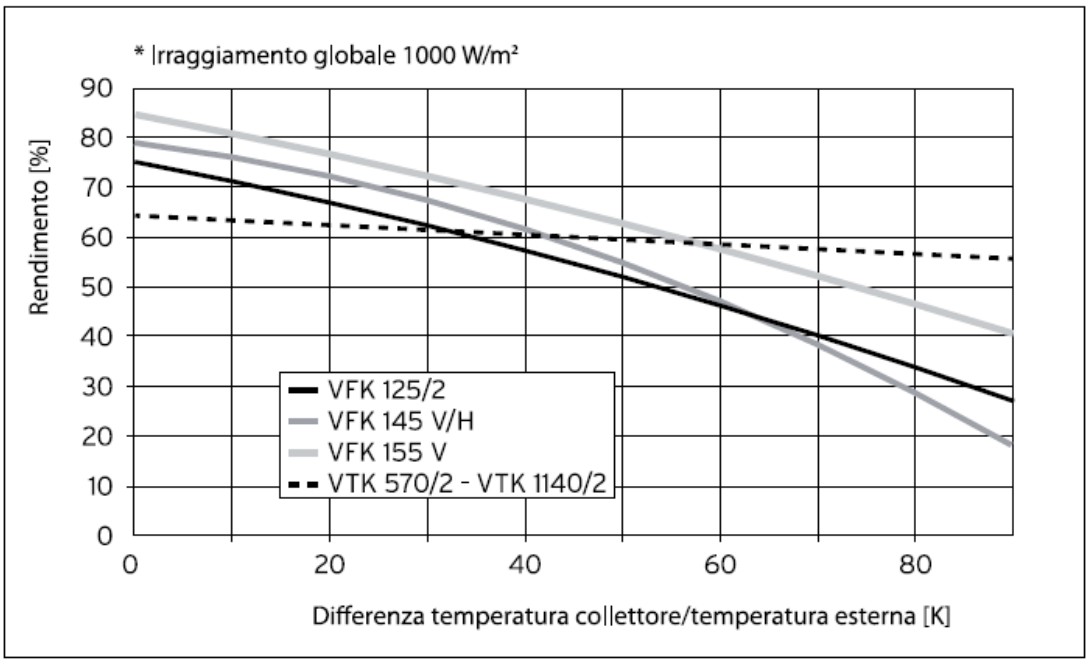
η	rendimento del collettore [%]
η_O	rendimento ottico [%]
E	Potenza di irraggiamento [W/m^2]
k1	Coefficiente di dispersione lineare [W/m^{2}K]
k2	Coefficiente di dispersione quadratica [W/m^{2}K^2]
Ta	Temperatura media del collettore [°C]
To	Temperatura esterna [°C]

- **Il rendimento ottico [%]**
  Il grado di rendimento ottico η_0 del collettore corrisponde al punto di intersezione delle curve caratteristiche con l'asse verticale. È il grado di rendimento massimo possibile e si definisce quale prodotto della trasmittanza **τ** della copertura (lastra di vetro) e la capacita di assorbimento **α** dell'assorbitore ($\eta_O = \alpha \times \tau$).
  Le perdite termiche decisive nell'applicazione pratica per la potenza di un collettore non hanno alcuna influenza sulla determinazione del grado di rendimento ottico, ne possono essere valutate con l'indicazione dello stesso! Esse vengono descritte con i coefficienti k1 e k2.
  L'indicazione del grado di rendimento ottico, cioe massimo, non rappresenta quindi una indicazione sufficiente per la potenzialita di un collettore!
- **k1 (coefficiente di dispersione lineare del calore) [W/(m²K)]**
  Alle basse differenze di temperatura tra collettore e ambiente l'aumento delle perdite termiche e quindi la discesa della curva di rendimento hanno un comportamento quasi lineare e possono essere descritti con un fattore k1.
  Poiche i collettori piani vengono impiegati spesso in questo range di temperatura, il fattore k1 riveste una parte relativamente importante nella descrizione della potenzialita di un collettore. Quale fattore di perdite questo coefficiente dovrebbe essere possibilmente piccolo.
- **k2 (coefficiente di dispersione quadratica del calore) [W/(m²K²)]**
  A seguito della dipendenza dalla temperatura esponenziale della radiazione di calore, le perdite termiche del collettore aumentano fortemente con le maggiori

Notes

differenze di temperatura rispetto all'ambiente. La curva caratteristica del rendimento si scosta in questo campo in misura crescente dal suo comportamento lineare. Per la descrizione di questo comportamento serve il coefficiente di dispersione quadratica k2. Per l'importanza pratica k2 è da tener presente in prima linea nella valutazione della potenzialita di un collettore ad alte differenze di temperatura rispetto all'ambiente. Quale fattore di perdite anche questo coefficiente dovrebbe essere possibilmente piccolo.

NOTA
Per un confronto semplice e rapido di due collettori è consigliabile quindi selezionare un determinato punto sulla curva caratteristica (vedere figura seguente).



Esempio: curva caratteristica del rendimento per collettori auroTHERM (superficie di riferimento: superficie utile)

Risulta utile che questo punto si trovi vicino al futuro campo di impiego del collettore stesso.
Da tener presente è anche la dipendenza del rendimento dalla superficie, indicata come prevista per ricevere l'irraggiamento. Pertanto il rendimento riferito alla superficie netta è sempre maggiore di alcuni punti percentuali del rendimento riferito alla superficie lorda (definizione delle superfici in seguito).

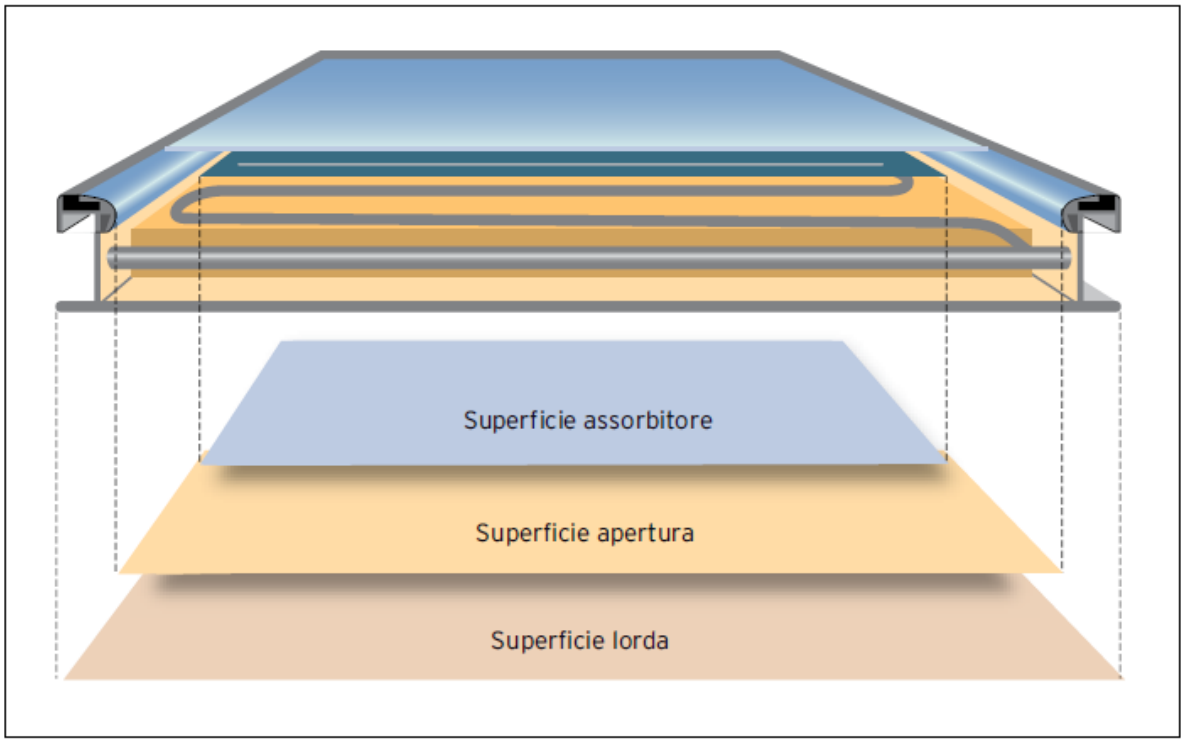
Notes

La comparazione mancante dei collettori, per i quali non si conosce la superficie di riferimento, ha portato che dal 2006 con la direttiva EN 12975 è richiesta l'indicazione della potenza di picco dei collettori. Questa grandezza è misurata con un irraggiamento di 1.000 W/m^2 allo stesso modo in funzione della temperatura differenziale tra collettore e ambiente. Poiche la potenza del collettore dipende dalla sua superficie, anche queste grandezze possono essere utilizzate solo per il confronto di collettori delle stesse dimensioni.

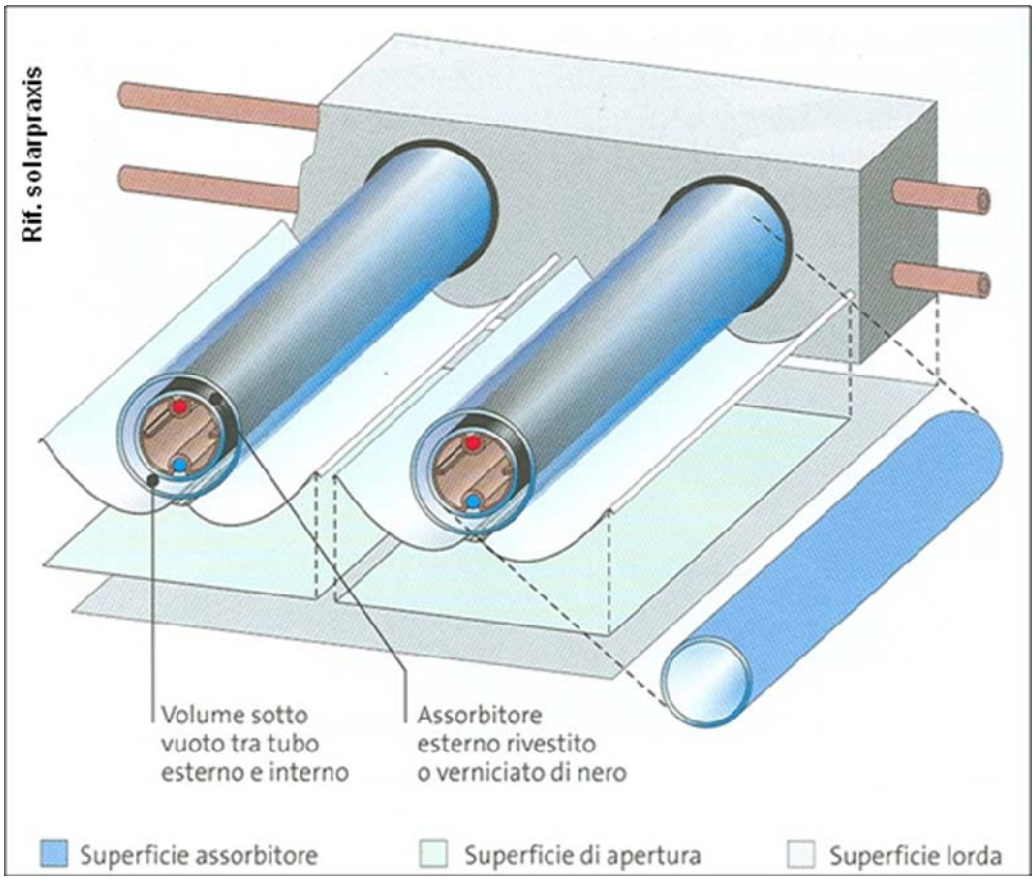
1.5 Superfici dei collettori

Per un collettore si distinguono le seguenti superfici:

- **Superficie lorda.** Superficie risultante dalle misure esterne del collettore (inclusi telai). È importante nella valutazione dell'ingombro del collettore.
- **Superficie utile.** Superficie (assorbitore) effettiva non ombreggiata da irraggiamento verticale. In generale è identificata anche come superficie effettiva.
- **Superficie di assorbimento.** Superficie di incidenza della luce. L'installazione dell'assorbitore solitamente avviene al di sotto della copertura di vetro. Nei collettori piani coincide con la superficie utile.



Notes



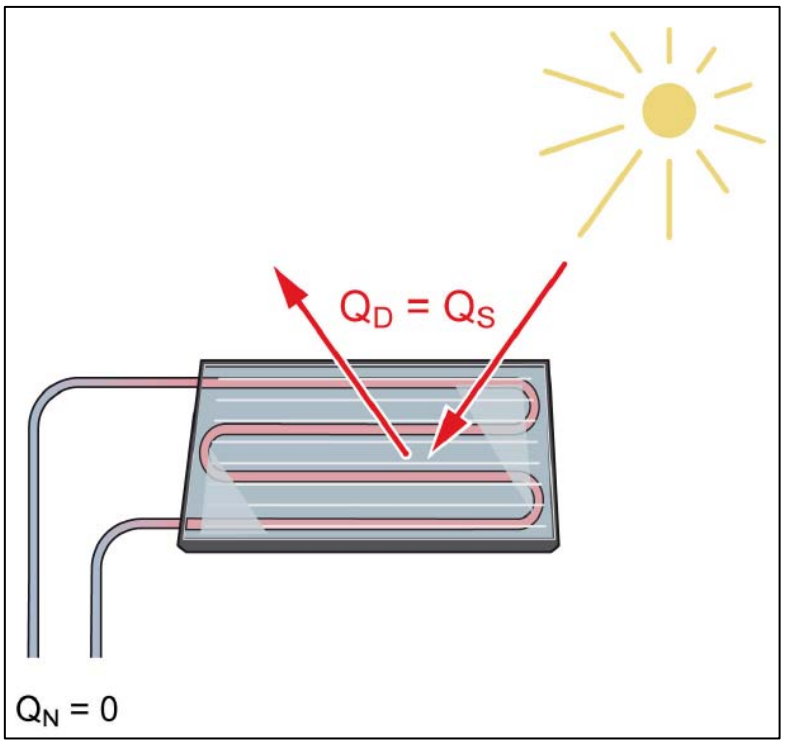
Legenda

- Superficie lorda:
  Superficie risultante dalle misure esterne del collettore, utile per conoscere l'ingombro del collettore sul tetto.
- Superficie di apertura:
  Superficie netta di lavoro del collettore comprensiva dello specchio riflettore, utile per il dimensionamento.
- Superficie di assorbimento:
  Superficie della lamiera assorbente del collettore

Notes

1.6 Temperatura di stagnazione

La temperatura di stagnazione (detta anche temperatura di arresto) descrive la temperatura massima raggiungibile da un collettore.
Essa dipende dall'irraggiamento sul piano del collettore. Nella condizione in cui un impianto solare non cede calore, tutta l'energia rimane nel collettore dove porta ad un aumento della temperatura. Il punto finale di questo aumento è raggiunto quando l'intera potenza termica viene ceduta come perdita all'ambiente.
Si tenga presente che un determinato collettore può raggiungere temperature elevate, il cui limite è rappresentato nel grafico del rendimento dal punto dove la curva si interseca con l'asse delle ascisse. Sommando a questo valore la temperatura ambiente dell'istante preso in esame, si origina la cosiddetta "temperatura di stagnazione".
Il raggiungimento della temperatura di stagnazione nel collettore è frequente, aspetto questo da non trascurare soprattutto per il degrado del liquido solare.
La temperatura di stagnazione è un dato che viene ricavato tramite test sui collettori, secondo le seguenti condizioni:



Stagnation temperature
for ambient conditions of 1000W/m² and 30°C
(determination acc. to EN 12975-2:2006, Annex C)
Stagnationstemperatur
für Umgebungsbedingungen von 1000 W/m² und 30°C

Notes

2 Dimensionamento di impianti solari per la produzione di acqua calda sanitaria

2.1 Considerazioni generali

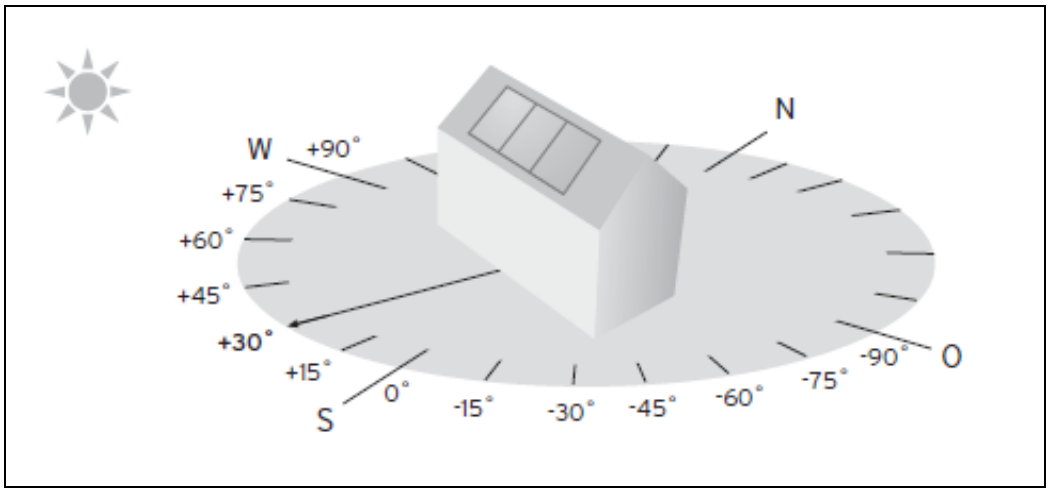
Per il dimensionamento degli impianti solari valgono in linea di principio regole diverse rispetto al dimensionamento di un sistema convenzionale!
Essi vengono realizzati quali impianti integrativi che sfruttano al meglio l'offerta dell'energia solare (soggetta a forti variazioni), accumulandola in appositi bollitori in modo da ridurre il fabbisogno di combustibile da parte del sistema convenzionale.

Nel dimensionamento degli impianti solari si deve tener conto di numerosi parametri:

- il fabbisogno di calore per la preparazione dell'acqua calda sanitaria ed eventualmente anche quello di un ricircolo esistente,
- le condizioni atmosferiche nella data località,
- l'orientamento e l'inclinazione del collettore,
- la configurazione del sistema,
- il grado di copertura annuale solare desiderato.

Vediamo quindi come stimare questi parametri, in modo da poterli poi introdurre nella formula che ci darà la superficie dei collettori.

2.2 Orientamento ed inclinazione del sistema (Kaus)



Scostamento angolo azimutale da orientamento sud di 30° ovest

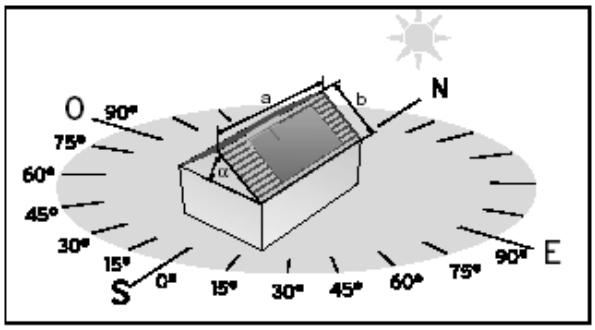
Notes

L'orientamento ottimale è 0° (verso sud) e l'inclinazione 30°. Se l'orientamento del collettore si discosta dall'inclinazione e dall'orientamento ottimali, la quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie del collettore si riduce e, di conseguenza, anche il rendimento dell'energia solare.
L'irraggiamento annuale sul collettore si riduce quanto maggiore è lo scostamento dalla direzione e dall'inclinazione ideali. Generalmente è possibile compensare la riduzione con una superficie di collettore leggermente più grande.
Nella tabella qui di seguito sono riportati i valori di correzione per il dimensionamento del collettore in funzione dell'inclinazione e dell'orientamento (Kaus).

Fattori di correzione per l'orientamento e l'inclinazione del collettore (K_{aus})

Orientamento	Angolo di inclinazione α rispetto al piano orizzontale						
Sud:0° Est/Ovest: 90°	0°	15°	30°	45	60°	75°	90°
0	0,89	0,97	1	0,99	0,93	0,83	0,69
15	0,89	0,96	1	0,98	0,93	0,83	0,69
30	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
45	0,89	0,94	0,97	0,95	0,90	0,81	0,70
60	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
75	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
90	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

Fattori di correzione per l'orientamento dei collettori (questi valori valgono solo per impianti solari impiegati per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria)

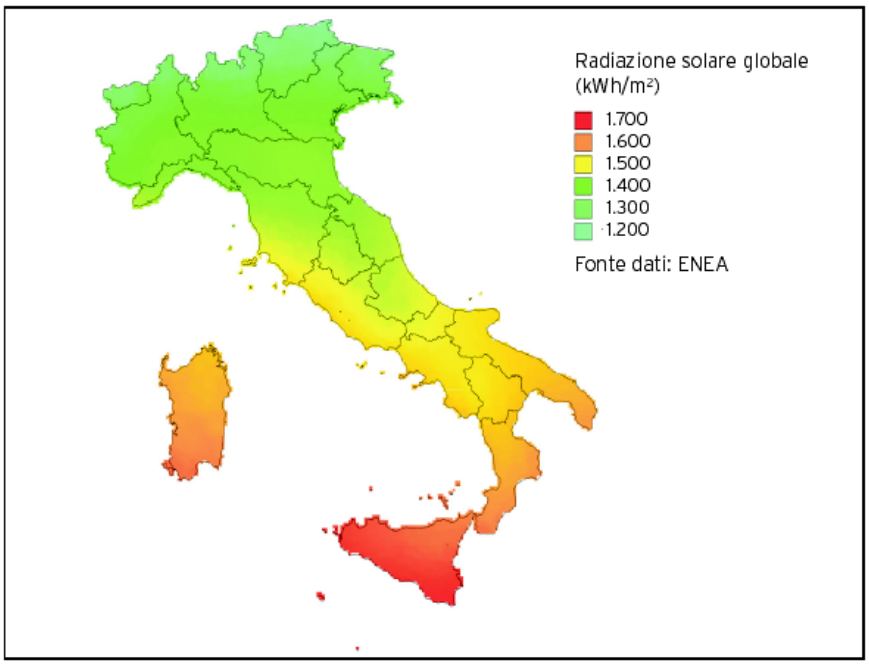


Angolo di inclinazione α ed orientamento del collettore solare

Notes

2.3 L'offerta di irraggiamento solare nella località di installazione (Q_E)

L'offerta di irraggiamento del sole varia sul territorio italiano nella media pluriennale tra 1200 kWh e 1700 kWh al metro quadro di superficie orizzontale all'anno.
L'irraggiamento medio nella località in questione può essere letto nella seguente cartina.



Irraggiamento solare in Italia - Totali annuali medi in kWh/m²

2.4 Copertura solare S_D

La copertura solare è uno dei fattori più importanti per il dimensionamento dei campi di collettori e del bollitore. Essa indica la percentuale del fabbisogno di calore totale fornito dall'impianto solare. La copertura solare viene calcolata come segue:

$$S_D = \frac{Q_{NS1}}{Q_{NS2} + Q_H}$$

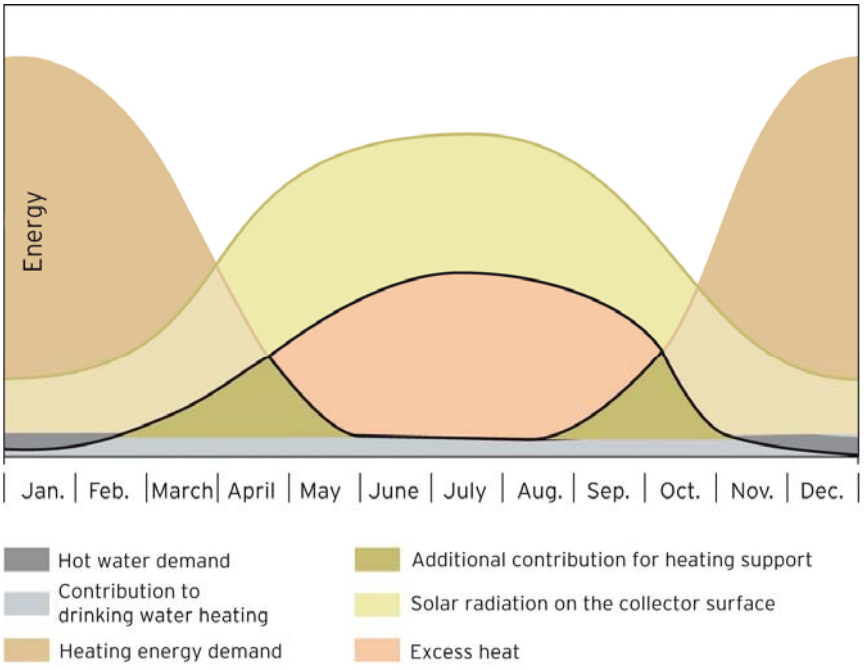
S_D Copertura solare

Q_{NS} Energia ceduta al bollitore dall'impianto solare (Q_{NS1} è l'energia che può essere trasmessa al bollitore dalla radiazione solare che raggiunge la superficie del collettore; Q_{NS2} è l'energia che può essere prelevata o consumata dal bollitore)

Q_H Fabbisogno di energia per il post-riscaldamento convenzionale del bollitore

Notes

La copertura solare viene calcolata in rapporto al consumo annuo di energia. In estate può raggiungere il 100% o anche superarlo, mentre di norma rimane bassa nei mesi invernali. La copertura solare invernale può essere aumentata ampliando la superficie dei collettori, ma questo significa una maggiore eccedenza di energia nei mesi estivi, con un conseguente carico termico più elevato e valori di dispersione termica più alti.
Un rimedio in un tale caso è l'inserimento di un'utenza addizionale, presente solo per il tempo dei mesi estivi. Ciò può essere realizzato in modo ideale con il riscaldamento di una piscina.
Negli impianti solari piccoli con circa 4-8 m^2 di superficie del collettore, come spesso utilizzata nelle case uni e bifamiliari, si sceglie di norma una copertura estiva al 100%. Ciò porta ad una media annuale dei tassi di copertura pari a circa il 60-70%. Obiettivo di questo dimensionamento è di fermare la caldaia d'estate quasi completamente.
Gli impianti più grandi (30-40 m^2), come ad esempio complessi residenziali, centri sportivi, hotel, edifici sociali, ecc., sono invece dimensionati per una copertura solare inferiore (comunque ≥50% per soddisfare i requisiti di legge).



Energia solare disponibile e fabbisogno di energia termica

Notes

Stima della copertura solare
Per una rapida stima della copertura solare, è possibile avanzare la seguente ipotesi: con un irraggiamento solare pari a 900-1000 kWh/m² all'anno, si presume un consumo approssimativo di energia di 400-500 kWh/m² all'anno in sistemi solari per la produzione di ACS (dati empirici).

Esempio
2 collettori modello VFK 145 V
Superficie di assorbimento: 2,35 m²
Irraggiamento solare (Colonia): 1000 kWh/m² all'anno
Rendimento: 2 x 2,35 m² x 410 kWh/m² (ipotesi) all'anno = 1927 kWh/a
Fabbisogno annuo: 6,5 kWh/giorno x 365 giorni all'anno = 2372 kWh/a
Perdite di ricircolo: 730 kWh/a
Copertura solare stimata: 1927 kWh/a / (2372 kWh/a + 730 kWh/a) = **62%**
Per ottenere dati più precisi sarebbe utile eseguire una simulazione dinamica con un-software come T-sol. Questo consente di calcolare e proporre al cliente varie alternative.

2.5 Tasso di sfruttamento del sistema S_N

Il tasso di sfruttamento solare del sistema è il rapporto tra il calore ceduto dal sistema solare al sistema convenzionale e l'energia solare incidente sul collettore.
Il tasso di sfruttamento dell'energia solare viene calcolato come segue:

$$S_N = \frac{Q_{NS}}{E}$$

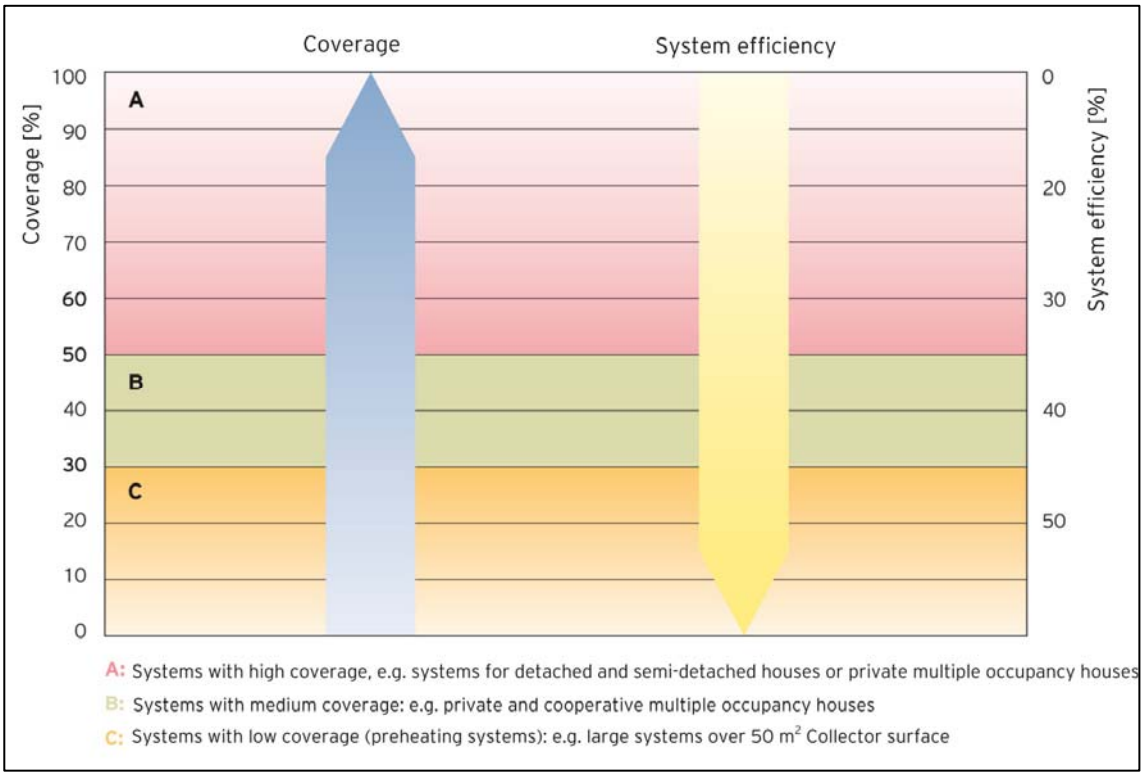
S_N Sfruttamento solare
Q_{NS} Energia fornita al bollitore dall'impianto di riscaldamento solare
E Irraggiamento solare

I tassi di sfruttamento vengono presi in considerazione sempre per un periodo prolungato (più mesi o un anno). Servono in prima linea alla valutazione energetica dell'impianto.
Nell'ambito della ottimizzazione economica si tenta di raggiungere un possibilmente elevato tasso di sfruttamento del sistema.

Notes

Il tasso di sfruttamento del sistema e il tasso di copertura di un impianto si comportano in modo inverso (vedere il grafico): con tasso di copertura solare crescente scende il tasso di sfruttamento del sistema!
Questo si spiega con il fatto che gli impianti ad elevata copertura, contrariamente agli impianti di preriscaldamento, funzionano a un livello medio di temperatura più alto con contemporaneo minore grado di rendimento del collettore.
Questi impianti realizzano inoltre nei mesi estivi spesso delle eccedenze che non possono essere sfruttate.

Con l'elaborazione dei dati di un grande numero di impianti realizzati è ora disponibile la seguente regola di massima: il grado di sfruttamento del sistema per gli impianti con tasso di copertura 20%-60% si aggira tra il 50% e il 30%.



Copertura e sfruttamento

Un sistema solare termico è più efficiente quanta più energia solare può essere assorbita e utilizzata dall'impianto. I sistemi solari termici con bassi livelli di temperatura sono più efficienti e hanno un tasso di sfruttamento dell'energia e un rendimento più elevati rispetto ai sistemi con temperature medie dei collettori più alte (dispersioni di energia nell'ambiente circostante).

Notes

I sistemi con bollitori di 70 l di capacità per m² di superficie di assorbimento hanno un tasso di sfruttamento dell'energia solare più elevato rispetto a sistemi con bollitori di 40 l di capacità per m² di superficie di assorbimento.

Esempio di calcolo dello sfruttamento solare
Dati:
Irraggiamento solare: 1200 kWh/m²*all'anno
Energia fornita al bollitore solare: 450 kWh/m²*all'anno
Calcolo di sfruttamento solare:

$$S_N = \frac{Q_{NS}}{E} = \frac{450 kWh/m^2 \times a}{1200 kWh/m^2 \times a} = 0{,}375$$

Lo sfruttamento solare è del 37,5%.

I seguenti fattori hanno un'influenza negativa nell'ottenimento di elevati tassi di sfruttamento:
• tubazioni molto lunghe,
• isolamento insufficiente o danneggiato,
• orari di consumo dell'acqua calda igienico- sanitaria non uniformi (quanto più non uniformi, tanto più sfavorevoli),
• elevata temperatura di stand-by dell'acqua calda igienico sanitaria (quanto più elevato, tanto più sfavorevole).

Notes

2.6 Fabbisogno di acqua calda sanitaria (ACS)

Il parametro più importante per il dimensionamento dei sistemi solari per il riscaldamento dell'acqua igienico-sanitaria è il fabbisogno di calore per la preparazione dell'acqua calda igienico-sanitaria e, ove presente, per la tubazione di ricircolo.
Il fabbisogno di acqua calda sanitaria è relativamente semplice da calcolare per gli impianti di piccole dimensioni (vedi tabella sottostante).
Con i sistemi più grandi occorre generalmente affidarsi ad una stima basata sul consumo di combustibile o di acqua calda. Un dato preciso di consumo di acqua calda si può ottenere solo con un contatore volumetrico nell'ingresso dell'acqua fredda del riscaldatore dell'acqua igienico-sanitaria.
Nel caso del consumo di combustibile, bisogna fare una netta distinzione tra il consumo per il riscaldamento e il consumo per l'acqua calda sanitaria. Un primo passo può essere ripartire il consumo tra i singoli mesi. Il consumo di energia per un mese estivo è un indicatore del fabbisogno di acqua calda sanitaria.
In linea di massima, il rapporto tra il consumo per il riscaldamento e il consumo per l'acqua calda sanitaria è circa del 20%...30% per l'ACS, contro il 70%...80% per il riscaldamento; differenze si riscontrano con vari tipi di edifici e in diverse zone climatiche.

2.6.1 Fabbisogno di acqua calda sanitaria per utenze unifamiliari esistenti

Quando si ha a che fare con una abitazione monofamiliare esistente, la stima del fabbisogno sanitario è possibile farla in modo semplice attraverso la seguente tabella:

Tipo di edificio	Applicazione	Richiesta media di acqua calda sanitaria in litri al giorno per persona (45°C)		
		Livello di comfort basso (requisito minimo)	Livello di comfort medio (requisito standard)	Livello di comfort alto (requisito massimo)
Casa unifamiliare/bifamiliare	Da base a lusso	20-30 litri o 0,8-1,2 kWh/ (p x g)	30-50 litri o 1,2-2 kWh/ (p x g)	50-70 litri o 2-2,8 kWh/ (p x g)
Più:	Lavatrice o lavastoviglie	20 l/g o secondo le specifiche del costruttore dell'apparecchio		

Consumo di acqua calda sanitaria tipico di una casa unifamiliare o bifamiliare

Lavatrice e lavastoviglie

Quando si calcola il fabbisogno di acqua calda sanitaria, andrebbe considerata la possibilità di collegare la lavatrice e la lavastoviglie all'acqua riscaldata dai pannelli solari.

Notes

Utilizzando l'acqua calda sanitaria per la lavastoviglie e per la lavatrice, l'efficienza del sistema solare termico aumenta (vi è un'eccedenza d'acqua riscaldata dalla radiazione solare, specialmente in estate).
Fabbisogno d'acqua calda sanitaria aggiuntivo per apparecchio: 20 l/g.
Le lavatrici e le lavastoviglie moderne possono essere allacciate direttamente (vedere le indicazioni del costruttore!) o tramite un apposito dispositivo alla rete di acqua calda igienico sanitaria dell'edificio.
Nell'acquisto di queste macchine è consigliabile chiedere sempre l'idoneità per l'applicazione con impianti solari termici.

2.6.2 Fabbisogno di acqua calda sanitaria per utenze nuove

La valutazione del consumo sanitario per utenze nuove è possibile farla attraverso la norma UNI 11300.
La norma distingue il consumo per le abitazioni da altri tipi di destinazioni.

Volumi di acqua richiesti:
I volumi di acqua calda sanitaria sono riferiti convenzionalmente ad una temperatura di erogazione di 40°C e ad una temperatura di ingresso di 15°C (salto termico di 25K)

$$Vw = a \times Nu \quad [l/G]$$

- a = fabbisogno giornaliero specifico [l/G]
- Nu = parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio

Abitazioni
per le abitazioni Nu è il valore della superficie utile Su [m^2]

Valori di *a* per le abitazioni (l/Gm^2)

Fabbisogni	Calcolo in base al valore di S_u per unità immobiliare [m^2]			Valore medio riferito a S_u = 80 m^2
	≤50	51- 200	>200	
a	1,8	$4{,}514 \times S_u^{-0{,}2356}$	1,3	1,6

Es.:
Abitazione con superficie utile pari a 100 m^2
Vw = 4,514 * $100^{-0{,}2356}$ * 100 = 152,5 [l/G]

Notes

Destinazioni diverse dalle abitazioni

Per utenze diverse dalle abitazioni vale la seguente tabella:

Valori per destinazioni diverse dalle abitazioni (Fabbisogni mensili in litri a 40 °C con ΔT = 25 K)

Tipo di attività	*a*	N_u
Hotel senza lavanderia 1 stella 2 stelle 3 stelle 4 stelle	 40 l/G letto 50 l/G letto 60 l/G letto 70 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Hotel con lavanderia 1 stella 2 stelle 3 stelle 4 stelle	 50 l/G letto 60 l/G letto 70 l/G letto 80 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Attività ospedaliera day hospital	10 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90 l/G letto	Numero di letti
Scuole Scuole materne e asili nido	- 15 l/G	 Numero di bambini
Attività sportive/palestre	100 l/G	Per doccia installata
Uffici	0,2	l/m^2G
Negozi	-	
Ristoranti	10 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti
Catering e self service	4 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti

2.6.3 Calcolo del fabbisogno energetico di acqua calda sanitaria

Informazioni richieste:

- Numero di abitanti della casa
- Numero di bagni e apparecchi installati
- Tipo di post-riscaldamento
- Se disponibile: consumo di combustibile nei mesi estivi
- Se disponibile: ricircolo (lunghezza e tempo di funzionamento giornaliero)
- Eventuali elettrodomestici con allacciamento all'acqua calda

Notes

Fabbisogno energetico quotidiano per l'acqua calda sanitaria Q

Dal fabbisogno quotidiano di acqua calda igienico - sanitaria si calcola il fabbisogno energetico quotidiano per la preparazione della stessa con la seguente formula:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

dove:
Q = quantità di calore in Wh
m = Consumo giornaliero di acqua calda sanitaria in litri (per l'acqua vale: 1kg = 1litro)
c = Capacità termica del fluido (acqua = 1.163 Wh/kg*K)
ΔT = Differenza di temperatura tra l'acqua fredda e acqua calda da produrre in K

Fabbisogno energetico annuale per l'acqua calda sanitaria Q_V

Il fabbisogno energetico annuale viene calcolato moltiplicando il consumo giornaliero per 365:

$$Q_V = Q \times 365$$

Esempio di calcolo per una casa unifamiliare
– 4 persone
– Dotazione per un livello di comfort medio
– Post-riscaldamento con caldaia a gas
– Ricircolo: vedere l'esempio di calcolo per "ricircolo del sanitario"

$$Q = m \times c \times \Delta T = 4 \times 40 l/d \times 1.163 Wh/kg \times K \times 35 K = 6512.8 Wh/g = 6{,}5 kWh/g$$

Il fabbisogno energetico annuale viene calcolato moltiplicando il consumo giornaliero per 365:

$$Q_V = 6{,}5 kWh \times 365 g/a = 2372{,}5 kWh/a$$

Ricircolo del sanitario Q_R

Il ricircolo è un punto di consumo aggiuntivo per l'acqua calda e deve essere calcolato di conseguenza.

Notes

Le perdite che ne derivano sono spesso sottovalutate e devono essere considerate come consumo effettivo. Se l'installazione di un ricircolo è necessario, il suo funzionamento deve essere limitato secondo il fabbisogno temporale e attraverso un controllo di temperatura.
In caso di presenza di una tubazione di ricircolo, si possono verificare, secondo la lunghezza e la coibentazione, notevoli perdite di calore. Queste raggiungono in sistemi ramificati, quali per esempio in case plurifamiliari, spesso lo stesso ordine di grandezza del consumo di acqua calda igienico-sanitaria. Pertanto è utile ridurre le perdite di ricircolo per quanto possibile. Questo si può ottenere, per esempio, mediante temporizzatori o interruttori del ricircolo termostatati. L'installazione di questi dispositivi risulta generalmente remunerativa, in quanto l'effetto di risparmio è notevole.

In una casa unifamiliare dove la tubazione tra il bollitore e l'allacciamento dell'acqua calda è lunga 10-15 m, il ricircolo andrebbe evitato.
Se tuttavia si desidera realizzarla comunque, è necessario controllarlo con un interruttore temporizzato per ridurre al minimo le dispersioni di energia.
La perdita di energia di un ricircolo **Qr** è di 10-20 W/m a seconda dell'isolamento:

$$Q_R = l \times Q_r \times t$$

dove:
l Lunghezza tubazione ricircolo [m]
Q_r Dispersione di calore [W/m]
t Tempo di funzionamento [h]

Esempio:
l = 20 m
Q_r = 10 W/m
t = 10 h

$$Q_R = l \times Q_r \times t = 20\,m \times 10\ W/m \times 10\ h/g = 2000\ Wh/g = 2\,kWh \times 365\,g/a = 730\,kWh/a$$

Notes

Fabbisogno totale annuo:

$$Q_{TOT} = Q_V + Q_R$$

Ritornando all'esempio, si ottiene:

$$Q_{TOT} = 2372{,}5\,\text{kWh} + 730\,\text{kWh} = 3102{,}5\,\text{kWh}$$

Note

- La quantità di energia che si perde in un ricircolo nell'arco di un anno corrisponde approssimativamente al 20-30% del fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria
- Nell'ambito delle case plurifamiliari (a partire da 6 abitazioni) le perdite termiche con tubazioni di ricircolo interamente coibentate ammontano a 50 W/abitazione al minimo e a 140 W/abitazione al massimo. In media si dovrebbero calcolare 100 W per abitazione anche nelle costruzioni nuove.

Livello di temperatura necessario per la preparazione dell'acqua calda

Nelle case unifamiliari di norma un livello di temperatura di 45°C è sufficiente per tutti i fabbisogni (doccia, bagno, pulizie, ecc.). Per gli impianti grandi le Direttive DVGW pr scrivono un livello di temperatura di 60°C.
Quanto più basso può essere scelto il livello di temperatura, tanto meglio lavorano l'impianto solare e l'impianto complessivo.

Ad esempio:
Per riscaldare 100 l di acqua sanitaria da 10°C a
25°C occorrono 1,74 kWh,
45°C occorrono 4,06 kWh,
60°C occorrono 5,81 kWh,
(più le maggiori perdite del boiler)

Nel calcolo del fabbisogno di calore per la preparazione dell'acqua calda sanitaria si deve tener conto, oltre all'energia necessaria per il riscaldamento dell'acqua e alle perdite di ricircolo, anche delle perdite del boiler.

Notes

2.6.4 Requisiti igienici per l'acqua calda sanitaria (normativa tedesca)

I seguenti requisiti in materia di igiene dell'acqua si applicano a tutti i sistemi per la produzione e la fornitura di acqua calda sanitaria:

– VDI 6023
– DVGW W551 e W552
– Regolamenti DVGW W551:

Nel campo tra 30°C e 50°C i germi si moltiplicano (per esempio le legionelle) particolarmente bene.
Nelle schede di lavoro della DVGW (Associazione tedesca del settore gas e acqua) sono indicati alcuni requisiti per evitare la crescita delle legionelle, di cui elenchiamo i più importanti.
La scheda di lavoro W 551 distingue tra impianti piccoli ed impianti grandi:

- Per gli impianti piccoli, tipici per le case uni - e bi - familiari, il potenziale di pericolo viene considerato basso.
  Non sono necessarie misure particolari! Una temperatura dell'acqua igienico-sanitaria di 45°C è sufficiente per tutti gli usi.
  Ogni aumento ulteriore della temperatura causa maggiori perdite e diminuisce il guadagno solare. Inoltre occorre maggiore energia convenzionale per il riscaldamento supplementare alla temperatura nominale.
- Con boiler per acqua calda igienico-sanitaria oltre 400 litri, con case plurifamiliari o quando il volume nella tubazione dell'acqua igienico-sanitaria fino al punto di prelievo più lontano è maggiore di 3 litri, si tratta per definizione di un impianto grande. In questo caso l'acqua calda igienico-sanitaria nella parte di prelievo del boiler deve essere tenuta per la disinfezione termica continuamente a 60°C e l'intero volume del boiler per l'acqua calda igienico-sanitaria deve essere riscaldato una volta al giorno a 60°C.
- La temperatura minima nell'intera rete di acqua igienico-sanitaria (anche nel ritorno!) non deve scendere oltre i 5 K sotto la temperatura di uscita del boiler stesso.

Questi regolamenti in materia di igiene sono applicabili solo in Germania.
Se il sistema non è installato in Germania, osservare e rispettare le normative applicabili nel paese di pertinenza.

Notes

2.7 Dimensionamento della superficie dei collettori

Una volta determinato il fabbisogno di calore per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, decisi la località, l'orientamento e l'inclinazione nonché la copertura solare desiderata, si deve determinare la necessaria superficie dei collettori.

2.7.1 Calcolo di dettaglio della superficie dei collettori

Un calcolo dettagliato per la superficie del collettore puo essere eseguito con la seguente formula:

$$A_{Koll} = \frac{S_D[\%] \cdot Q_V[kWh/a]}{K_{aus} \cdot S_N[\%] \cdot Q_E[kWh/m^2a]}$$

dove:
A_{Koll} = superficie netta collettore
S_D = tasso di copertura solare [%]
S_N = tasso di sfruttamento solare del sistema [%]
Q_V = consumo energetico per la preparazione dell'acqua calda sanitaria
Q_E = irraggiamento solare della superficie del collettore inclinata al metro quadro
K_{aus} = fattore correzione orientamento ed inclinazione collettore

Avvertenza 1
Il tasso di sfruttamento del sistema deve essere stimato per poter effettuare il calcolo. Naturalmente tale valore potra essere pregiudicato da fattori quali:

- Lunghezza tubazioni (piu lunghe, piu sfavorevole),
- Isolamento delle tubazioni (piu ridotto, piu sfavorevole),
- Orari consumo acqua calda sanitaria non uniformi (quanto più disuniformi, tanto piu sfavorevoli),
- Elevata temperatura di stand-by dell'acqua calda sanitaria (quanto piu elevata, tanto piu sfavorevole)

Esempio
Se, come d'uso nel dimensionamento di un impianto per una casa unifamiliare, si desidera un tasso di copertura ad esempio, del 60%, il tasso di sfruttamento del sistema è da impostare sul limite inferiore pari a circa 30%-35%.
Vedere a riguardo il diagramma nelle pagine precedenti.

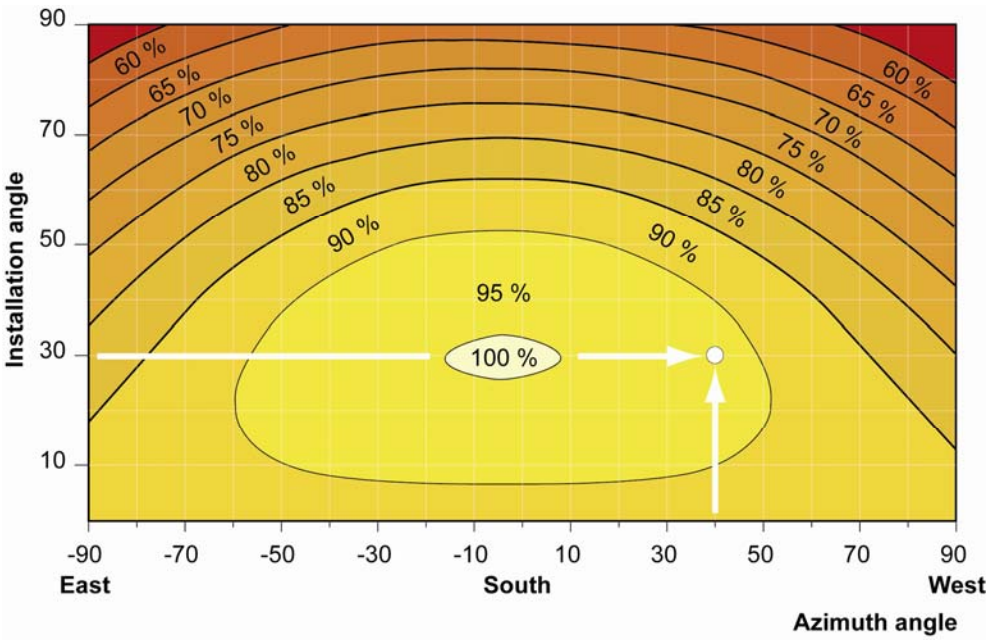
Notes

Avvertenza 2
Per tener conto dei parametri sopra detti ed avere un risultato quanto più aderente alla realta si raccomanda l'utilizzo un programma di simulazione solare.

2.7.2 Regola di massima per sistemi uni o bifamiliari

Per la stima preliminare della superficie del collettore **in Italia**, considerando una copertura solare desiderata del 60-70% e un orientamento verso sud, si applica in pratica con successo la seguente regola di massima:

- **Superficie utile per persona: 1,2 m² al Nord, 1 m² al centro , 0,8 m² al Sud**
- La lavatrice e la lavastoviglie devono essere considerate se sono allacciate all'acqua calda. Ogni 50 l andrebbe calcolato 1 m² di superficie extra. In presenza di un solo apparecchio sarebbero da considerare 0,5 m² in più.
- Un ricircolo di 8 ore al giorno equivale al consumo d'acqua calda di una persona in più.
- Lo schema seguente mostra la percentuale di riduzione del rendimento in funzione dell'orientamento e dell'inclinazione dei collettori. La superficie può essere ampliata in funzione della riduzione del rendimento (vedere l'esempio riportato).



Rendimento solare in base all'orientamento e all'inclinazione della superficie dei collettori

Scopo del dimensionamento: la caldaia dovrebbe rimanere spenta in estate -> svantaggio: l'utilizzo dei collettori diminuisce.

Notes

Esempio di calcolo della superficie dei collettori:
Dati:
– Località: centro Italia
– Orientamento: + 45° (sud-ovest)
– Inclinazione del tetto: 30°
– 4 persone
– 1 lavastoviglie con allacciamento all'acqua calda (calcolato come 0,5 m²)
– Ricircolo di 20 m, 10 h al giorno (calcolato come 1 m² in più)

$$A = 4\,m^2 + 1\,m^2 + 0{,}5\,m^2 = 5{,}5\,m^2$$

A Superficie dei collettori richiesta:

A causa della divergenza dall'orientamento verso sud, la superficie è ampliata per un fattore k = 1/0,95.
Con orientamento a sud-ovest e inclinazione del tetto di 45°, il rendimento è inferiore del 5% rispetto ad un orientamento a sud-ovest con inclinazione del tetto di 30°.

Correzione della superficie dei collettori per divergenza di orientamento:

$$A_{Korr} = A \times k = 5{,}5\,m^2 \times 1{,}053 = 5{,}79\,m^2$$

Numero di collettori piani:

$$Numero\,di\,collettori = \frac{A_{Korr}}{A_{Koll}} = \frac{5{,}8\,m^2}{2{,}35\,m^2} = 2{,}5\,collettori$$

La decisione se utilizzare 2 o 3 collettori dipende dalla copertura solare desiderata e/o da quanto il cliente intende spendere.

Avvertenza
Questa forma di dimensionamento apparentemente semplice del collettore nell'ambito degli impianti piccoli gode nella pratica di grande applicazione.
Motivo: Poiche per un impianto per casa unifamiliare non vale la pena con poche eccezioni di far realizzare il collettore secondo le dimensioni calcolate, si fa razionalmen-

Notes

te uso delle dimensioni modulari in commercio, disponibili nelle dimensioni modulari dei singoli costruttori.
In questi casi il dimensionamento della superficie del collettore con decimali si rende logicamente superfluo!

2.7.3 Dimensioni del bollitore bivalente

I valori picco del consumo di acqua calda si registrano nelle ore mattutine e serali, quando il sole non splende ancora o non splende più. Va altresi tenuto in considerazione che possono alternarsi giornate nuvolose a giornate con elevato irraggiamento solare. La compensazione in termini di tempo tra l'offerta di calore del collettore e il fabbisogno di acqua calda determina il volume del bollitore.
Per comfort ed efficienza energetica ottimali sono progettati boiler che determinano un volume chiaramente piu grande rispetto ai sistemi di riscaldamento tradizionali.
La sicurezza di approvvigionamento è assicurata dal riscaldamento ausiliario, che in caso di necessità riscalda la parte superiore del boiler alla temperatura nominale. Per un utilizzo efficiente l'energia solare disponibile si immagazzina nella parte inferiore del boiler dove c'e il livello di temperatura più basso possibile. Prelevando acqua calda dal boiler viene alimentata automaticamente acqua fredda sanitaria nella parte inferiore del boiler stesso. Si crea una precisa stratificazione della temperatura.
La configurazione del boiler solare si orienta da un lato al fabbisogno di acqua calda e alle esigenze dell'utente e dall'altro deve adattarsi alla superficie collettore scelta.
Il volume dei boiler non deve comunque essere sovradimensionato. Infatti se il boiler è troppo grande è possibile che la caldaia debba integrare anche in estate!

Utenze uni e bifamiliari

Di norma per i sistemi solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria di utenze uni e bifamiliari il bollitore dovrebbe essere da 1,5 a 2 volte più grande del fabbisogno di acqua calda giornaliero, in modo che in un giorno nuvoloso sia possibile attingere al suo contenuto per soddisfare la capacità richiesta.

$$V_{boll} = (1{,}5 \div 2) \times m$$

Grandi utenze

Quando si effettua il dimensionamento boiler solari per grandi impianti, bisogna calcolare prima il volume di bollitore standard da tenere in temperatura in relazione alla:

Notes

- tipologia delle utenze stesse (residenziale, ricettivo, sportivo, etc).
- contemporaneità di prelievo
- della potenza della caldaia;

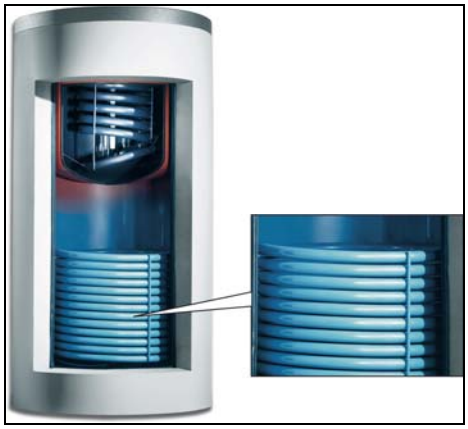
Per fare questo si possono utilizzare i metodi di calcolo consolidati dalla norma UNI 9182 (es. metodo Caleffi).

Fatto questo, per il dimensionamento del bollitore solare, vale la seguente semplice regola empirica: il volume del boiler solare per l'acqua sanitaria viene dimensionato raddoppiando il volume di bollitore standard calcolato per il consumo quotidiano di acqua calda.

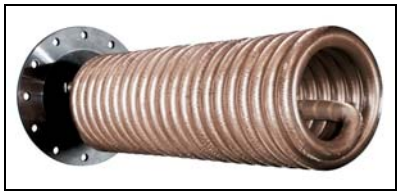
$$V_{boll} = 2 \times V_{stand}$$

Nota
In generale la capacità del bollitore solare dovrebbe garantire 50-70 l per 1 m^2 di superficie di assorbimento.

Scambiatore di calore interno
Un altro parametro da tenere in conto per il dimensionamento del bollitore è lo scambiatore di calore interno. Per i bollitori con serpentina a tubo liscio interna, la regola prevede che lo scambiatore di calore occupi un'area di almeno 0,2 m^2 per una superficie di assorbimento di 1 m^2; nelle serpentine con tubo alettato, il dato relativo all'area è di 0,3-0,4 m^2 per una superficie di assorbimento di 1 m^2.



Bollitore con serpentina a tubo liscio



Serpentina dello scambiatore di calore a tubo alettato

Notes

Esempio di calcolo delle dimensioni del bollitore

Informazioni richieste:

- Fabbisogno giornaliero di acqua calda sanitaria di 160 l -> capacità approssimativa del bollitore 300 l
- Numero di collettori 2, VFK 145 V
- Superficie di apertura 4,7 m^2 x 50 l/m² = 235 l
- Superficie minima di uno scambiatore di calore con serpentina a tubo liscio di 4,7 m^2 x 0,2 m^2/m^2 = min. 0,94 m²

Bollitore scelto nella gamma di bollitori solari Vaillant: VIH S 300

Serpentina dello scambiatore di calore solare a tubo liscio 1,6 m² (scheda tecnica)

Nota:

I parametri del bollitore solare VIH S 300 lo rendono adatto per 2-3 collettori modello VFK 125, 145 V/H, 155 V/H o VTK 1140, oppure per fino a 6 collettori modello VTK 570.

Dimensioni del bollitore e perdite di calore

A seconda della capacità calcolata del bollitore, spesso si presenta la questione di come andrebbe suddivisa la capacità richiesta tra più bollitori.

Dal punto di vista dell'efficienza energetica, un bollitore di grandi dimensioni è meglio di diversi bollitori piccoli (a parità di capacità totale). Per quanto riguarda la superficie, il rapporto volumetrico è migliore con un solo bollitore che con diversi bollitori di piccole dimensioni, ossia le perdite di calore specifiche attraverso la superficie del bollitore sono inferiori. Inoltre vi sono complessità nelle tubazioni e nel controllo.

In un bollitore, le perdite di calore non avvengono solo attraverso la superficie del cilindro, ma anche (e più significativamente) attraverso la circolazione "tubo in tubo". Queste perdite per convezione possono portare ad un raffreddamento più rapido del bollitore. Onde evitarle, è necessario installare dei circuiti a U sui raccordi o delle valvole di non-ritorno. Prestare anche attenzione a un isolamento adeguato dei collegamenti del bollitore.

Perdita di energia in standby

La perdita di energia in standby attraverso la superficie del bollitore VIH S 300 è di 1,9 kWh/24h. Da questo valore è possibile calcolare:

Notes

$$\Delta T = \frac{Q_V}{c \times m} = \frac{1900\,Wh/24\,h}{1{,}163\,Wh/kgK \times 300\,l} = 5{,}4\,K$$

ΔT Differenza di temperatura nel bollitore dopo 24 h
Q_V Dispersione di calore
c Potere calorifico dell'acqua
m Contenuto d'acqua

La diminuzione di temperatura nel bollitore in standby nel giro di 24 h è di 5,4 K.

Influenza del post-riscaldamento del boiler sulla configurazione
Dal punto di vista energetico, l'impianto solare deve essere combinato possibilmente sempre con un post-riscaldamento temporizzato. In pratica ciò significa che il post-riscaldamento deve essere attivato solo un po' prima del momento di prelievo dell'acqua calda sanitaria, per esempio nel tardo pomeriggio. Con ciò si soddisfano tre importanti premesse per una elevata raccolta solare e il comfort dell'acqua calda sanitaria:

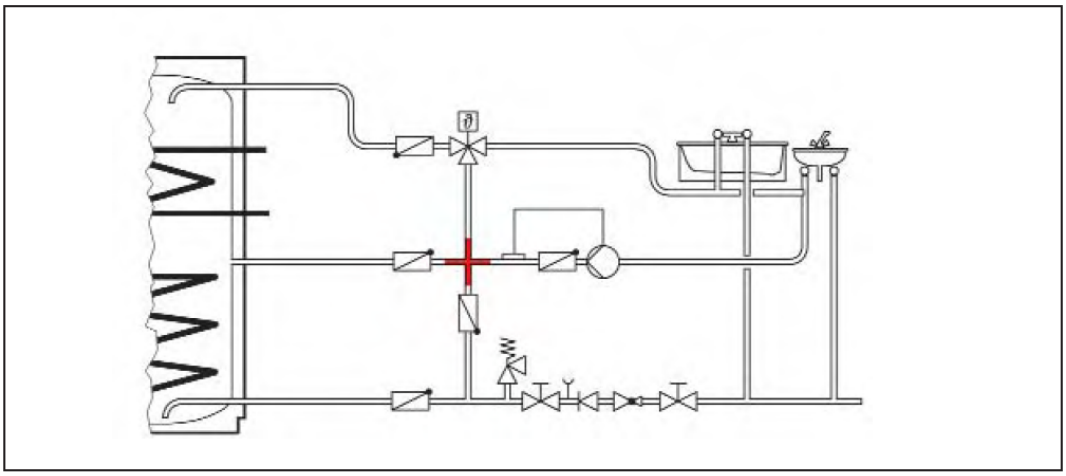
- Durante il giorno il boiler può essere caricato in larga misura con l'energia solare.
- I prelievi di acqua calda sanitaria serali possono essere effettuati senza perdita di comfort.
- Sino alla mattinata successiva, tutta l'energia convenzionale verrà "consumata sotto la doccia".

Installazione di un miscelatore termostatico
Negli impianti solari si possono verificare nella zona dell'acqua sanitaria temperature di oltre 60°C. Qui la protezione dell'utente dalle ustioni è particolarmente importante. Pertanto l'installazione di un miscelatore termostatico per limitare la temperatura a 60°C è obbligatoria. Una limitazione lato solare della temperatura del boiler a 60°C non è consigliabile in quanto contraria ad una elevata raccolta solare.

Attenzione
Installando miscelatori termostatici nei circuiti di acqua sanitaria con ricircolo, si deve fare attenzione al collegamento idraulico del ritorno di ricircolo con l'entrata di acqua fredda del miscelatore termostatico. Altrimenti, nel normale funzionamento della circolazione senza contemporaneo prelievo, si verifica un "bypass" del miscelatore.

Notes

Il miscelatore tenta di aggiungere acqua sanitaria fredda, ma senza prelievo non c'e ingresso. Se in un tale caso l'acqua raggiunge con 90°C, per esempio, il miscelatore, lo passa senza venire raffreddata. Inserendo invece un circuito di ritorno del ricircolo, si realizza un bypass nel sistema di ricircolo, finche la temperatura dell'acqua scende nuovamente al valore impostato di, per esempio, 60°C.



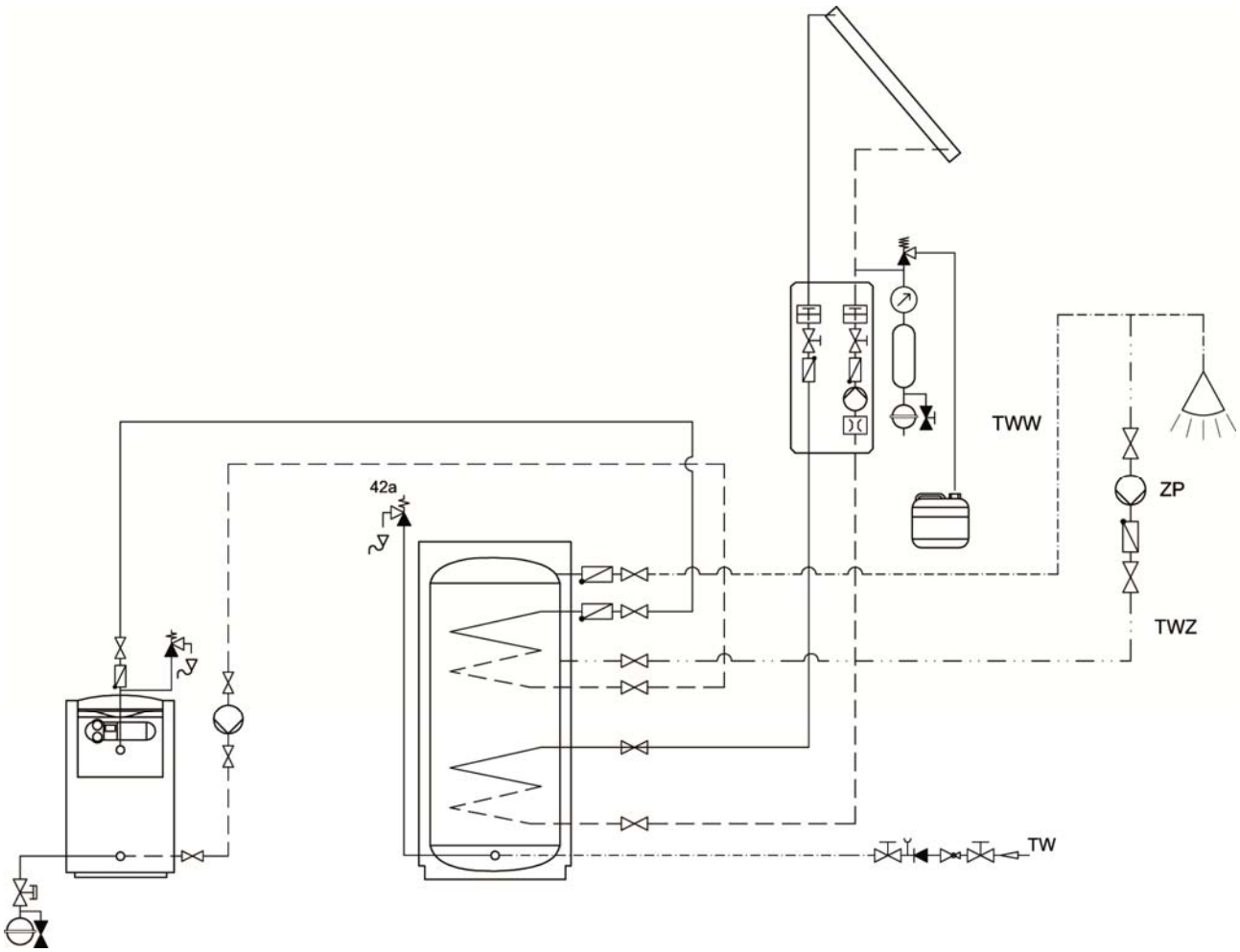
Collegamento del ritorno del ricircolo con l'ingresso acqua fredda del miscelatore termostatato

Notes

Impianto con bollitore bivalente a due serpentine

L'energia solare entra dalla parte inferiore del bollitore. Il calore generato sale verso l'alto finché l'intero bollitore è riscaldato alla temperatura massima.

La parte superiore del bollitore è ulteriormente riscaldata (post-riscaldamento) con metodi convenzionali.



Notes

3 Dimensionamento di impianti solari per la produzione di acqua calda sanitaria e l'integrazione del riscaldamento

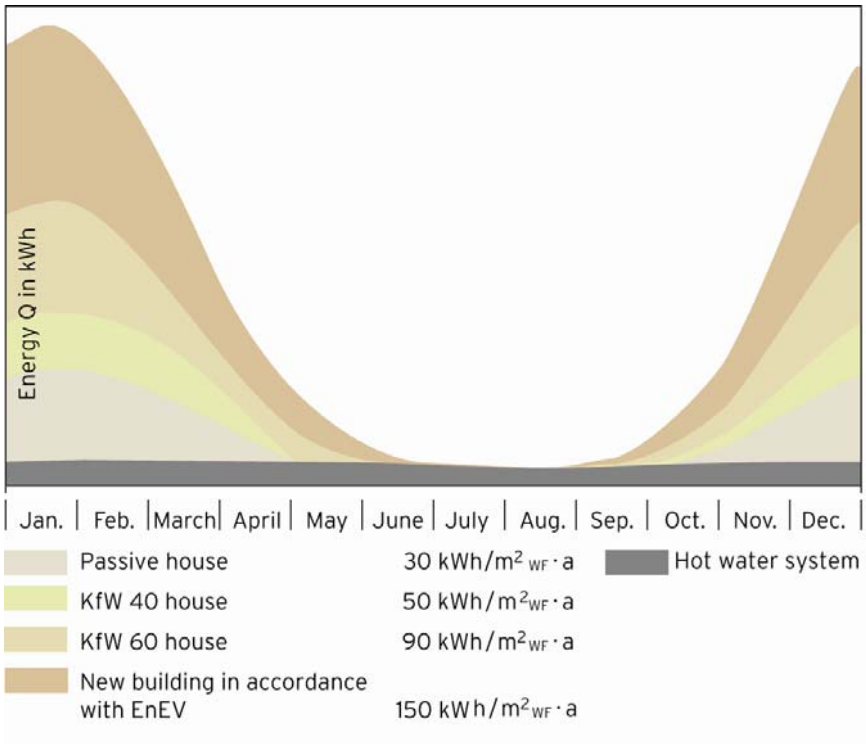
3.1 Considerazioni generali

I sistemi solari termici con funzione di integrazione del riscaldamento ambiente forniscono parte dell'energia per il riscaldamento dell'edificio e al contempo producono acqua calda sanitaria ad uso domestico. La superficie dei collettori e la capacità del bollitore, quindi, devono essere sostanzialmente maggiori rispetto a quelle di un impianto che fornisce solo acqua calda.

In conclusione si ottengono quindi delle notevoli eccedenze in estate.

La progettazione di impianti solari termici con funzione di integrazione del riscaldamento richiede le seguenti informazioni di base:

– Fabbisogno termico dell'edificio/fabbisogno di calore effettivo (da non confondere con la capacità del bollitore installato)
– Per impianti esistenti: consumo annuo di energia e consumo di energia nei mesi estivi ed invernali
– Dimensioni della superficie da riscaldare
– Temperature dell'impianto di riscaldamento: a pavimento / a radiatori.

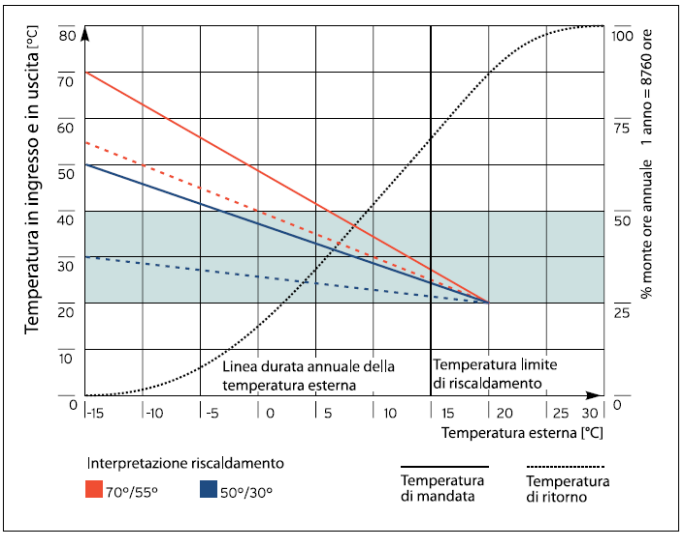


Fabbisogno di energia per diversi livelli di isolamento

Notes

Considerazioni generali per la progettazione

- Edifici con fabbisogno specifico di calore basso (W/m^2) tramite l'integrazione del riscaldamento solare risparmiano di più sulle spese del combustibile rispetto agli edifici ad alto consumo di energia.
- La temperatura di ritorno del sistema è importante per il rendimento dell'impianto: riscaldamenti a pavimento con temperatura di ritorno max. di 35°C per tutto il periodo sono considerati favorevoli. Quanto più basso è il livello di temperatura disponibile in un impianto solare, tanto più esso funziona in modo efficace. Il campo di lavoro ottimale per l'integrazione del ritorno del circuito di riscaldamento è 20-40°C. Si consiglia in particolar modo la combinazione di un impianto solare con riscaldamento a parete o a pavimento.
- Più alto è il tasso di copertura solare, più alte sono anche le perdite estive. Il collegamento di ulteriori utenze estive come piscine diventa una priorità elevata.
- L'inclinazione del campo collettore è più importante rispetto agli impianti per il riscaldamento dell'acqua sanitaria: le inclinazioni più ripide tra i 45° e i 60° sono preferibili, poiché aumentano l'irraggiamento sul collettore nel periodo di transizione e in inverno e in estate riducono le eccedenze.
- Un tetto che guarda a sud-ovest è da preferire rispetto a una superficie che guarda a sud-est. Il motivo è una più elevata temperatura esterna nei pomeriggi invernali.
- L'impianto solare non può sostituire sistemi di riscaldamento tradizionali e non può neanche ridurne la potenza.



Come è dimostrato, con la configurazione dei circuiti di riscaldamento con temperatura di 70°C/55°C si può raggiungere i 40°C di ritorno solo quando la temperatura esterna supera il 0°C. Questo non è il caso per circa il 20% delle ore annuali. Con una configurazione del circuito di riscaldamento con 50°C/30°C invece si possono creare le condizioni ottimali per tutta la stagione di riscaldamento.

Notes

3.2 Superficie dei collettori

La superficie dei collettori non dovrebbe essere troppo grande per limitare le eccedenze estive. D'altra parte si cerca naturalmente di ottenere un tasso di copertura solare possibilmente elevato. Quanto meglio l'edificio è isolato, tanto meglio l'intento riuscirà.
I fattori che influenzano il dimensionamento sono:

- Il fabbisogno di acqua calda sanitaria.
- La copertura solare desiderata per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria.
- Il tipo di collettore (collettore piano o a tubi).
- La località/le condizioni atmosferiche.
- L'orientamento e l'inclinazione.
- Il fabbisogno di calore per il riscaldamento dell'edificio.
- Le temperature di lavoro dei circuiti di riscaldamento.

Dimensionamento classico

Per il dimensionamento classico della superficie del collettore e del boiler sono riassunte qui di seguito alcune regole di massima (si consiglia naturalmente l'uso di un software dedicato).
Premesse per l'integrazione solare del riscaldamento:

- Un fabbisogno di calore dell'edificio ridotto.
- Temperature di andata e di ritorno basse.
- Circuiti di riscaldamento ben regolati.
- Orientamento favorevole del collettore.

L'impianto solare dovrebbe essere dimensionato in modo tale che in una casa unifamiliare con standard di coibentazione termica ottimale si raggiunga una copertura solare totale per l'acqua calda sanitaria ed il riscaldamento pari a ca. il 20-25%.

Per una tale copertura si può calcolare approssimativamente per ogni 10 m^2 di superficie abitata:

- **Nord Italia: 0,8 - 1,1 m^2 (netta) di collettori piani**
- **Centro Italia: 0,85 - 0,6 m^2 (netta) di collettori piani**
- **Sud Italia: 0,65 - 0,5 m^2 (netta) di collettori piani**

Nel caso di collettori a tubi sottovuoto, ridurre le superfici sopra riportate **del 20%.**

Notes

Dimensionamento speciale
Allo scopo di minimizzare le eccedenze estive, il dimensionamento per l'integrazione solare del riscaldamento si orienta verso la riduzione della superficie solare.
In questo caso la base di calcolo parte dal dimensionamento sanitario, secondo la regola descritta di seguito: *la superficie minima dei collettori di un impianto solare termico con funzione di integrazione del riscaldamento equivale al doppio della superficie di un impianto per la fornitura di acqua calda con elevata copertura solare (da 1,2 m² a quasi 1,5 m² per persona x fattore 2)*.

Esempio:
Casa unifamiliare di nuova costruzione, secondo le disposizioni EnEV, 160 m^2 di superficie utile, 8 kW di fabbisogno di calore, 4 persone, esposizione a sud, inclinazione 30°
1: 4 x 1-1,5 = 4-6 m^2 superficie collettore per riscaldamento dell'acqua sanitaria
2: 4-6 m^2 x 2 = 8-12 m^2 superficie collettore per integrazione del riscaldamento
3: Volumi boiler: 50-80 l x 12 = 600-960 l boiler tampone

Scelto: 4 collettori a tubi Vaillant VTK 1140/2 con superficie utile di collettore di 8 m^2 o 4 collettori piani Vaillant VFK 155 con superficie utile totale di collettore di 10,04 m^2 nonché boiler combinato Vaillant auroSTOR VPS SC 700.
Questo esempio rappresenta il possibile limite inferiore. La scelta di 5 VTK 1140/2 con 10 m^2 di superficie collettore utile o 5 VFK 155 con un totale di 12,55 m^2 di superficie collettore utile è fortemente consigliata.

3.3 Dimensioni del bollitore
In linea di principio andrebbe calcolata la seguente capacità del bollitore:
50-80 l per m² di collettore.

3.4 Simulazione
I suggerimenti sul dimensionamento precedentemente forniti sono la base per una simulazione iniziale. La decisione finale sulla scelta del sistema deve tenere conto non solo dei risultati della simulazione, ma anche di singoli parametri del luogo di installazione. Questi includono tipo di edificio, rapporto tra le dimensioni dell'edificio e il fabbisogno di calore, temperatura prevista dal progetto (dipendente dalla posizione geografica) e temperatura ambiente desiderata. È importante specificare nel modo più reali-

Notes

stico possibile l'impianto di riscaldamento e il fabbisogno di calore dell'edificio, in modo che la simulazione e il dimensionamento forniscano un risultato plausibile.
I sistemi combinati producono molto calore in eccesso nei mesi estivi (a condizione che non vi sia la presenza di una piscina) e pertanto occorre sempre trovare un compromesso tra la frazione solare e l'economicità dell'impianto.

Notes

4 Progettazione di sistemi con piscina

Un impianto di riscaldamento per piscina offre condizioni ottimali per un uso efficace di un sistema solare termico, con alte percentuali di raccolta e utilizzazione.

4.1 Concetti per l'impianto

Per il solo riscaldamento delle piscine si impiegano pannelli di assorbimento di semplice struttura e convenienti in EPDM o in altri materiali, con passaggio diretto dell'acqua della piscina. Questi impianti vengono installati nelle piscine all'esterno con utilizzo esclusivamente estivo.
Gli impianti solari di integrazione del riscaldamento in case private unifamiliari o bifamiliari possono essere combinati in modo ideale con un riscaldamento solare di una piscina. Detti impianti vengono dimensionati per l'integrazione del riscaldamento nelle stagioni intermedie e sono quindi previsti con superfici di collettori relativamente grandi. Durante i mesi estivi, il riscaldamento degli ambienti non è necessario. È quindi razionale utilizzare le eccedenze estive per il riscaldamento di una piscina, ottenendo in totale maggiori tassi di sfruttamento dell'impianto solare combinato.
La combinazione del riscaldamento dell'acqua sanitaria e dell'integrazione del riscaldamento è realizzata tramite un boiler solare combinato o una stazione acqua sanitaria in combinazione con boiler tampone.
L'acqua della piscina viene riscaldata in uno scambiatore di calore esterno a fascio tubiero, direttamente dal circuito solare. In opzione è possibile un post-riscaldamento convenzionale dell'acqua della piscina tramite un secondo scambiatore di calore. Per i relativi schemi consultare il manuale Vaillant di raccolta schemi.

4.2 Schema d'impianto

Il calore solare viene integrato tramite uno scambiatore di calore a fascio tubiero direttamente nel circuito filtro dell'acqua della piscina. In questo caso si dovrebbe installare anche una valvola di bypass sul lato piscina.
Tramite una valvola deviatrice a tre vie viene riscaldatà a scelta la piscina o il boiler per la preparazione dell'acqua calda/l'integrazione del riscaldamento.

4.3 Perdite termiche

Il dimensionamento dell'impianto solare per il riscaldamento di una piscina dipende dall'irraggiamento sul collettore e dal fabbisogno di calore della piscina. Il tipo e l'entità delle perdite termiche di una piscina esterna sono illustrati nella figura seguente.

Notes

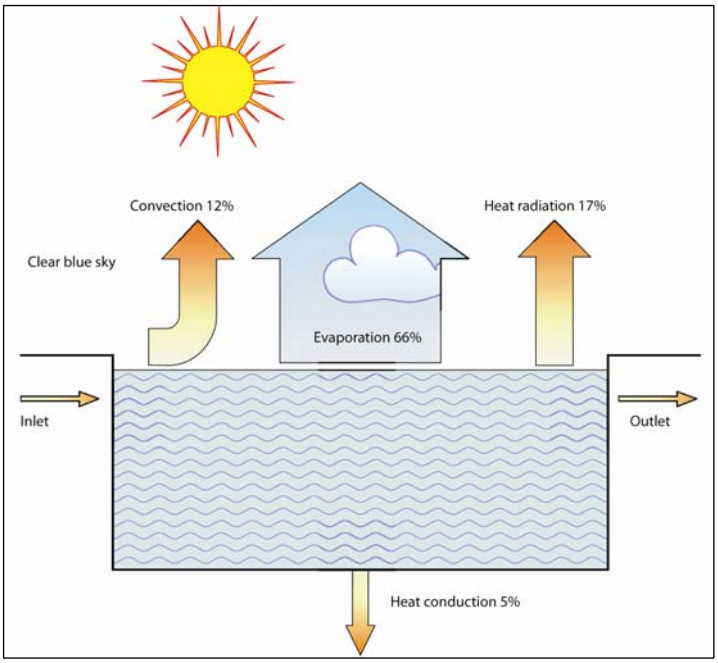


Diagramma di flusso dell'energia per la piscina

È immediatamente evidente l'elevata percentuale delle perdite da evaporazione sulla superficie. Pertanto le piscine private, non importa se all'esterno o coperte, dovrebbero essere provviste in linea di principio di una copertura.
Il fabbisogno energetico di una piscina esterna oscilla in funzione della temperatura dell'acqua, della posizione, della influenza del vento, dei periodi climatici, della profondità dell'acqua, del colore della piscina, del fabbisogno di acqua fresca (frequenza di utilizzo), per stagione tra 150 kWh/m^2 e 700 kWh/m^2 (riferito alla superficie della piscina).
Le perdite termiche di una piscina sono tanto più grandi:

- quanto più grande è la piscina ed in particolare la sua superficie,
- quanto più elevata è la temperatura desiderata dell'acqua (perdite di evaporazione),
- quanto più grande è la differenza di temperatura tra la temperatura dell'acqua e la temperatura dell'aria (nelle piscine al coperto la temperatura dell'aria è di norma più alta di 1-3 K della temperatura dell'acqua),
- quanto più bassa è l'umidità relativa dell'aria, perche quanto più secca è l'aria sopra la superficie dell'acqua, tanto maggiori sono le perdite di evaporazione. Nelle piscine pubbliche coperte esiste di norma un condizionamento dell'aria ambiente, l'umidità relativa dell'aria si aggira generalmente sul 55-65%.

Notes

In aggiunta alle perdite verso l'ambiente si ha un raffreddamento della piscina a seguito dell'ingresso di acqua fresca. Le perdite termiche dipendono quindi anche dalle abitudini degli utenti.

Apporto di calore

Il maggiore apporto energetico nelle piscine esterne è fornito direttamente dall'irraggiamento solare sulla superficie della piscina stessa. La temperatura di una piscina che a fine aprile viene riempita con acqua fredda a 12°C sale da maggio (circa 16°C) fino a luglio (circa 21°C) secondo l'irraggiamento solare.
Con un impianto solare questa temperatura media della piscina può essere aumentata e quindi la stagione dei bagni può iniziare con anticipo e le piacevoli temperature >22°C possono essere protratte fino all'autunno.
Con prolungati periodi di bel tempo la temperatura dell'acqua può comunque salire anche fino a circa 30°C.

4.4 Dimensionamento degli impianti solari per piscine

La seguente tabella illustra i fattori che influenzano per il dimensionamento solare di una piscina:

Variabili che influiscono sul dimensionamento	**Per i seguenti sistemi occorre determinare tutti i dati sul fabbisogno** **- solo riscaldamento della piscina** **- combinazione di sistema solare termico per il riscaldamento della piscina** **- riscaldamento di ACS e integrazione del riscaldamento convenzionale**
Posizione della piscina	Dati meteo, riparo dal vento
Tipo di piscina	Piscina coperta o all'aperto
Parametri della piscina	Circonferenza, superficie, profondità, colore, tipo di copertura
Abitudini dell'utilizzatore	Frequenza di utilizzo, numero di rimozioni della copertura, fornitura di acqua fresca, durata di utilizzo, temperatura impostata e massima temperatura ammissibile
Dati del sistema solare	Progettazione del sistema, tipo di collettori, orientamento e inclinazione, capacità di scambio termico richiesta, ecc.
Post-riscaldamento	Se richiesto per il riscaldamento della piscina

Fattori decisivi per il dimensionamento dei sistemi solari termici per il riscaldamento della piscina

In entrambi i casi (piscine coperte e all'aperto), le regole generali, descritte di seguito, sono il riferimento base per calcolare l'esatta quantità di energia e la copertura solare con l'aiuto di un software di simulazione.

Notes

4.4.1 Dimensionamento di piscine all'aperto

In Europa centrale le piscine all'aperto sono generalmente utilizzate nel periodo compreso tra maggio e settembre.
Per le piscine esterne senza riscaldamento addizionale convenzionale la superficie di assorbimento necessaria è determinabile con sufficiente precisione sulla base di formule empiriche.
La superficie necessaria del collettore dipende soprattutto dalla grandezza della piscina e dalle temperature desiderate per l'acqua. Di norma l'impianto solare viene dimensionato in modo tale da realizzare un aumento medio della temperatura rispetto alla piscina non riscaldata di 3-5 K.
La temperatura della piscina è un fattore decisivo e solitamente varia tra 23°C e 25°C. Data l'elevata quantità d'acqua all'interno della piscina, ogni grado è decisivo per il fabbisogno energetico.
Poiché nelle piscine all'aperto la dispersione attraverso la superficie è molto rilevante, è consigliabile dotare la piscina di una copertura. Una piscina provvista di copertura registra perdite di calore nettamente inferiori. La superficie dei collettori può avere di conseguenza dimensioni più piccole.

La seguente **regola generale** è un riferimento indicativo:

- Dimensioni della superficie di assorbimento per piscina all'aperto con telone di copertura: 0,5-0,6 x superficie della piscina
- Dimensioni della superficie di assorbimento per piscina all'aperto senza telone di copertura: 0,8-1,0 x superficie della piscina

La maggior parte delle perdite è dovuta all'evaporazione, che è favorita dalle differenze di temperatura e umidità dell'aria tra la piscina e l'area circostante. Anche il vento, il numero di fruitori e il tipo di utilizzo sono fattori che aumentano le dispersioni dovute all'evaporazione attraverso il movimento dell'acqua.

Esempio:
Richiesto: impianto solare per la preparazione combinata dell'acqua calda, integrazione del riscaldamento e riscaldamento di una piscina esterna.
Dati: superficie abitativa 230 m^2, 4 persone, fabbisogno di calore 11,5 kW, piscina con vasca di 24 m^2 di superficie, posizione protetta, profondità 1,5 m, con copertura, tempo di utilizzo da maggio a settembre.

Notes

Per l'integrazione solare del riscaldamento sono stati scelti 6 collettori auroTHERM plus VFK 155. Il rapporto superficie di assorbimento/superficie vasca è di 0,58.
Con l'impianto solare si possono compensare le perdite termiche notturne ed ottenere in aggiunta un aumento della temperatura di 0,5-1°C al giorno. Se per esempio la vasca, dopo un periodo di cattivo tempo, aveva una temperatura di 20°C servono circa 3-4 giorni per arrivare ad una temperatura piacevole di 23°C.
La copertura riduce le perdite termiche e il raffreddamento dell'acqua nella vasca durante i periodi di cattivo tempo.

4.4.2 Dimensionamento di piscine coperte

Tra le piscine coperte e le piscine all'esterno ci sono tre differenze essenziali:
- le piscine coperte vengono utilizzate prevalentemente durante l'inverno, quando l'irraggiamento solare è minore,
- un livello di temperatura notevolmente più elevato di 26°C-30°C,
- spesso e necessario anche un condizionamento dell'aria ambiente (almeno nelle piscine coperte pubbliche).

Il fabbisogno energetico delle piscine al coperto dovrebbe essere ben calcolato.
Se si desidera una temperatura costante della vasca per tutto l'anno, le piscine al coperto devono essere riscaldate in modo bivalente, tramite il supporto di una caldaia.
Obiettivo del dimensionamento dei collettori per le piscine coperte dovrebbe essere la copertura al 100% del fabbisogno di calore nei mesi estivi e una copertura annua di circa il 65%.

Nel dimensionamento di sistemi per piscine coperte, altri fattori importanti per calcolare correttamente il fabbisogno energetico sono la temperatura ambiente e l'umidità relativa.

L'esperienza insegna la seguente regola generale come riferimento indicativo:
- Dimensioni della superficie di assorbimento per una piscina interna senza telone di copertura, per una temperatura di circa **28°C**: 1,0 x superficie della piscina.
- Dimensioni della superficie di assorbimento per una piscina interna con telone di copertura, per una temperatura di circa **28°C**: 0,5 x superficie della piscina.
- Dimensioni della superficie di assorbimento per una piscina interna senza telone di copertura, per una temperatura di circa **26°C**: 0,8 x superficie della piscina.
- Dimensioni della superficie di assorbimento per una piscina interna con telone di copertura, per una temperatura di circa **26°C**: 0,4 x superficie della piscina

Notes

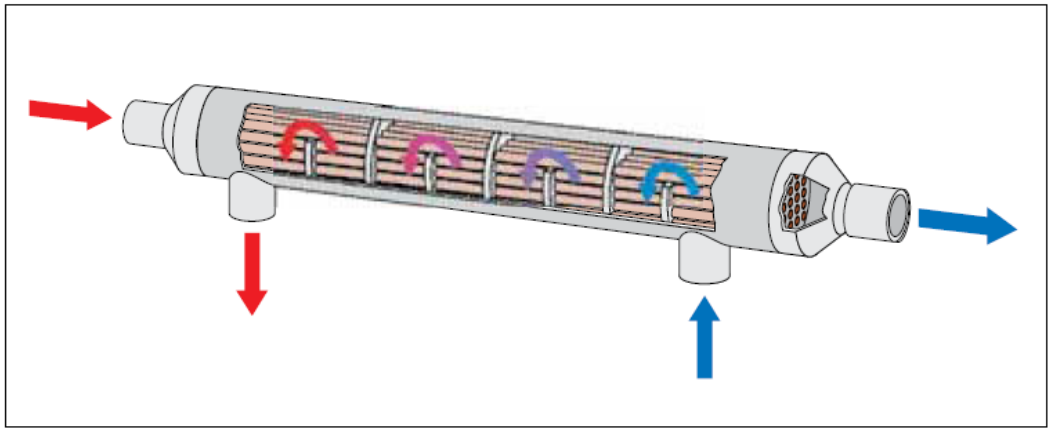
- (base: umidità d'aria ambiente: 60 %, differenza di temperatura aria/acqua: 3K, durata di utilizzo 4 ore/giorno)

4.4.3 Dimensionamento di piscine con sistemi combinati

Per i sistemi solari combinati che prevedono il riscaldamento della piscina, il dimensionamento dovrebbe essere calcolato sulla base del fabbisogno di integrazione del riscaldamento ambiente.

4.5 Scambiatori di calore per piscina

Per evitare danni da corrosione si consiglia di non utilizzare per il riscaldamento dell'acqua di piscine private scambiatori di calore con piastre saldate. Per queste applicazioni sono adatti soprattutto scambiatori di calore a fascio tubiero in acciaio inox, rame o acciaio (fare attenzione alle adatte combinazioni dei materiali).
Altri vantaggi: gli scambiatori di calore a fascio tubiero hanno sezioni di flusso relativamente larghe e quindi presentano una perdita di carico relativamente ridotta. Sono meno soggetti a depositi di sporco.
Per il dimensionamento dello scambiatore di calore la differenza di temperatura media logaritmica tra il circuito del collettore ed il circuito filtri non dovrebbe superare 5-7 K.
Il flusso volumetrico nel circuito del collettore dovrebbe essere almeno di 70-100 l/h per m^2 di superficie collettore in modo da ottenere portate volumetriche appropriate e convogliare così più energia possibile con un basso valore ΔT (con una portata di 70-100 l/h per m^2 di superficie di assorbimento si ha, con un irraggiamento di 800 W/m^2, una differenza di temperatura tra mandata e ritorno di circa 6-8 K).



Scambiatore di calore a fascio tubiero

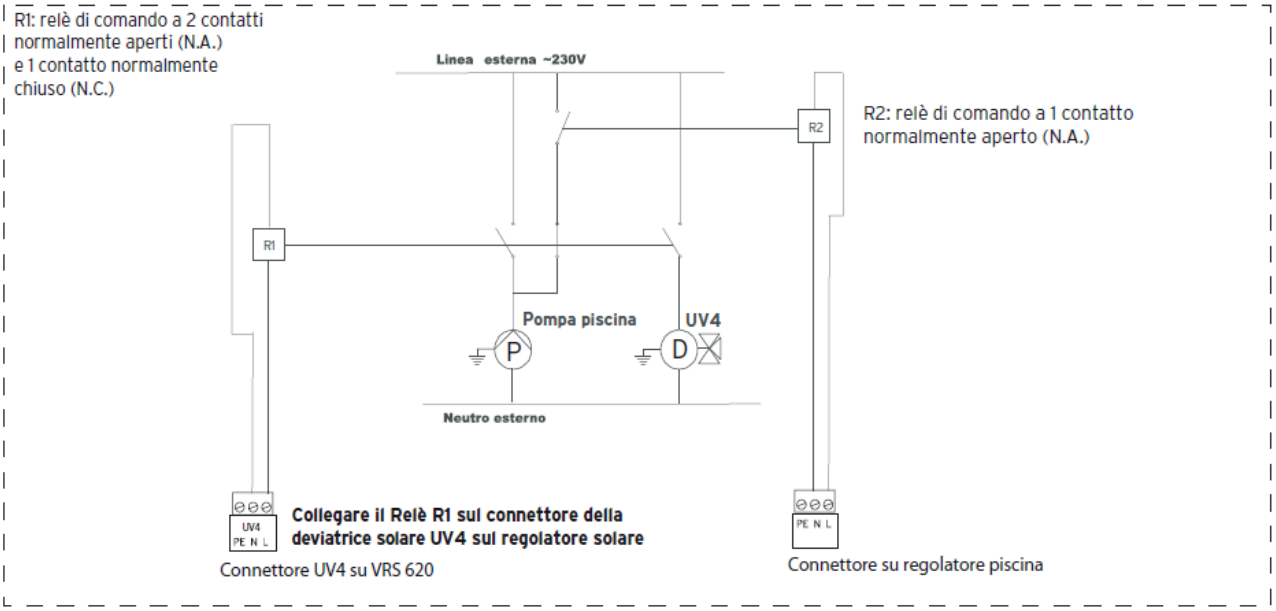
Notes

4.5.1 Controllo del circuito della piscina

Se la valvola deviatrice del circuito solare commuta sulla piscina, mentre la pompa del circuito solare è in funzione, anche la pompa della piscina deve avviarsi per garantire lo scambio termico ed evitare un surriscaldamento nell'area dello scambiatore di calore a fascio tubiero.

La pompa della piscina è controllata da un regolatore da installare sul posto ed è collegata alla centralina solare auroMATIC tramite un relè.

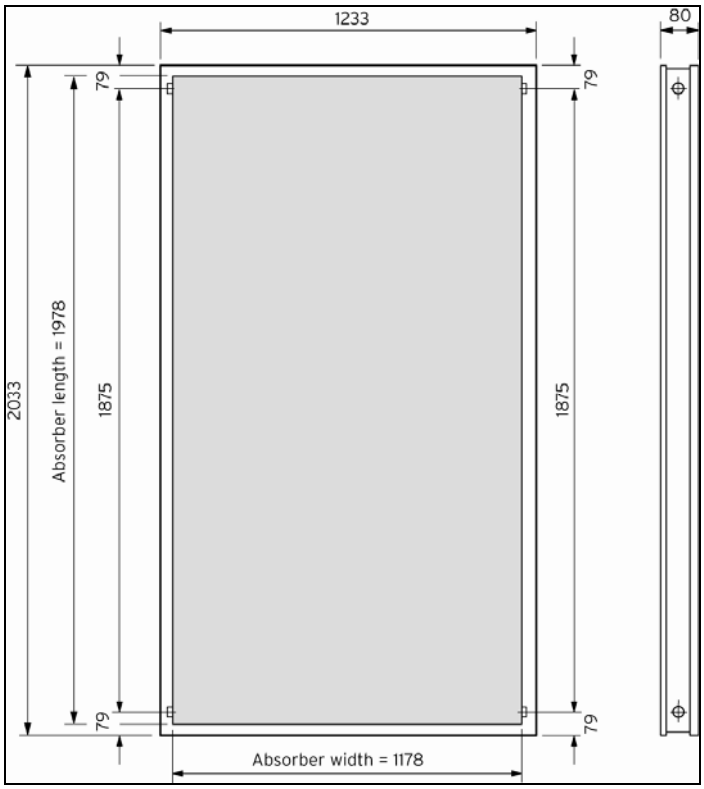
SCHEMA ELETTRICO PER PISCINA
(SCATOLA RELE')



Notes

5 Il circuito solare

5.1 Collettori piani



Collettore VFK, dimensioni esterne

Vaillant offre tre tipologie di collettori piani: auroTHERM pro VFK 125, auroTHERM VFK 145 V/H e auroTHERM plus VFK 155 V/H con vetro antiriflesso. Questi collettori sono disponibili in esecuzione V per montaggio verticale e in esecuzione H per il montaggio orizzontale (ad eccezione del VFK 125). Ciò consente una grande flessibilita di montaggio e di collegamento. La superficie di apertura è di 2,35 m^2.

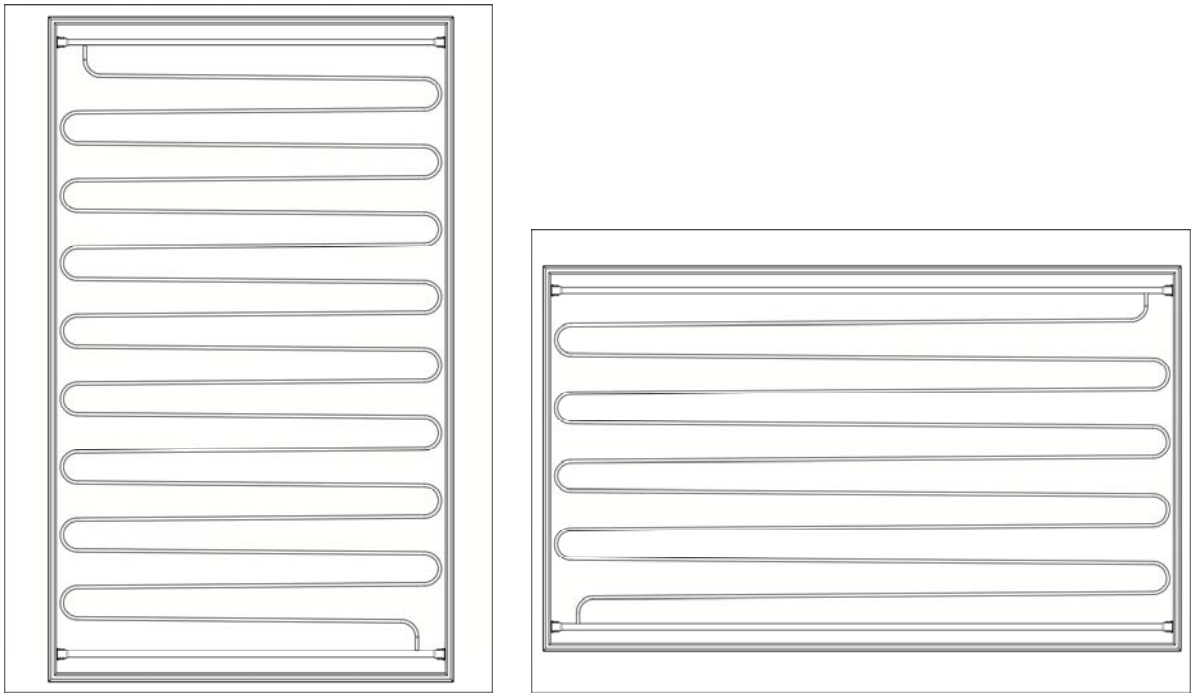
Disposizione dei collettori

I collettori Vaillant auroTHERM VFK V e auroTHERM VFK H hanno l'assorbitore a serpentina e si distinguono, dal punto di vista idraulico, nella disposizione di quest'ultima. Nell'auroTHERM VFK V (V = verticale) la serpentina va dal basso verso l'alto lungo il lato longitudinale.
Nel VFK H (H = orizzontale) nel piano orizzontale lungo il lato trasversale del collettore (vedi figure accanto).

Notes

Le serpentine hanno una sezione ridotta e vengono idraulicamente intercollegate mediante due tubazioni collettrici orizzontali di sezione maggiore, in modo da offrire vantaggi specifici nel collegamento in parallelo interno dei sistemi VFK V e VFK H.
La sezione ridotta crea un flusso turbolento con buona trasmissione del calore.
Gli assorbitori a serpentina assicurano un riempimento ed uno scarico ottimali.
I due tipi di collettori presentano ottime caratteristiche di stagnazione. Il collettore scarica da un livello molto basso di formazione del vapore. La stabilita nel tempo del fluido termovettore aumenta, in quanto in caso di formazione di vapore questo viene espulso in caso di stagnazione più velocemente dai collettori, così che le elevate temperature non pregiudichino il circuito solare e l'agente antigelo. Inoltre si impedisce l'accumulo di bolle d'aria nella serpentina del collettore.
Questa proprietà garantisce un'eccellente protezione contro la stagnazione per il fluido solare e il vaso di espansione, influendo anche sulle dimensioni di quest'ultimo.

Avvertenza:
I collettori del tipo verticale (auroTHERM VFK 125 e auroTHERM plus VFK 155 V) non devono essere montati in orizzontale.
Per analogia vale: il collettore del tipo orizzontale (auroTHERM plus VFK 155 H) non deve essere montato in posizione verticale.



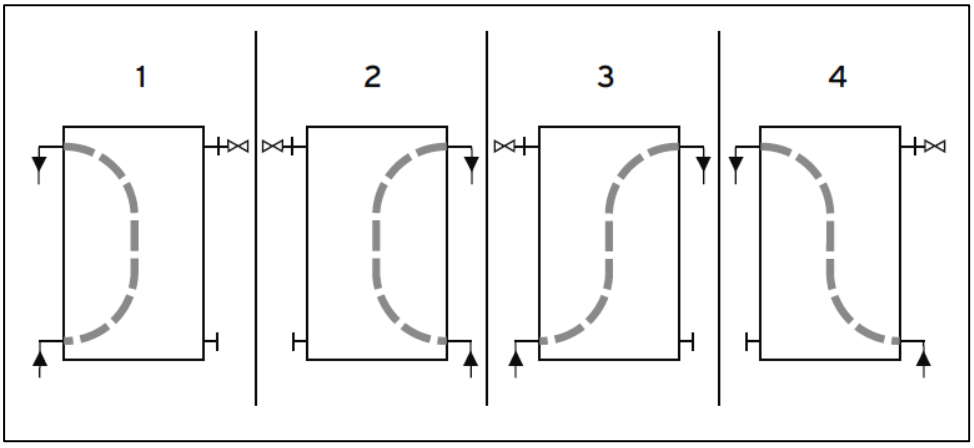
Layout della tubazione degli assorbitori VFK V e VFK H

Notes

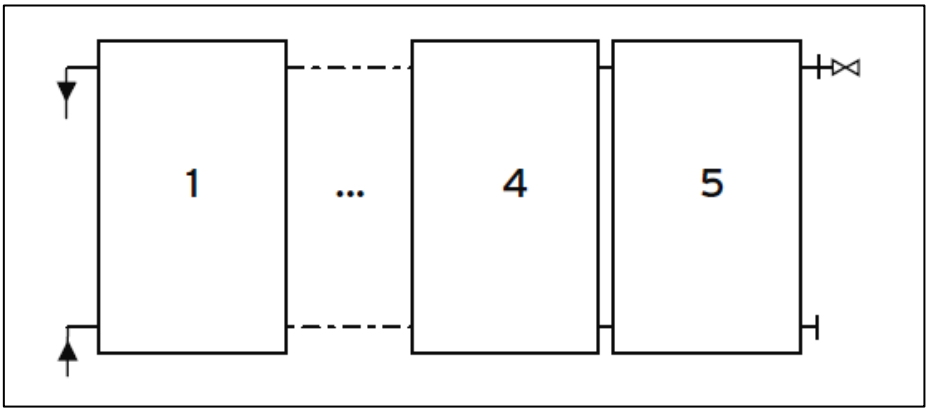
Possibilità di collegamento dei collettori

Ad eccezione dei collettori per il sistema auroSTEP, tutti i collettori sono provvisti di quattro raccordi laterali, sia nell'esecuzione verticale che in quella orizzontale.
Grazie ai quattro raccordi si offrono molte possibilità di collegamento.
In funzione della situazione locale e del numero di collettori la mandata ed il ritorno del campo collettore possono essere realizzati su un lato (**collegamento unilaterale**) o in alternanza sui due lati (**collegamento diagonale**).
Il collegamento idraulico dei collettori auroTHERM viene realizzato in modo rapido e semplice, senza utensili, con raccordi speciali per collettori.

È possibile collegare idraulicamente i collettori piani in diversi modi, come illustrato nell'immagine. La direzione del flusso è comunque sempre dal basso verso l'alto.

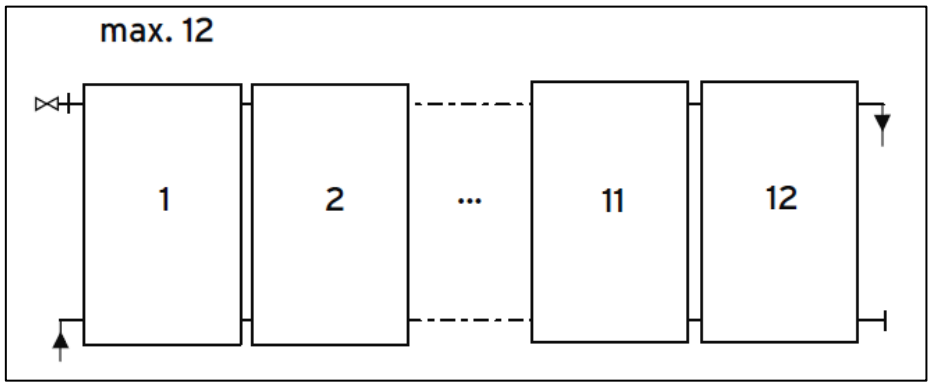


Se si collegano consecutivamente **da 1 a 5 collettori piani**, è possibile disporre i raccordi idraulici di mandata/ritorno su un lato, uno sotto l'altro.



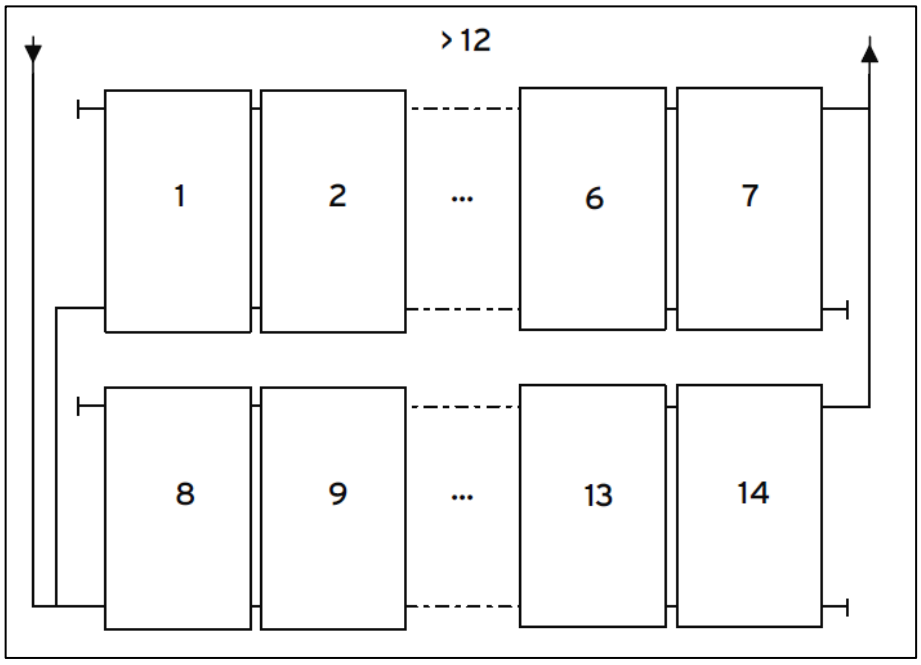
Notes

Se si collegano consecutivamente **da 6 a 12 collettori piani**, è necessario disporre i raccordi idraulici di mandata/ritorno in diagonale per forzare un flusso completo.



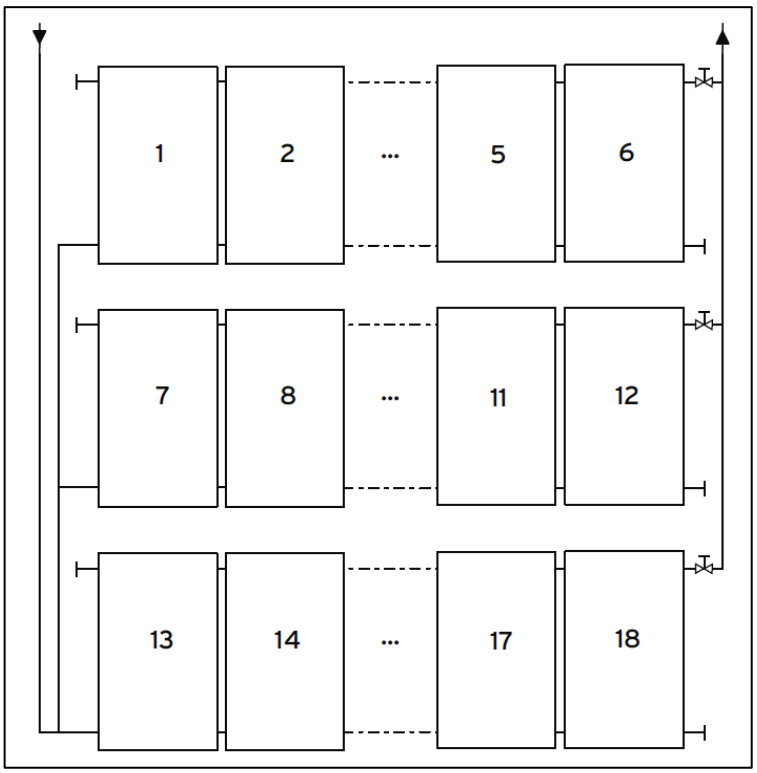
Nel caso si abbiano **più di 12 collettori**, occorre collegare tra di loro idraulicamente le singole file di tutto il campo di collettori sempre in parallelo.

- Collegare in fila il maggior numero possibile di collettori piani, mai però più di 12.
- Collegare in parallelo solo file di collettori con la stessa superficie di apertura per evitare perdite di pressione diverse nei campi di collettori parziali.
- Assicurarsi che, in totale, ogni campo di collettori parziale presenti tubazioni della stessa lunghezza nella mandata e nel ritorno (sistema Tichelmann), per evitare perdite di pressione diverse nelle tubazioni di raccordo.



Notes

In caso di **3 o più file di collettori collegati in parallelo** si applica quanto segue: se non si sfiatano ancora una volta le file singole in occasione della messa in servizio, possono verificarsi inclusioni d'aria. Per lo sfiato delle file singole sono necessarie valvole di intercettazione aggiuntive.



- Montare una valvola di intercettazione su ogni mandata di collettore ("lato caldo") della fila singola.
- Utilizzare esclusivamente valvole di intercettazione omologate per il montaggio in impianti solari.
- Sfiatare il campo di collettori attenendosi alle istruzioni che seguono.

Se la valvola di intercettazione è chiusa o non montata nella posizione corretta, il collettore piano può essere danneggiato dalla sovrapressione: non montare quindi in nessun caso la valvola d'intercettazione sul ritorno del collettore.
Assicurarsi che le valvole d'intercettazione siano aperte durante il funzionamento dell'impianto.
Le file di collettori piani collegate in parallelo devono essere sciacquate e sfiatate singolarmente. A tale scopo, aprire successivamente una sola valvola di intercettazione mentre le altre restano chiuse.
Dopo aver sciacquato e sfiatato tutte le file, aprire tutte le valvole di intercettazione.
Infine sciacquare e sfiatare tutti i campi di collettori insieme. Solo così si garantisce che nei campi di collettori non rimanga aria residua.

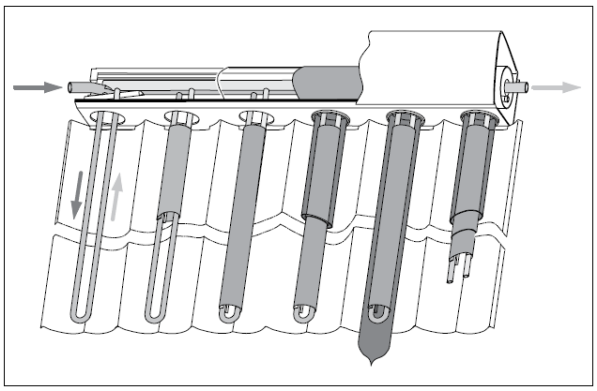
Notes

5.2 Collettori a tubi sottovuoto

Vaillant offre un'unica tipologia di collettori a tubi sottovuoto: auroTHERM exclusive VTK 570/2 e VTK 1140/2, con superfici di apertura rispettivamente di 1 m^2 e 2 m^2. Questi collettori sono disponibili solo in esecuzione per montaggio verticale.

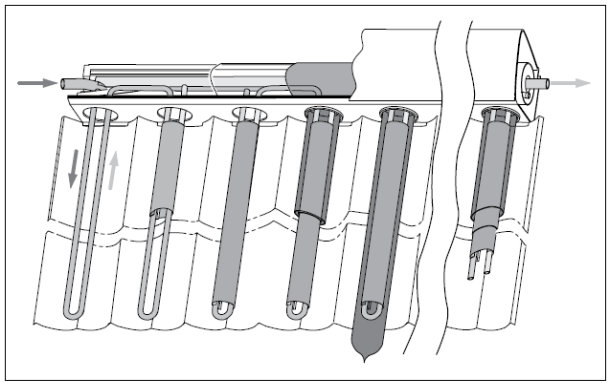
Disposizione dei collettori

Il liquido solare passa i singoli tubi a U, la cui estremita entrante è collegata alla tubazione di distribuzione e l'estremita uscente alla tubazione collettrice.
Nel VTK 570/2 tutti i tubi a U sono collegati in parallelo alla tubazione distributrice e vi passa 1/6 del flusso volumetrico. In questo modo ogni singolo tubo presenta la stessa resistenza idraulica.



Configurazione dell'auroTHERM exclusiv VTK 570/2

Nel VTK 1140/2 sono collegati sempre due tubi a U in serie. Anche qui il flusso volumetrico complessivo del collettore si distribuisce su 6 flussi volumetrici parziali uguali con le stesse perdite di pressione (vedere anche la grafica a fianco).



Configurazione dell'auroTHERM exclusiv VTK 1140/2

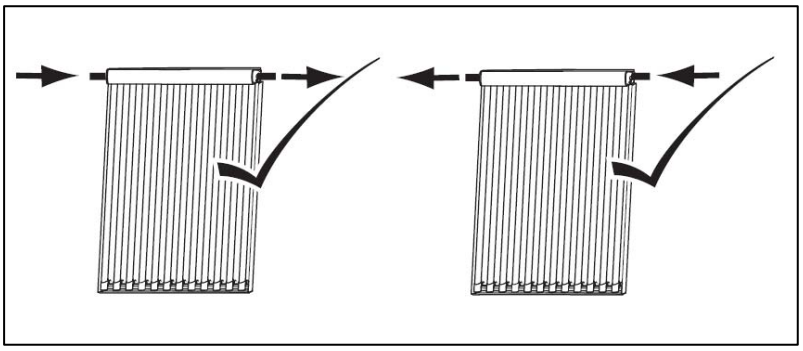
Dal punto di vista del principio di funzionamento e dei valori tecnici il VTK 1140/2 corrisponde a due collettori VTK 570/2 collegati in serie.

Notes

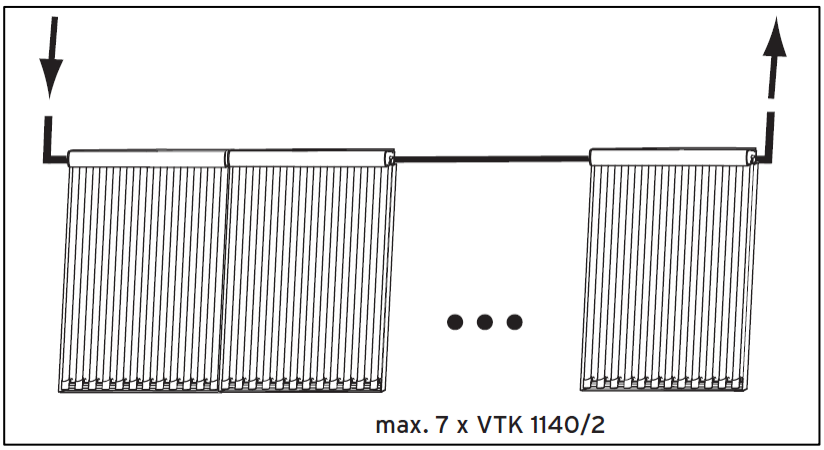
Possibilità di collegamento dei collettori

Sui collettori auroTHERM exclusiv VTK 570/2 e VTK 1140/2 i raccordi si trovano in alto a destra e a sinistra sulle cassette collettrici. In questo modo è possibile collegare in serie piu collettori VTK 570/2 e/o VTK 1140/2 affiancati in modo veloce e semplice.
Quali giunzioni vengono utilizzati pratici anelli di bloccaggio ad avvitamento.
Per entrambi i collettori la mandata ed il ritorno possono essere stabiliti a piacere. In corrispondenza le tubazioni nella cassetta collettrice svolgono la funzione di distribuzione o di collezione.
Anche il posizionamento della sonda collettore (VR 11) e possibile su entrambi i lati del collettore o del campo collettore.
Montare la sonda comunque sempre nel collettore del campo collettore dal quale il liquido solare passa per ultimo.

Notare che il fluido solare scorre nei collettori da sinistra verso destra o da destra verso sinistra.

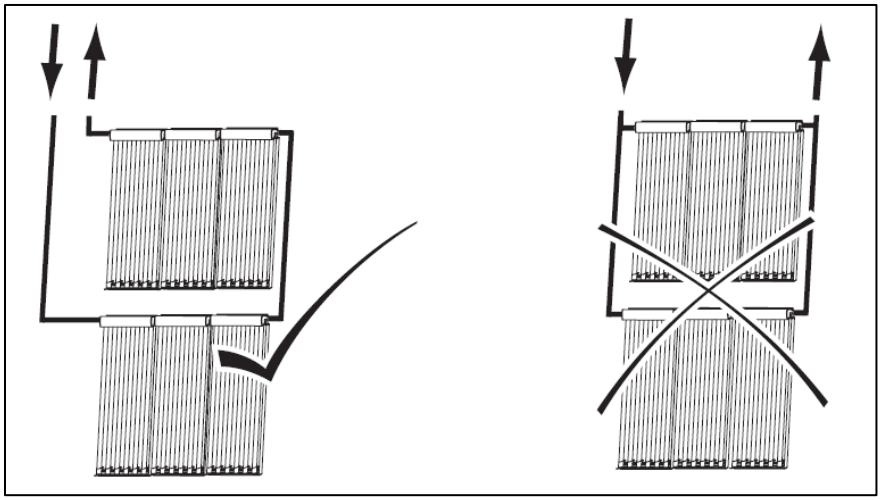


Collegare in serie max 7 collettori VTK 1140/2 o 14 VTK 570/2 (corrispondenti a 14 m^2 di superficie di apertura).

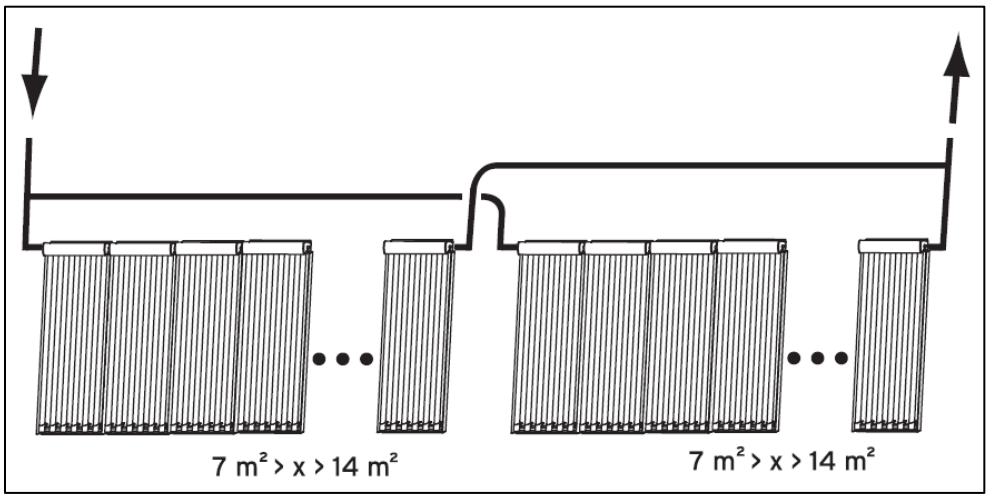


Notes

Collegare in serie il maggior numero possibile di collettori a tubi, anche quando si dispongono più file di collettori sovrapposti.
Fino ad una superficie di apertura di 7 m^2 (3 VTK 1140/2 + 1 VTK 570/2) è necessario collegare i collettori a tubi in serie.

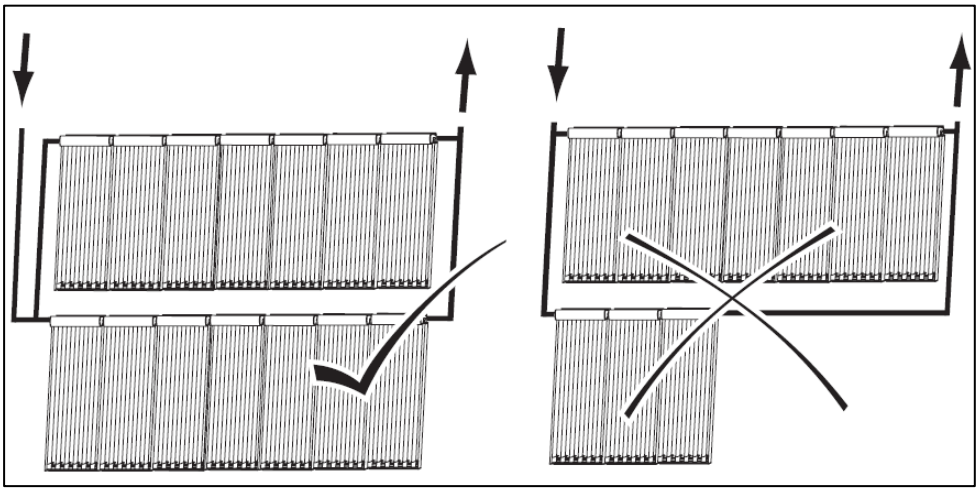


Per superfici di apertura superiori a 14 m^2, collocare più file di collettori in parallelo. Collegare idraulicamente le file di collettori in parallelo. Collegare in serie il maggior numero possibile di collettori a tubi (minimo 7 m^2).

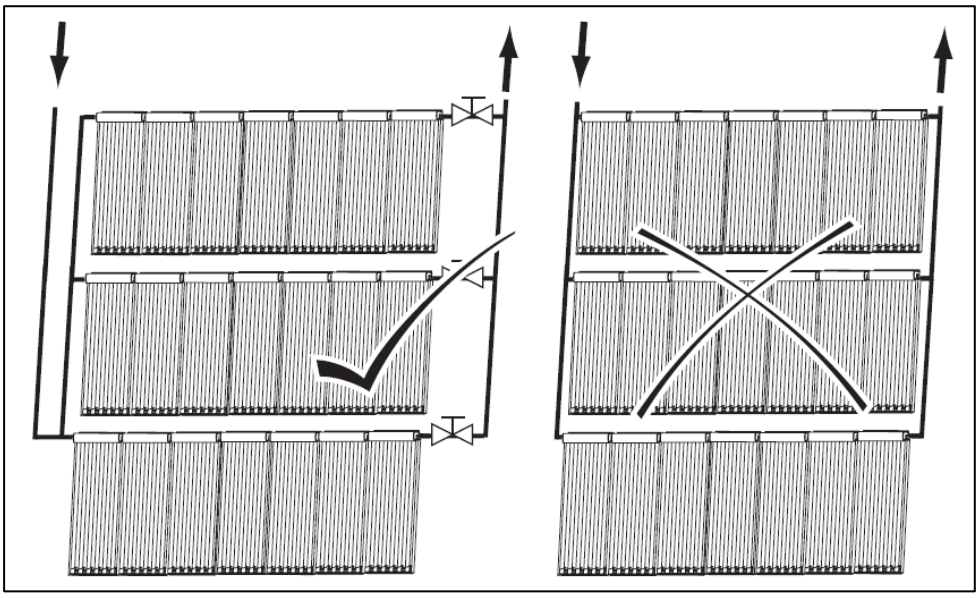


Collegare in parallelo solo le file di collettori con la stessa superficie di apertura per evitare perdite di pressione diverse nei campi di collettori parziali.
Assicurarsi che, in totale, ogni campo di collettori parziale presenti tubazioni della stessa lunghezza nella mandata e nel ritorno (sistema Tichelmann), per evitare perdite di pressione diverse nelle tubazioni di raccordo.

Notes



In caso di 3 o più file di collettori collegati in parallelo si applica quanto segue: se non si sfiatano ancora una volta le file singole in occasione della messa in servizio, possono verificarsi inclusioni d'aria.
Per lo sfiato delle file singole sono necessarie valvole di intercettazione aggiuntive. Montare una valvola di intercettazione in ogni mandata di collettore ("lato caldo") della fila singola.



Se la valvola di intercettazione è chiusa o non montata nella posizione corretta, il collettore a tubi può essere danneggiato dalla sovrapressione.
Non montare in nessun caso la valvola d'intercettazione sul ritorno del collettore.

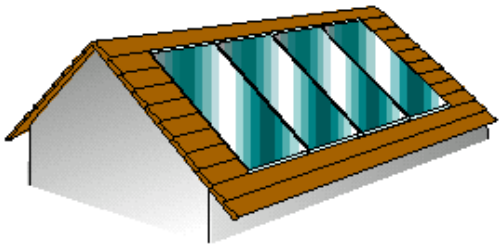
Notes

Assicurarsi che le valvole d'intercettazione siano aperte durante il funzionamento dell'impianto.
Le file di collettori collegati in parallelo devono essere sciacquate e sfiatate singolarmente. A tale scopo, aprire successivamente una sola valvola di intercettazione mentre le altre restano chiuse.
Dopo aver sciacquato e sfiatato tutte le file, aprire tutte le valvole di intercettazione.
Infine sciacquare e sfiatare tutti i campi di collettori insieme. Solo così si garantisce che nei campi di collettori non rimanga aria residua.

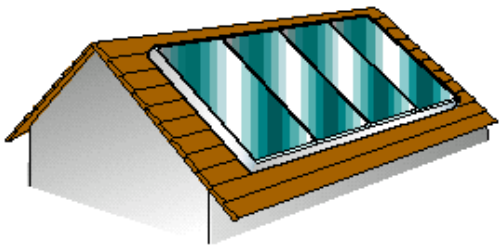
Notes

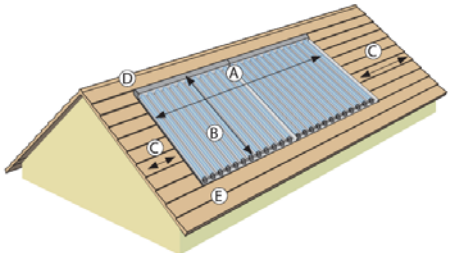
5.3 Montaggio dei collettori

Le principali tipologie di montaggio dei collettori sono di seguito raffigurate.

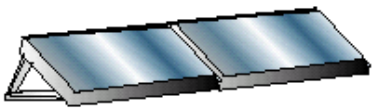


Montaggio a incasso nel tetto





Montaggio su tetto



Montaggio su tetto piano

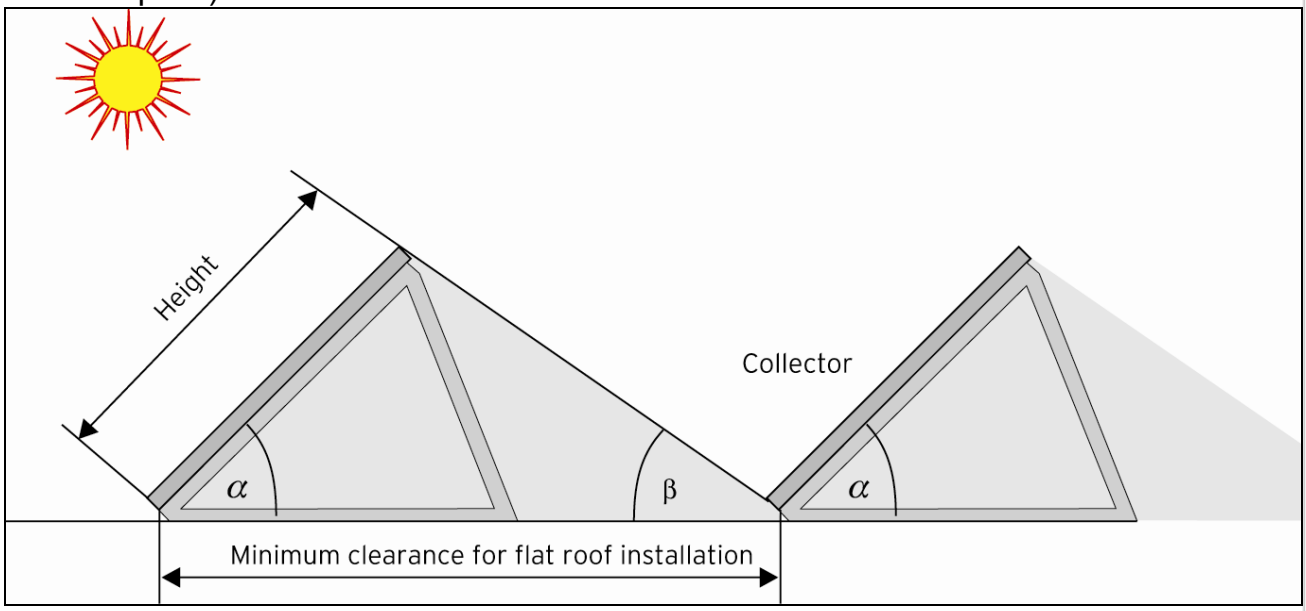
Tipi di montaggio per VFK o VTK

Nel montare i collettori occorre seguire le indicazioni del produttore che indica anche l'inclinazione minima e massima ammissibile per il collettore.
Questo risulta fondamentale ad esempio nei casi di installazione ad incasso dove il rispetto dell'inclinazione minima è necessaria al fine di garantire la tenuta del tetto contro l'infiltrazione della pioggia.
Le considerazioni che seguono si riferiscono al caso di installazione su tetto piano (o libera) dove, in presenza di più schiere di collettori, si possono creare fenomeni di mutuo ombreggiamento.

Notes

Montaggio su tetto piano

Con il montaggio su un tetto piano occorre prestare particolare attenzione alle distanze tra le file di collettori, in modo da evitare che si facciano ombra gli uni con gli altri.
I requisiti di spazio per un orientamento verso sud sono riportati nella tabella sotto (es. collettori piani).



Distanze minime per il montaggio su tetto piano e un'altezza del sole invernale con angolo β

	Angolo di inclinazione α	Altezza in cm	Distanza minima in cm
	30°	72	321
	45°	101	380
	60°	124	413
	30°	112	500
	45°	158	592
	60°	193	643

Le distanze riportate nella tabella sono state calcolate per angolo β = 20°.
Lo spazio tra una fila e l'altra dipende dall'altezza minima del sole. Un valore generalmente applicabile in Germania è 20°. L'altezza del sole al 21 dicembre, comunque, varia da nord a sud. Più bassa è l'altezza del sole in inverno, maggiore dovrà essere la distanza tra le file di collettori per evitare che si facciano ombra reciprocamente.
Un angolo di 20° è un valore di compromesso assunto per le latitudini dell'Europa centrale affinché la distanza tra le file non risulti eccessiva.

Notes

Se necessario, l'altezza minima effettiva del sole al 21 dicembre può essere calcolata come segue:

$$HS_N = 90° - latitudine - 23{,}5°$$

HS_N Altezza minima del sole

Esempi:

- Altezza minima del sole al 21 dicembre a **Würzburg**:
  Latitudine di Würzburg: 49,7° N
  HS_N = 90° - 49,7° N - 23,5° = **16,8°**
- Altezza minima del sole al 21 dicembre a **Roma**:
  Latitudine di Roma 41,5° N
  HS_N = 90° - 41,5° N - 23,5° = **25°**

La massima altezza del sole si registra invece il 21 giugno ed è calcolata come segue:

$$HS_H = 90° - latitudine + 23{,}5°$$

HS_H Altezza massima del sole

Esempi:

- Altezza massima del sole al 21 giugno a **Würzburg**:
  Latitudine di Würzburg: 49,7° N
  HS_H = 90° 49,7° N + 23,5° = **63,8°**
- Altezza massima del sole al 21 giugno a **Roma**:
  Latitudine di Roma 41,5° N
  HS_H = 90° - 41,5° N + 23,5° = **72°**

Conclusione:
L'angolo di incidenza del sole a mezzogiorno varia di 47° nel corso di un anno.
Con un angolo di incidenza minimo calcolato in questo modo, la distanza tra le file può essere determinata con la formula seguente:

$$\text{Distanza tra le file} = \frac{L * \sin(180° - (\alpha + \beta))}{\sin \beta}$$

Notes

5.4 Portata volumetrica nel circuito dei collettori – High Flow e Low Flow

Nel dimensionamento e nella regolazione della portata volumetrica, si applicano le seguenti distinzioni:

– High Flow (flusso elevato): approssimativamente 40 l/h*m²,
– Low Flow (flusso basso): approssimativamente 15 l/h*m²

I valori intermedi sono definiti portate variabili (matched flow)

I salti termici sono calcolati applicando la seguente formula:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

dove: Q = 0,5 kW/m² e c = 1.163 Wh/kg*K:

o High Flow: 12 K
o Low Flow: 32 K

Vantaggi del Low Flow

I vantaggi del Low Flow aumentano con un crescente numero di collettori:

– minore onere di tubazioni grazie a tubazioni di mandata e di ritorno decisamente piu corte,
– sezioni del tubo necessari piu piccole; quindi un isolamento termico piu economico
– pompe solari più piccole con conseguente minore potenza assorbita
– quantità di liquido solare minori
– vasi d'espansione solari più piccoli
– montaggio piu economico e piu veloce (minori file parziali di collettori, meno tubazioni, eventualmente meno passaggi per il tetto, ecc.),

Svantaggi del Low Flow

– Con campi di collettori molto piccoli, bassa efficienza dei collettori a causa di uno scambio termico più scarso all'interno dell'assorbitore (moto laminare anziché turbolento). Pertanto, collegare in serie collettori a sufficienza.
– Efficienza del collettore inferiore di circa il 5% per via di una temperatura media più alta degli assorbitori (Low Flow, approssimativamente 36°C; High Flow circa 26°C).

Notes

Temperatura media dei collettori:
Con un sistema High Flow, il fluido che ritorna dal bollitore al collettore ha una temperatura di circa 20°C. Qui si riscalda di circa 12 K, fino a raggiungere 32°C. Così la temperatura media degli assorbitori è 26°C ((20+32)/2). Con lo stesso sistema impostato in modalità Low Flow, il fluido che ritorna alla temperatura di 20°C si riscalda all'interno del collettore di approssimativamente 32 K, fino a raggiungere 52°C. Quindi in questo caso la temperatura media degli assorbitori è 36°C!

Conclusione
Una decisione in merito alla modalità Low Flow o High Flow deve essere presa in funzione delle dimensioni del campo di collettori.
In **sistemi** con superficie di oltre **10 m²**, i vantaggi del funzionamento Low Flow sono maggiori.
Per poter prelevare energia dal collettore è necessaria comunque una portata minima del fluido di 15 l/h*m².

5.5 Calcolo della rete di tubazioni per il circuito dei collettori

Per un dimensionamento più preciso, in particolare per i sistemi solari maggiori, è necessario effettuare un calcolo della perdita di pressione e verificare il corretto dimensionamento di tubazione, pompa e vaso di espansione.
La perdita di pressione al metro di tubazione non dovrebbe superare, per motivi energetici, nel circuito collettore **1,5-2 mbar/m**. Se è consentito un maggiore consumo energetico della pompa è possibile aumentare in corrispondenza anche la perdita di pressione nel circuito collettore.
La velocità del flusso dovrebbe essere approssimativamente di **0,3-0,4 m/s**, onde garantire il trasferimento delle bolle d'aria alla valvola di sfiato centrale nel punto più basso dell'impianto (disaeratore Spirovent). Tuttavia la velocità nelle tubazioni non dovrebbe comunque superare 0,7 m/s per evitare il sorgere di rumori.
Per la determinazione della perdita di pressione complessiva si devono aggiungere alle perdite nelle tubazioni le perdite di pressione su curve, sagomati, valvole e rubinetti. Nelle applicazioni pratiche si aggiunge spesso un supplemento dal 30 al 50%. In funzione della posa delle tubazioni le perdite di pressione effettive possono scostarsi maggiormente e pertanto è consigliabile preferire un calcolo esatto alle stime.

Notes

La **perdita di pressione complessiva nel circuito collettore** è costituita dalla somma di:

- Perdita di pressione nei campi collettori (parziali)
- Perdita di pressione nelle tubazioni, compresi curve e sagomati
- Perdita di pressione su dispositivi quali scambiatore di calore, stazione solare, rubinetti di intercettazione, valvole ecc.

Esempio 1

Dati:

- 5 collettori piani modello VFK 145 V => 11,75 m²
- Modalità High Flow/Low Flow
  - Portata complessiva in modalità **High Flow** = 11,75 m² x 40 l/h*m² = 468 l/h => **7,8 l/min**
  - Portata complessiva in modalità **Low Flow** = 11,75 m² x 15 l/h*m² = 176 l/h => **3 l/min**
- Bollitore solare modello VIH S 500
- 30 m di tubo

Calcolare:

- 1. Perdita di pressione dei collettori
- 2. Perdita di pressione della rete di tubazioni
- 3. Dimensioni delle tubazioni e gruppo pompa solare

Notes

1. Perdita di pressione dei collettori

La perdita di pressione per un impianto con collegamento in serie fino a 12 collettori può essere desunta dai seguenti grafici in base al tipo di collettori (verticali/orizzontali).

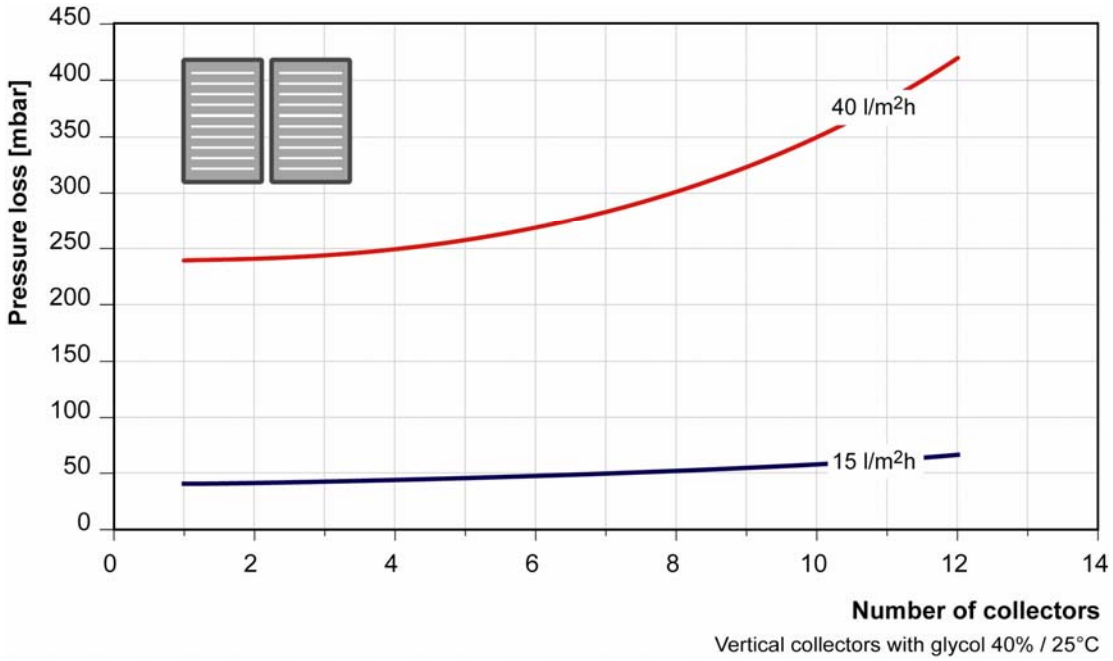


Grafico della perdita di pressione per VFK 125, VFK 145 V e VFK plus 155 V, fino a 12 collettori collegati in serie

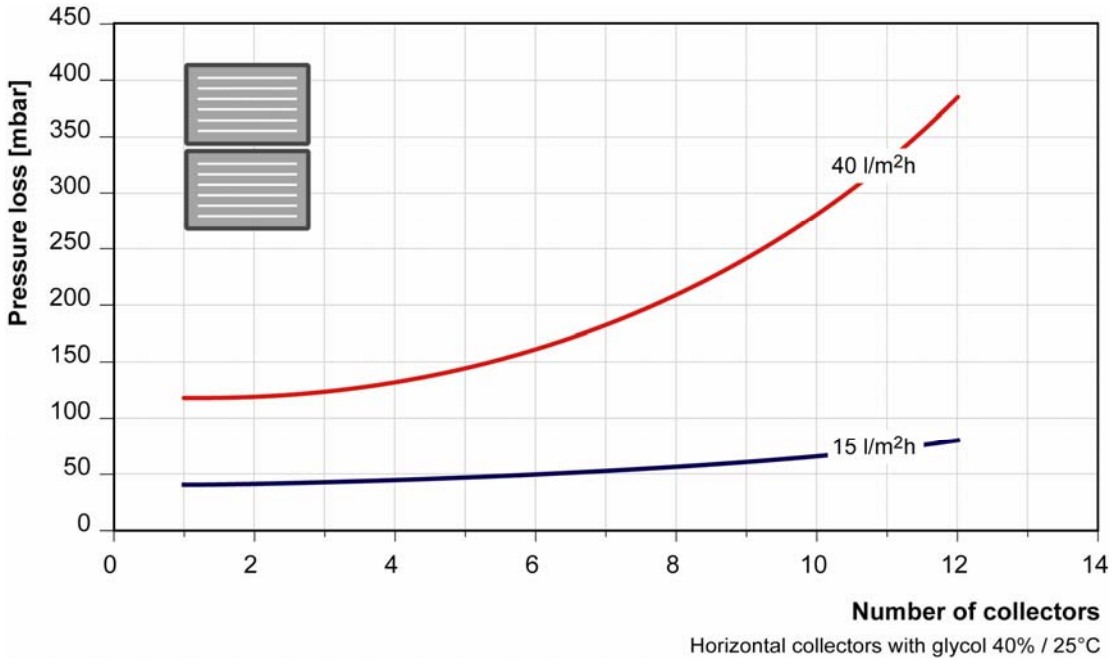
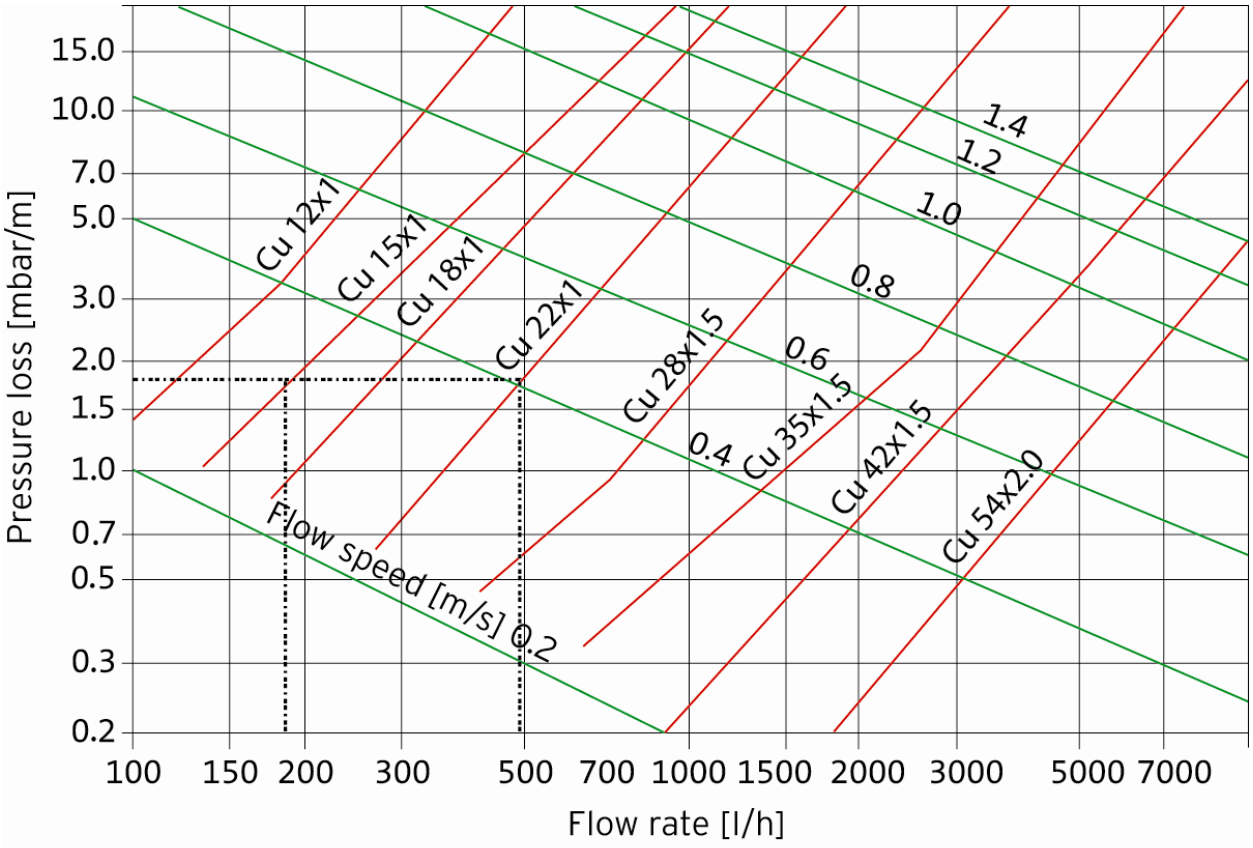


Grafico della perdita di pressione per VFK 145 H e VFK plus 155 H, fino a 12 collettori collegati in serie

Notes

Con la modalità **High Flow** e 5 collettori modello VFK 145 V collegati in serie, è mostrata una perdita di pressione sul campo collettori di **260 mbar**.
Con 5 collettori identici disposti in serie e con la modalità **Low Flow**, il grafico mostra una perdita di pressione sul campo collettori di **50 mbar**.

2. Perdita di pressione della rete di tubazioni
La sezione della tubazione solare è ricavabile dalla seguente tabella.



Perdita di pressione nel tubo di rame (60% di acqua, 40% di glicole; 50°C)

Con una portata di **468 l/h** (modalità High Flow) e una perdita di pressione approssimativa specificata di **1,5 mbar** al metro, il grafico mostra la sezione del tubo richiesta, come segue: **Cu 22x1**.
Con lo stesso numero di collettori funzionanti in modalità Low Flow, la portata è di **176** l/h e la sezione del tubo selezionato è **Cu 15x1**.

Notes

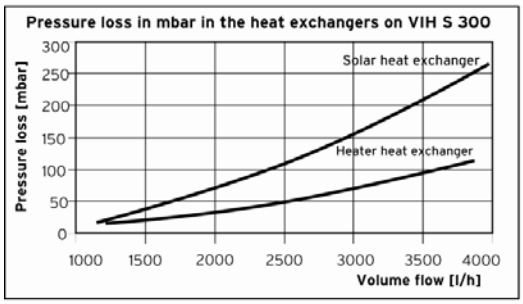
3. Scelta del gruppo pompa solare e della velocità della pompa

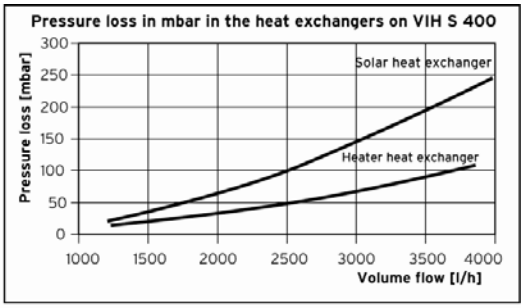
Calcolo per la modalità High Flow

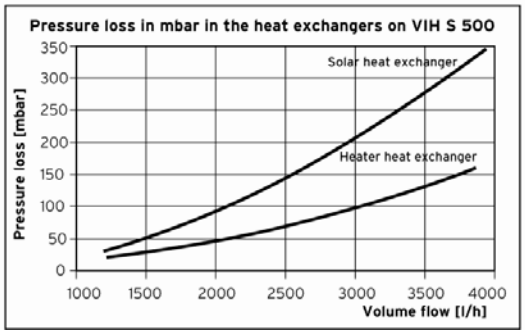
– Perdite di pressione nel circuito dei collettori

$$dP_{KK} = dP_K + dP_S + Z + dP_{sp} + dP_{WT}$$
$$= 260\,mbar + 45\,mbar + 22{,}5\,mbar + 60\,mbar + 30\,mbar$$
$$= 417{,}5\,mbar$$

dP_{KK} Perdita di pressione del circuito dei collettori
dP_K Perdita di pressione dei collettori (nell'esempio: 260 mbar)
dP_S Perdita di pressione del tubo (nell'esempio: 1,5 mbar/m x 30 m = 45 mbar)
Z Perdita di pressione per raccordi, curve (in generale 50% del valore di dP_S; nell'esempio: 22,5 mbar)
dP_{sp} Perdita di pressione della pompa solare (nell'esempio: 60 mbar)
dP_{WT} Perdita di pressione dello scambiatore di calore (ricavata dal grafico della perdita di pressione per VIH S; vedere grafici) (nell'esempio: 30 mbar)







Grafici della perdita di pressione per scambiatori di calore interni nei bollitori VIH S

Notes

Con la perdita di pressione totale calcolata di 417,5 mbar e la portata volumetrica nota di 7,8 l/min, cerchiamo un punto di esercizio adatto sul grafico della pompa.

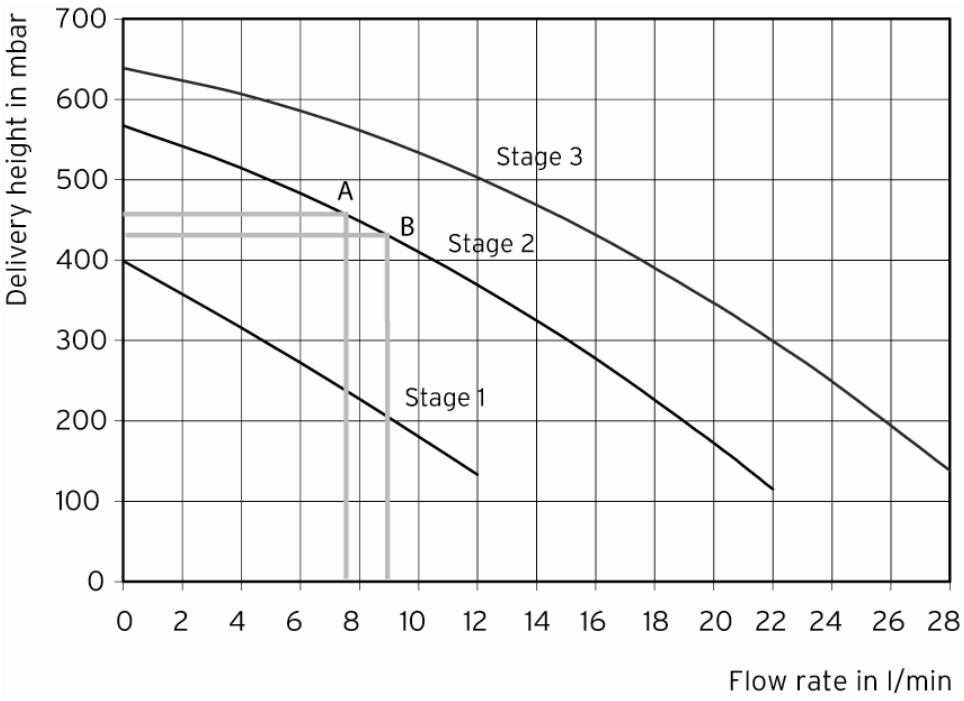


Grafico della pompa per il gruppo pompa solare 22 l/min

Vengono scelti il gruppo pompa solare **22 l/min** e la **velocità 2 della pompa**.
Il punto di esercizio non si trova precisamente sulla curva caratteristica della velocità 2 della pompa, ma questa curva è la più vicina. Pertanto la velocità 2 è la velocità di esercizio che viene scelta. Questo determina una portata leggermente più alta rispetto a quella calcolata. Ne consegue un nuovo punto di esercizio B, poiché la perdita della pressione calcolata è inferiore a quella nel punto A.
Per impostare la portata sul valore calcolato, la perdita di pressione può essere regolata sul regolatore di portata (taco setter).

Notes

Con la **modalità Low Flow**, la perdita di pressione nel circuito collettore è di **210 mbar** e la portata di **3 l/min** (stesso metodo di calcolo dell'esempio precedente). Di conseguenza, il gruppo pompa solare **6 l/min** è adeguato.

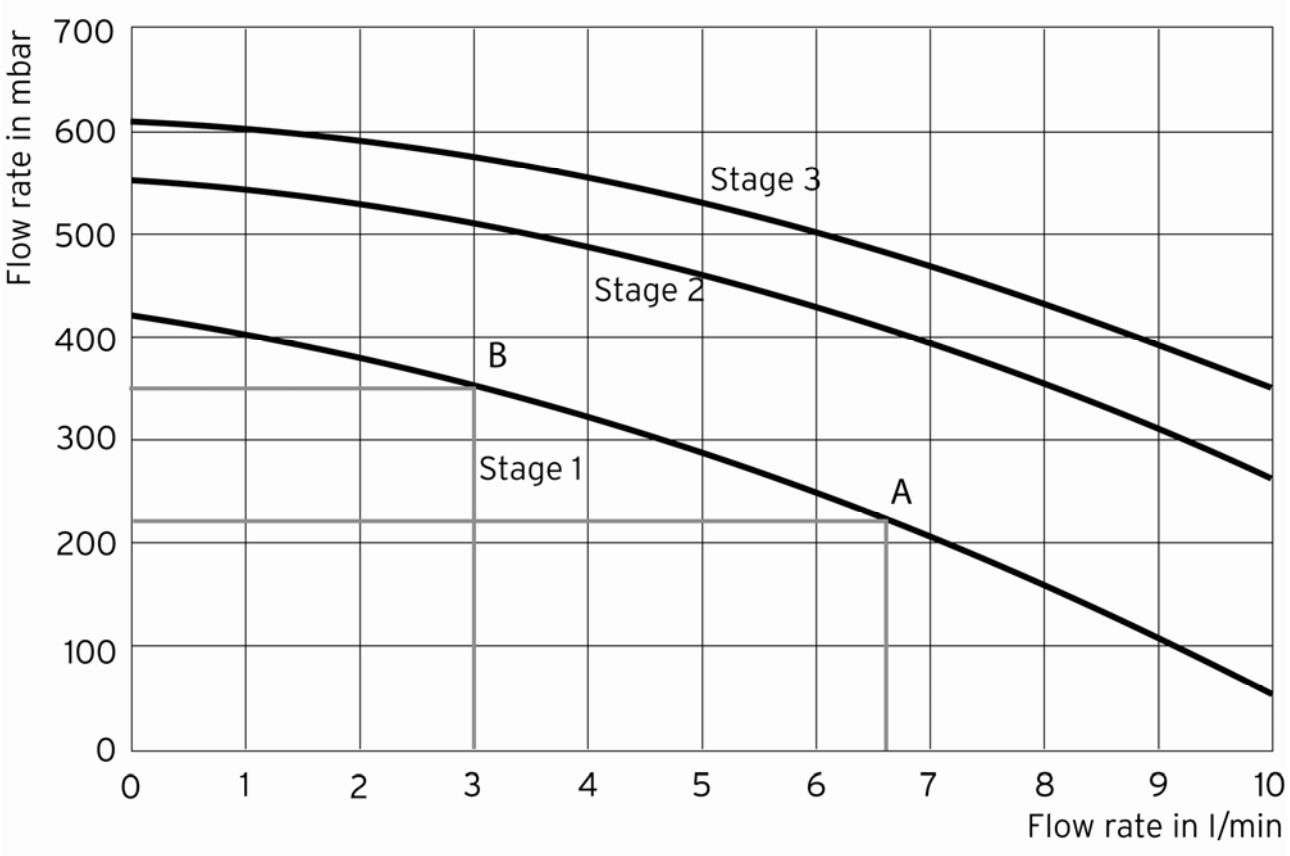


Grafico della pompa per un gruppo pompa solare con portata di 6 l/min

Come nell'esempio precedente, il punto di esercizio calcolato non coincide esattamente con la curva caratteristica, in questo caso per la velocità 1. Per ottenere la portata desiderata, la perdita di pressione deve essere impostata sul regolatore di portata, taco setter, (punto B). Se è ammessa una portata più elevata (velocità del flusso non eccessiva), il sistema può anche funzionare con una portata volumetrica leggermente superiore (punto B).

Notes

La tabella seguente vale per i collettori piani e vuole essere un riferimento utile per il dimensionamento rapido allo scopo di semplificare la configurazione dei componenti del sistema. Tutti i dettagli si applicano alla modalità Low Flow.

Portate volumetriche minime e sezioni dei tubi nel circuito dei collettori								
Collettori piani auroTHERM pro VFK 125 auroTHERM plus VFK 155 H/V auroTHERM VFK 145 H/V				**Portata minima** 15 l/m²h (Low Flow) o almeno 3 l/min nel sistema**		**Gruppo pompa solare**	**Sezione tubo in rame raccomandata con lunghezza totale tubazione di:**	
Quantità	**Superficie netta**	**File x collettori collegati:**				**6 l/min 22 l/min**	**20 m**	**50 m**
Unità	**in m²**	**Su un lato**	**Lati opposti**	**l/hl/h**	**l/min**			
2	4,7	1x2	1x2	180	3,0	6 l/min	15x1	15x1
3	7,05	1x3	1x3	180	3,0	6 l/min	15x1	15x1
4	9,4	1x4	1x4/2x2	180	3,0	6 l/min	15x1	18x1
5	11,75	1x5	1x5	180	3,0	6 l/min	18x1	18x1
6	14,1	3x2*/2x3*	1x6*/3x2*/2x3*	212	3,6	6 l/min	18x1	18x1
7	16,45		1x7	247	4,2	6 l/min	18x1	18x1
8	18,8	2x4*/4x2*	2x4/4x2/1x8	282	4,7	6 l/min	18x1	22x1
9	21,15		1x9	318	5,3	6 l/min	22x1	22x1
10	23,5	2x5*/5x2*	1x10/2x5/5x2	353	5,9	22 l/min	22x1	22x1
11	25,8		1x11	387	6,5	22 l/min	22x1	22x1
12	28,2		1x12/2x6/3x4/ 4x3	423	7,1	22 l/min	22x1	22x1
20	47		4x5/5x4	705	11,8	22 l/min	22x1	28x1,5
24	56,4		2x12/4x6/6x4 etc.	846	14,1	22 l/min	28x1,5	28x1,5
32	75,2		4x8 ecc.	1128	18,8	22 l/min	28x1,5	28x1,5

* Solo con collegamento del campo collettori in parallelo

** È obbligatorio mantenere una portata minima di 15 l/m²h. Con sistemi di piccole dimensioni con superficie netta di 10 m² si consiglia una portata volumetrica di 30-40 l/m²h. In combinazione con valvole di sfiato centrali, è necessario mantenere una portata di 3 l/min. Nei sistemi più grandi, la portata volumetrica dovrebbe essere inferiore a 30 l/m²h. Come regola empirica, la portata minima andrebbe prima controllata con velocità della pompa 1 o 2 utilizzando il flussometro con limitatore volumetrico completamente aperto. La velocità della pompa deve essere cambiata in caso di necessità. La regolazione precisa sul flussometro con limitatore volumetrico non ha generalmente senso dal punto di vista dell'efficienza energetica.

Notes

Perdite di pressione dei collettori a tubi sottovuoto

Considerazioni analoghe a quanto visto precedentemente è possibile fare anche con i collettori a tubi sottovuoto.

È possibile raccordare su un'unica schiera fino a 14 collettori VTK 570/2 o 7 collettori VTK 1140/2.

La perdita di pressione per un impianto con collettori a tubi sottovuoto può essere desunta dal seguente grafico.

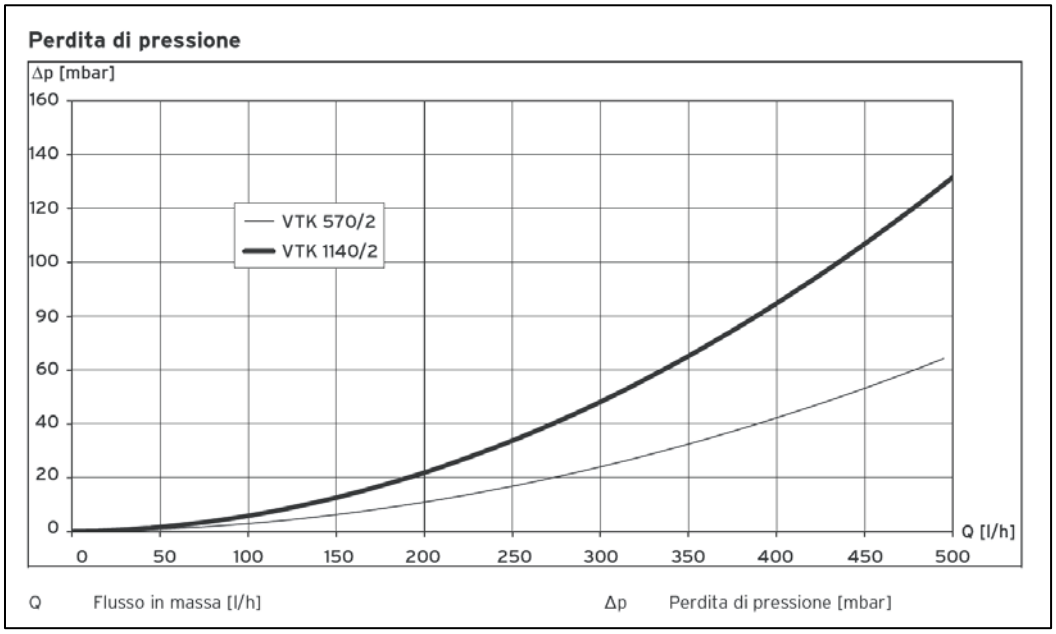


Grafico della perdita di pressione per VTK 570/2 e VTK 1140/2

La tabella seguente vale per i collettori sottovuoto e vuole essere un riferimento utile per il dimensionamento rapido allo scopo di semplificare la configurazione dei componenti del sistema. Tutti i dettagli si applicano alla modalità Low Flow.

Notes

Portate volumetriche minime e sezioni dei tubi nel circuito dei collettori									
Campi collettori in parallelo	**Collettori a tubi sottovuoto**		**Superficie netta in m²**	**VTK 1140/2 o 570/2 e 1140/2 in serie**	**Portata volumetrica raccomandata**		**Gruppo pompa solare 6 l/min 22 l/min**	**Sezione minima tubo in rame con lunghezza totale tubazione di:**	
	VTK 570/2	**VTK 1140/2**							
	Unità				**l/min**	**l/h**		**20 m**	**50 m**
1 Campo collettori	-	2	4	1x2	3	180	6 l/min	12x1	15x1
	1	2	5	1x(1+2)	3	180	6 l/min	12x1	15x1
	-	3	6	1x3	3	180	6 l/min	12x1	15x1
	1	3	7	1x(1+3)	3,5	210	6 l/min	15x1	15x1
	-	4	8	1x4	3,5	210	6 l/min	15x1	15x1
	1	4	9	1x(1+4)	3,5	210	6 l/min	15x1	15x1
	-	5	10	1x5	3,5	210	6 l/min	15x1	15x1
	1	5	11	1x(1+5)	4	240	6 l/min	15x1	18x1
	-	6	12	1x6	4	240	6 l/min	18x1	18x1
	1	6	13	1x(1+6)	4	240	6 l/min	18x1	18x1
	-	7	14	1x7	4	240	22 l/min	18x1	18x1
2 Campi collettori paralleli	2	6	14	2x(1+3)	5	300	6 l/min	18x1	18x1
	-	8	16	2x4	5	300	6 l/min	18x1	18x1
	2	8	18	2x(1+4)	6	360	6 l/min	18x1	18x1
	-	10	20	2x5	6	360	6 l/min	18x1	18x1
	2	10	22	2x(1+5)	7	420	22 l/min	18x1	22x1
	-	12	24	2x6	8	480	22 l/min	22x1	22x1
	2	12	16	2x(1+6)	8	480	22 l/min	22x1	22x1
	-	14	28	2x7	8	480	22 l/min	22x1	22x1

Tabella per il dimensionamento di campi di collettori fino a 14 VTK 1140

Notes

Esempio 2

Dati:

- 30 collettori piani modello VFK 145 V => 70,5 m²
- Disposizione dei collettori: 3 x 10
- Modalità Low Flow: Portata complessiva in modalità **Low Flow** = 70,5 m² x 15 l/h*m² = 1058 l/h => **17,6 l/min**
- Lunghezza della tubazione, dal campo collettori a bollitore: 30 m

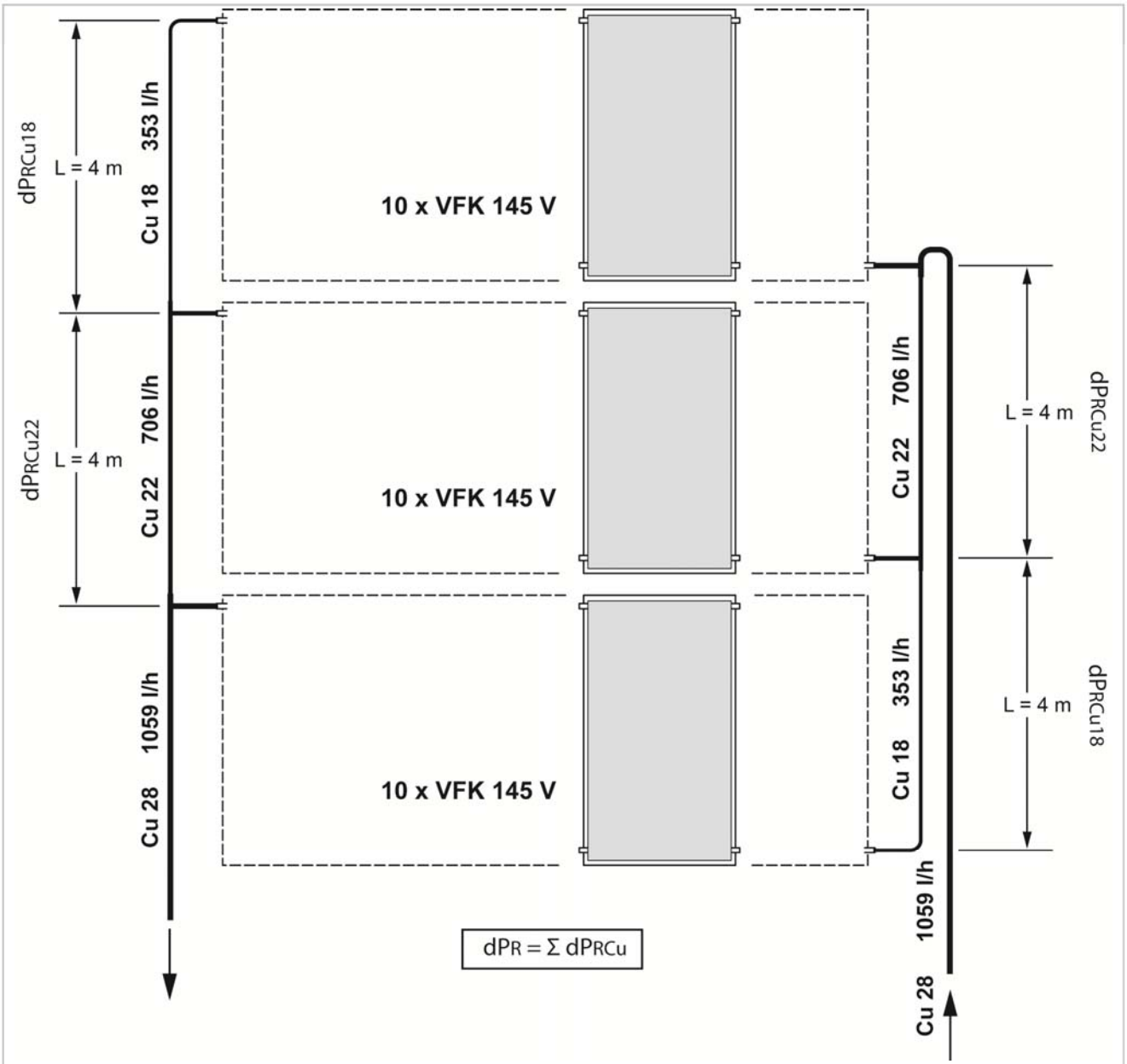
Calcolare:

1. Perdita di pressione dei collettori
2. Perdita di pressione della rete di tubazioni
3. Dimensioni delle tubazioni e gruppo pompa solare

Nota

- Se si utilizzano parecchi collettori, in genere essi vengono collegati su più file in parallelo. In questo caso solo una parte della portata volumetrica totale passa attraverso ciascuna fila.
- La perdita di pressione su un sottocampo di collettori è identica a quella sull'intero campo. Il lavoro sulla tubazione all'interno di un sottocampo è minimo. Tra i singoli sottocampi, tuttavia, la tubazione è alquanto più estesa.
- Comunque possono essere collegate in parallelo solo le file con lo stesso numero di collettori.
- Inoltre, occorre prestare attenzione a mantenere possibilmente le linee di mandata e di ritorno delle file in parallelo della stessa lunghezza (**metodo Tichelmann**) e, ove possibile, realizzarle con lo stesso numero di curve, in modo da assicurare un flusso uniforme.
- Con un collegamento eseguito secondo il metodo Tichelmann, la lunghezza supplementare del tubo dovrebbe essere idealmente nel ritorno del collettore più freddo, poiché questo permette di ridurre al minimo le dispersioni di calore.
- La portata volumetrica totale che attraversa la superficie dei collettori è tanto maggiore quanti più collettori vengono utilizzati. Pertanto il dimensionamento dell'intera tubazione deve essere calcolato per la portata volumetrica totale.
- Nel dimensionamento della pompa, la perdita di pressione per una fila di collettori solari si calcola dividendo la portata volumetrica totale per il numero di file.
- I calcoli di dimensionamento dei tubi sono utilizzati per stabilire la possibile riduzione del diametro dei tubi tra le file rispetto al tubo principale.

Notes



Collegamento di collettori VFK secondo il metodo Tichelmann

Notes

Perdita di pressione del campo di collettori:
Poiché il campo di collettori è formato da 3 file di collettori, il calcolo della perdita di pressione deve anche tenere conto della perdita di pressione nella tubazione posta tra le file:

$$\begin{aligned} dP_{KF} &= dP_K + dP_R + Z \\ &= 70\,mbar + (20\,mbar + 25{,}6\,mbar) + 14\,mbar \\ &= 130\,mbar \end{aligned}$$

dP_{KF} Perdita di pressione del campo collettori [mbar]
dP_K Perdita di pressione sui collettori [mbar]
dP_R Perdita di pressione sulla tubazione tra le file [mbar];
se il campo collettori è formato da una fila: $dP_{KF} = dP_K$
Z Perdita di pressione per raccordi e curve: il 30% in più di dP_R [mbar]

Calcolo di dP_K
Perdita di pressione sui collettori: 10 collettori VFK 145 V in serie, ricavata dal grafico della perdita di pressione = **70 mbar**

Calcolo di dP_R
Perdita di pressione per tubazione tra file di collettori (vedere lo schema nella pagina precedente): $dP_R = \sum dP_{RCu}$

dP_R Perdita di pressione totale per tratti di collegamento tra le file
dP_{Rcu} Perdita di pressione per tratti tra file con diametri della tubazione Cu diversi da quelli del tubo montante

$dP_R = dP_{RCu22} + dP_{RCu18}$
dP_{RCu18}: Perdita di pressione per sezione di tubazione Cu18x1 con portata di 353 l/h (ricavata dal grafico della perdita di pressione del tubo di rame):
$dP_{RCu18} = 2^* \times L \times dP/m$
$dP_{RCu18} = 2 \times 4\ m \times 2{,}5\ mbar/m$
$dP_{RCu18} = 20\ mbar$

L Lunghezza del tratto di tubazione interessato [m]

Notes

dP/m Perdita di pressione specifica sul tratto di tubazione [mbar/m]
* Perché vi sono 2 sezioni con tubazione Cu 18x1 e portata di 353 l/h

$dP_{RCu22:}$ Perdita di pressione per sezione di tubazione Cu22x1 con portata di 706 l/h (ricavata dal grafico della perdita di pressione del tubo di rame):
dP_{RCu22} = 2* x L x dP/m
dP_{RCu22} = 2* x 4 m x 3,2 mbar/m
dP_{RCu22} = 25,6 mbar

L Lunghezza del tratto di tubazione interessato [m]
dP/m Perdita di pressione specifica sul tratto di tubazione [mbar/m]
* Perché vi sono 2 sezioni con tubazione Cu 22x1 e portata di 706 l/h

Calcolo di Z
30% per raccordi e curve:
Z = 0,3 x (20+25,6) mbar = **14 mbar**

Perdita di pressione totale nel campo collettori:
dP_{KF} = 70 mbar + 20 mbar + 25,6 mbar + 14 mbar = **130 mbar**

Perdita di pressione della tubazione montante:

$$\begin{aligned} dP_S &= L \times dP/m + Z \\ &= (8m + 4m + 30m) \times 1{,}8\,mbar/m + 23\,mbar \\ &= 98{,}6\,mbar \end{aligned}$$

dP_S Perdita di pressione del tubo montante [mbar]

Calcolato da:

Perdita di pressione nel circuito Tichelmann:	8 m di tubazione Cu 28x1,5 con portata volumetrica totale di 1059l/h 8 m x 1,8 mbar/m = 14,4 mbar
Perdita di pressione sul lato di mandata:	4 m x 1,8 mbar/m = 7,2 mbar e
Perdita di pressione del tubo montante:	30 m x 1,8 mbar/m = 54 mbar
Il 30% in più per raccordi e curve:	Z = 23 mbar

Notes

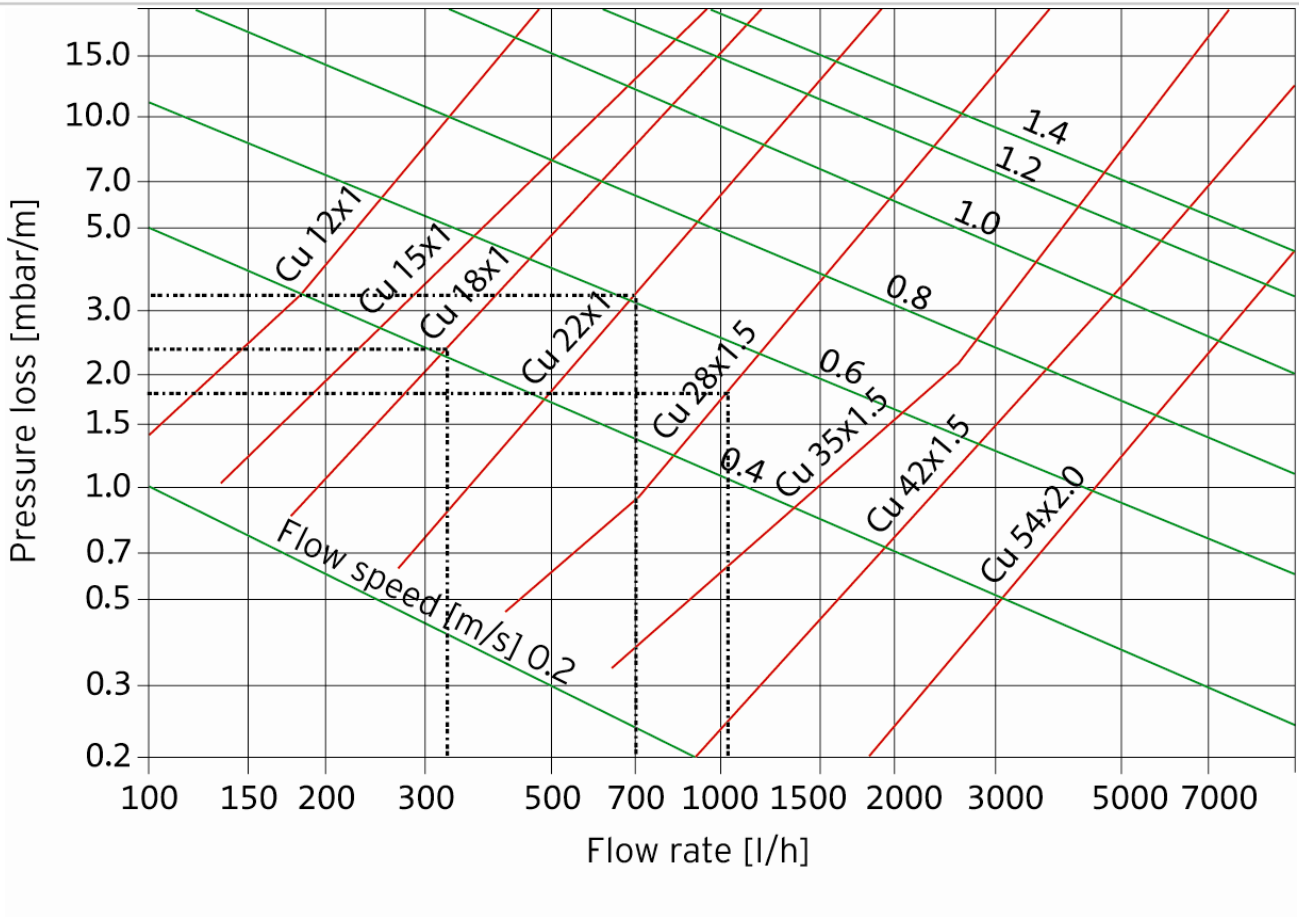
Perdita di pressione del circuito dei collettori:

$$dP_{KK} = dP_{KF} + dP_S + dP_{sp} + dP_{WT}$$
$$= 130\,mbar + 98{,}6\,mbar + 60\,mbar + 150\,mbar = 438{,}6\,mbar$$

dP_{KK} Perdita di pressione del circuito dei collettori
dP_K Perdita di pressione sui collettori (calcolata)
dP_S Perdita di pressione del tubo collettore (calcolata)
dP_{sp} Perdita di pressione della pompa solare (60 mbar)
dP_{WT} Perdita di pressione dello scambiatore di calore (ipotesi: 150 mbar; ricavata dalla scheda tecnica dello scambiatore di calore)

Tenendo conto della perdita di pressione e della portata calcolate, verifichiamo nel grafico della pompa se è possibile utilizzare il gruppo pompa solare con portata di 22 l/min.
Dato che la perdita di pressione prevista è maggiore della prevalenza residua alla velocità 3 della pompa con 1.058 l/h -> 17,7 l/min, è necessario utilizzare un gruppo pompa solare alternativo.

Notes



Perdita di pressione nel tubo di rame (vedere esempio di calcolo)

Notes

5.6 Il vaso d'espansione solare

INTRODUZIONE

I sistemi solari pongono particolari esigenze riguardo alla sicurezza del funzionamento. In aggiunta alla valvola di sicurezza **si chiede qui la sicurezza intrinseca dell'impianto**.
Sicurezza intrinseca significa che, dopo un arresto, l'impianto solare può rimettersi automaticamente in funzione senza un ulteriore intervento dell'operatore.
Se per esempio con un alto irraggiamento solare e un contemporaneo basso consumo di energia viene raggiunta la temperatura massima del bollitore, il regolatore deve disinserire il circuito solare. Le temperature nel collettore possono salire in questo caso fino alla temperatura di arresto (detta anche di **stagnazione**), alla quale può formarsi del vapore nel collettore. In questa situazione dalla valvola di sicurezza non deve uscire fluido termovettore, in quanto questo verrebbe a mancare dopo il raffreddamento del sistema e richiederebbe un rabbocco manuale.
La sicurezza intrinseca si raggiunge dimensionando il vaso di espansione in modo tale che esso possa assorbire sia l'espansione totale del fluido termovettore a seguito del suo riscaldamento ma anche l'evaporazione (completa) del liquido contenuto nei collettori e nelle tubazioni solari (tubazione coevaporante), evitando, anche in caso di arresto dell'impianto e di formazione di vapore, l'intervento della valvola di sicurezza.

Il vaso d'espansione solare deve essere omologato per applicazioni solari (resistente al liquido antigelo e alle alte temperature) e deve essere montato sul ritorno del circuito solare, dove le temperature sono più basse. A questo proposito occorre sempre prestare attenzione ai dati tecnici riportati sulla targhetta del vaso.
Da osservare inoltre che i vasi d'espansione non sono idonei per un'installazione all'esterno.

DIMENSIONAMENTO DEL VASO D'ESPANSIONE

La capacita nominale necessaria $\mathbf{V_N}$ del vaso di espansione viene calcolata considerando tutto il volume di espansione prodotto (volume di espansione $\mathbf{V_e}$ + volume del vapore $\mathbf{V_d}$) più la riserva d'acqua $\mathbf{V_{WV}}$, moltiplicato per il fattore di pressione $\mathbf{D_f}$:

$$V_n = (V_e + V_d + V_{WV}) \times D_f$$

Notes

con:
V_N - Volume nominale del vaso d'espansione [in litri]
V_e - Volume di espansione [in litri]
V_d - Volume del vapore [in litri]
V_{WV} - Riserva d'acqua [in litri]
D_f - Fattore di pressione (adimensionale)

Il termine tra parentesi definisce il volume di utilizzazione (volume utile) del vaso d'espansione:

$$V_{use} = V_e + V_d + V_{WV}$$

Il metodo di calcolo delle singole grandezze è illustrato qui di seguito:

Passaggio 1: Determinazione del volume complessivo dell'impianto solare V_A
Il volume totale dell'impianto V_A del circuito collettore, come riportato in figura, si calcola come somma di tutti i componenti come segue:

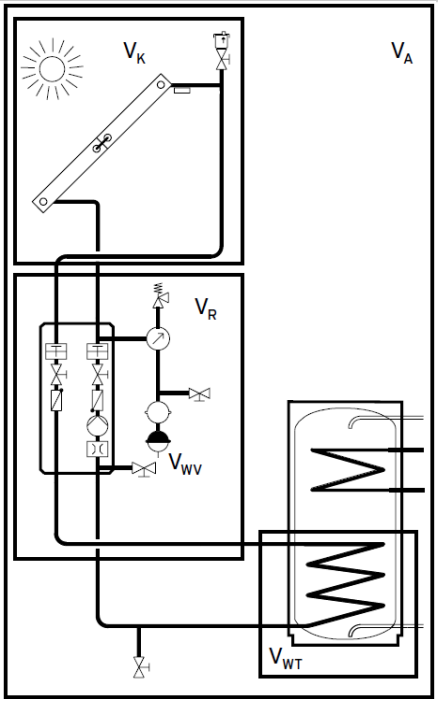
$$V_A = V_K + V_R + V_{WT} + V_{WV}$$

con:
V_A - Volume impianto [in litri]
V_K - Volume dei collettori [in litri]
V_R - Volume tubazioni di collegamento [in litri]
V_{WT} - Volume scambiatore di calore [in litri]
V_{WV} - Riserva acqua nel vaso d'espansione [in litri]

V_A può essere determinato in base alla tabella. V_A corrisponde anche alla quantità minima di fluido solare necessaria al riempimento dell'impianto.

Notes

Numero	Contenuto		Nume-ro		Somma in l
1. Collettori (V_K):					
auroTHERM plus VFK 145 H o VFK 155 H	2,16 l/al pezzo	×		=	
auroTHERM plus VFK 145 V o VFK 155 V	1,85 l/al pezzo	×		=	
auroTHERM exclusiv VTK 570/2	0,90 l/al pezzo	×		=	
auroTHERM exclusiv VTK 1140/2	1,80 l/al pezzo	×		=	
2. Tubazioni (V_R):					
Tubo flessibile collettore DN12, 1 m	0,145 l/al pezzo	×		=	
Tubo flessibile collettore DN16, 1 m	0,265 l/al pezzo	×		=	
Tubo solare 2 in 1 DN 16, 2×0,265 l/m	0,53 l/m	×		=	
Tubo solare 2 in 1 DN 20, 2×0,36 l/m	0,72 l/m	×		=	
Tubo in rame 12×1	0,08 l/m	×		=	
Tubo in rame 15×1	0,13 l/m	×		=	
Tubo in rame 18×1	0,20 l/m	×		=	
Tubo in rame 22×1	0,30 l/m	×		=	
Tubo in rame 28×1,5	0,50 l/m	×		=	
Tubo in rame 32×1,5	0,80 l/m	×		=	
3. Installazioni (V_{WV} e V_{WT}):					
V_{WV} Valvola idraulica vaso d'espansione	≥ 3 l	×		=	
V_{WT} Volumi scambiatore di calore solare		×		=	
VIH S 300/400/500	10,7/10,7/14,2 l	×		=	
auroSTOR VPS SC 700/1000	17,5 l/19,2 l	×		=	
altro (ad es. vaso di protezione)		×		=	
Volume complessivo circuito collettori V_A:	Totale			=	



Passaggio 1.1: Riserva d'acqua V_{WV}

Al riempimento dell'impianto si stabilisce sulla membrana del vaso di espansione un equilibrio tra la pressione del liquido solare e la pressione del gas; in questo caso il vaso di espansione assorbe la cosiddetta riserva d'acqua V_{WV}.

La riserva d'acqua serve a compensare alla messa in funzione la perdita di volume per dispersione e a garantire alle temperature minime del sistema in inverno una adeguata pressione nei punti più alti dell'impianto.

La riserva d'acqua V_{WV} è di ca. il 4 % del volume dell'impianto, ma non meno di 3 l.

- $V_{WV} = 0{,}04 \bullet V_A$ per impianti solari grandi
- $V_{WV} = 3$ l per impianti solari piccoli con $V_{WV} < 3$ l

Passaggio 2: Determinazione del volume di espansione V_e

In seguito alle oscillazioni di temperatura (tipicamente da ca. -20°C a 130°C) l'utilizzo di una soluzione antigelo (già pronta, con -28°C di protezione) comporta un volume di espansione V_e pari a ca. 8,5 % del totale contenuto del sistema V_A.

$$V_e = 0{,}085 \bullet V_A$$

con:

Notes

V_e - Volume di espansione [in litri]
V_A - Volume impianto [in litri]

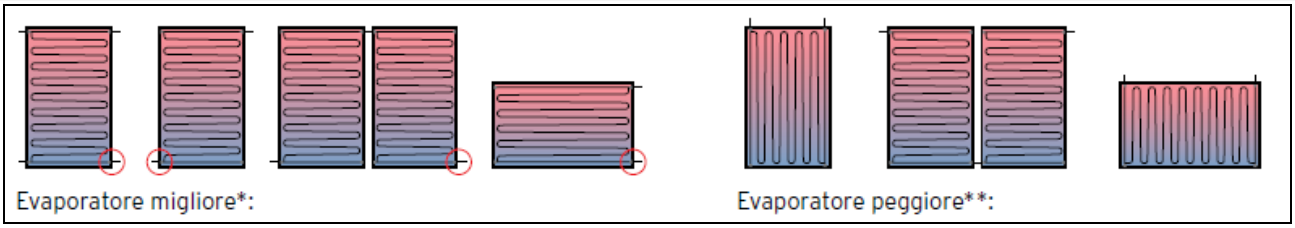
Passaggio 3: Determinazione del volume di vapore V_d
Il volume di vapore V_d è costituito dalla somma del contenuto del collettore V_K e del contenuto della lunghezza della tubazione coevaporante V_r.

$$V_d = V_K + V_r$$

con:
V_K - Volume collettori (incl. tubi di collegamento) [in litri]
V_r - Volume tubazione coevaporante [in litri]

Passaggio 3.1: Tubazione coevaporante V_r
Il più grande volume di espansione del vapore si determina durante la stagnazione. Oltre al volume completo dei collettori V_K, si deve tener conto anche del livello di vapore presente nella tubazione V_r.
Teoricamente sussiste la possibilità che l'intero volume della tubazione solare evapori, ma non è detto che ciò avvenga. I fattori che incidono sono: la tipologia di collettore e la forma dei suoi attacchi, la durata della stagnazione, il grado di efficacia della coibentazione della tubazione e la collocazione delle tubazioni di connessione al collettore.
Le caratteristiche di evaporazione del collettore dipendono dalle caratteristiche costruttive interne e dalla posizione dei suoi attacchi. Se l'attacco di ritorno del collettore è collocato in basso, il contenuto (ancora liquido) presente al suo interno può essere spinto nella tubazione di mandata (a meno di impedimenti della valvola di non ritorno del stazione solare). In tal caso si produrrà solo la quantità di vapore necessaria a riempire il collettore. Questa caratteristica di evaporazione può definirsi "**good-natured o benigna**" (5 cm^3 di acqua, ad una temperatura di 150°C e ad una pressione di 3 bar, producono circa 3 litri di vapore, cioè una quantità paragonabile al volume di un collettore). In questo caso l'evaporazione del contenuto dei tubi rimane limitato alle immediate vicinanze del collettore.

Notes



Se sia l'attacco di ritorno che quello di mandata del collettore sono collocati in alto, come nel caso dei collettori a tubi sottovuoto a flusso diretto montati verticalmente, il liquido non può essere spinto fuori dal collettore. Nel caso di perdurare dell'irraggiamento, ci sarà continuo trasporto di calore verso le tubazioni che cesserà solo quando tutto il fluido contenuto nel collettore evaporerà completamente.
In questo caso l'evaporazione del contenuto dei tubi si può estendere ad una grande parte delle tubazioni.

La V_r si ottiene con la produzione di vapore massima del collettore DPL_{max} e la perdita di calore nelle tubazioni solari q_{tubo}, in cui la portata di vapore massima viene stabilita in metri DR_{max}.

$$DR_{\max} = \frac{DPL_{\max} \times A_{coll}}{\dot{q}_{tubo}}$$

$$V_r = DR_{\max} \times volumetubazione / m$$

con:
DR_{max} - Portata max. vapore = Lunghezza tubazione coevaporante (max. estensione del vapore) [in metri]
DPL_{max} - Potenza max. di produzione vapore dei collettori [in W/m^2]
A_{coll} - Superficie utile collettore [in m^2]
q_{tubo} - Perdita di potenza termica della tubazione [in W/m]
V_r - Volume tubazione coevaporante [in litri]

Per un collettore piano con cattiva azione evaporante la produzione di vapore può essere stimata in genere a 120 W/m^2.
Per un collettore a tubi sottovuoto con cattiva azione evaporante la produzione di vapore può essere stimata in genere a 140 W/m^2.
Per un collettore piano con buona azione evaporante la stima è di 60 W/m^2.

Notes

La perdita di potenza dei tubi di rame comuni, con il 100% di isolamento termico, può essere stimata intorno a 20-30 W/m.

Esempio
In un impianto con 10 m^2 di superficie di collettore (con cattiva caratteristica di evaporazione) si ottiene una lunghezza di tubazione coevaporante pari a:
- 1200 W / 25 W/m = 48 metri (collettori piani)
- 1400 W / 25 W/m = 56 metri (collettori a tubi sottovuoto)

Il risultato dimostra che in un impianto solare con una lunghezza di tubazione di 30 metri tale superficie di collettori sarebbe sufficiente a generare un'evaporazione totale. Da ciò deriva anche la necessità di introdurre un vaso di protezione del vaso d'espansione.

Passaggio 4: Calcolo del fattore di pressione e impostazione corretta delle pressioni dell'impianto
Il fattore di pressione è determinato dai rapporti di pressione all'interno del circuito collettore.

$$D_f = \frac{(p_e + 1)}{(p_e - p_a)}$$

con:
D_f - Fattore pressione (adimensionale)
p_e - Pressione finale max. dell'impianto [in bar]
p_a - Pressione di riempimento dell'impianto [in bar]

Passaggio 4.1: Pressione finale p_e
La pressione finale dell'impianto p_e corrisponde a ca. 90 % della pressione di esercizio della valvola di sicurezza; in caso di stazioni solari con valvole di sicurezza a 6 bar, p_e = 5,4 bar.

Passaggio 4.2: Precarica corretta lato gas p_v del vaso d'espansione
La precarica lato gas p_v del vaso d'espansione, in caso di messa in servizio, deve essere adattata all'altezza statica dell'impianto.

Notes

La pressione statica p_{stat} corrisponde all'incirca all'altezza statica tra il punto più alto del campo collettore e il vaso d'espansione; un'altezza statica di 10 m corrisponde a ca. 1 bar.

$$p_v = p_{stat} = h \bullet 0{,}1$$

con:
p_v - precarica lato gas (azoto) del vaso d'espansione [in bar]
p_{stat} - pressione statica [in bar]
h - altezza statica [in m]
Tutti i vasi di espansione sono forniti con una precarica lato gas, impostata di fabbrica. Il valore della pressione di precarica è generalmente indicato sulla targhetta del vaso, assieme ad altri valori come il volume, la pressione e la temperatura massima di esercizio.
Controllare la pressione di precarica del vaso d'espansione e adattarla all'altezza statica dell'impianto.
Uno scostamento dalla precarica lato gas ottimale del vaso ha come conseguenza sempre una riduzione del volume utile del vaso stesso. In questo modo possono verificarsi problemi di funzionamento!

Passaggio 4.3: Pressione di riempimento p_a
La pressione di riempimento p_a durante la messa in servizio deve essere impostata pari all'altezza statica + 0,5 bar (sovrapressione necessaria sul collettore).
Per sistemi solari standard devono essere impostati tuttavia almeno 2,0 bar. In questo modo in presenza di stagnazione è raggiunta una temperatura di evaporazione controllata di ca. 120°C.

$$p_a = p_{stat} + 0{,}5$$

$p_a \geq 2{,}0$ bar

con:
p_a - Pressione di riempimento dell'impianto [in bar]
p_{stat} - Pressione statica [in bar]

Notes

Occorre evitare che la pressione nel collettore scenda oltre il minimo consentito, poiché ciò comporterebbe un'aspirazione d'aria nel circuito.
La pressione (relativa) va infatti diminuendo andando verso la sommità dell'impianto.
Se abbiamo un impianto solare di altezza statica pari a 10 metri, in corrispondenza della sommità la pressione (relativa) è zero: la pressione interna è in equilibrio (instabile) con la pressione atmosferica e la eventuale presenza di un "foro" potrebbe fare entrare l'aria esterna nei condotti (l'aria è un aggregato di gas le cui grandezze molecolari sono molto più piccole delle molecole d'acqua e tali da penetrare, in caso di depressione, in tutti i raccordi non saldati).
Quanto sopra descritto è ancora più critico se l'altezza statica dell'impianto è via via decrescente.
Inoltre, se siamo in presenza di un abbassamento di temperatura, abbiamo una contrazione del volume e di conseguenza un abbassamento di pressione, tale da creare alla sommità una zona di sicura depressione.
Per fare in modo che ciò non si verifichi, dobbiamo allora operare attraverso una pressurizzazione aggiuntiva, cioè dobbiamo introdurre un incremento di pressione in modo che la pressione all'interno del circuito solare sia sempre superiore in tutti i punti a quella atmosferica, per qualunque condizione di funzionamento.
Il campo collettore viene messo in funzione con un certo livello di pressione iperbarica che, tenendo conto dell'altezza statica, garantisca che, anche nel peggiore dei casi (es. condizioni a freddo), nel punto più alto del circuito si mantenga un margine iperbarico compreso tra 0,5 e 1 bar.
Ciò viene realizzato in combinazione con un corretto livello di pressurizzazione del vaso d'espansione solare.
D'altra parte un'elevata pressione di riempimento comporta un aumento del costo del vaso ed innalza inoltre la temperatura di evaporazione del liquido solare, determinandone un'elevata sollecitazione termica ed un possibile rapido degrado.

Passaggio 5: Determinazione del volume nominale V_N del vaso d'espansione
Dai passaggi precedenti si determina infine il volume nominale del vaso.

$$V_n = (V_e + V_d + V_{WV}) \times D_f$$

con:
V_N - Volume nominale del vaso [in litri]

Notes

V_e - Volume di espansione [in litri]
V_d - Volume del vapore [in litri]
V_{WV} - Riserva d'acqua [in litri]
D_f - Fattore di pressione (adimensionale)

Note

- Per aumentare la dispersione della tubazione di collegamento del vaso al circuito solare (ritorno), e con ciò proteggere la membrana del vaso dalle eventuali sovra-temperature, questa linea deve essere priva di isolamento termico e sufficientemente lunga.
- In caso di vasi montati a parete, il vaso di espansione deve essere montato solo con la connessione verso l'alto (membrana orizzontale). Posizionare il vaso con il lato liquido rivolto verso l'alto e la parte gas verso il basso. In questo modo, grazie alla stratificazione termica naturale del liquido, si limita lo stress termico a carico della membrana (situata sotto il livello dello stesso liquido), evitando anche che questa possa essere raggiunta dal vapore.
- I collettori che hanno grande volume necessitano di vasi di espansione più grandi (cfr. tabella).
- Conoscendo il volume complessivo del circuito solare, possiamo ricavare anche il numero di taniche di fluido antigelo necessarie. Occorre prevedere qualche tanica in più perché l'impianto solare, oltre che ad essere riempito, deve essere messo anche in pressione.
- I regimi di flusso low-flow determinano sezioni di tubazione più piccole e quindi vasi d'espansione più piccoli.
- Nel caso il dimensionamento porti ad un vaso di volume elevato (es. 200 litri), superiore a quello disponibile a catalogo, è possibile suddividere il volume su più vasi di volume inferiore. In questo caso è preferibile suddividere su due vasi uguali da 100 litri ciascuno.

Notes

ESEMPIO DI CALCOLO 1
Calcolo del vaso d'espansione per un impianto solare con 6 collettori piani Vaillant VFK 155 H
Tubazione solare flessibile DN 20, **15 m**
Accumulo solare combinato VPS SC 700.
Altezza statica 14 m

1. passaggio: Calcolo della capacità del circuito solare $V_A = V_K + V_R + V_{WT} + V_{WV}$	**Volume dei collettori** V_K = 6 x VFK 150 H = 6 x 2,16 l **Volume della tubazione** V_R = 15 m tubazione flessibile DN20 = 15 x 0,72 **Volume dello scambiatore di calore** V_{WT} = auroSTOR VPS SC 700 **Riserva d'acqua** V_{WV} = 3,0 lt, $V_{WV} < 0,04 \times V_A$	13,0 l + 10,8 l + 17,5 l + 3,0 l **V_A = 45,0 l**
2. passaggio: Calcolo del volume di espansione $V_e = 0,085 \times V_A$	$V_e = 0,085 \times 45$	**V_e = 3,8 l**
3. passaggio: Calcolo del volume di vapore $V_d = V_K + V_r$	Volume dei collettori V_K = 13,0 l Volume di tubazione coevaporante V_r $DR_{max} = ((DPL_{max} \times A_{coll}) / q_{tubo}$ = (60 W/m^2 x 14,1 m^2) / 30 W/m = 28,2 m L'intero volume della tubazione solare flessibile 15 m DN 20 può evaporare, quindi V_r = 15 x 0,72 = 10,8 l V_d = 13,0 l + 10,8 l	13,0 l +10,8 l **V_d = 23,8 l**
4. passaggio: Calcolo del fattore di pressione $D_f = (p_e+1)/(p_e-p_a)$	p_e = 5,5 bar (90% della pressione d'intervento della valvola di sicurezza, ma almeno p_{si} - 0,5) p_v = 14 x 0,1 = 1,4 bar (pressione di precarica del vaso d'espansione aggiustata all'altezza statica di 14 m) p_a = 2,0 bar (0,5 sopra p_v, ma almeno 2,0 bar) Quindi: $D_f = (5,5 + 1)/(5,5 - 2,0) = 1,85$	**Df = 1,85**
5. passaggio: Volume nominale del vaso d'espansione $V_N = (V_e + V_d + V_{vw}) * D_f$	$V_N = (3,8 + 23,8 + 3,0) * 1,85$ V_N = 56,6 l	**V_N = 57,0 l**
6. passaggio Scelta del vaso d'espansione disponibile	Viene scelto un vaso di espansione di capacità min. **V_N = 60 l**	
Note	Supponiamo di avere un vaso d'espansione con una pressione precarica (di fabbrica) di 2,5 bar. Se la pressione di precarica del vaso d'espansione non è abbassata a 1,4 bar, dovrebbe risultare una pressione minima di riempimento dell'impianto di 2,5 bar + 0,5 bar = 3,0 bar. Questo comporta un fattore di pressione di 2,6 e il vaso d'espansione calcolato dovrebbe essere di 79,6 litri !! **Impostare sempre la corretta pressione di precarica del vaso d'espansione!!**	

Notes

ESEMPIO DI CALCOLO 2
Calcolo del vaso d'espansione per un impianto solare con 6 collettori piani Vaillant VFK 155 H
Tubazione solare flessibile DN 20, **30 m**
Accumulo solare combinato VPS SC 700.
Altezza statica 14 m

1. passaggio: Calcolo della capacità del circuito solare $V_A = V_K + V_R + V_{WT} + V_{WV}$	**Volume dei collettori** V_K = 6 x VFK 150 H = 6 x 2,16 l **Volume della tubazione** V_R = 30 m tubazione flessibile DN20 = 30 x 0,72 **Volume dello scambiatore di calore** V_{WT} = auroSTOR VPS SC 700 **Riserva d'acqua** V_{WV} = 3,0 lt, V_{WV} < 0,04 x V_A	13,0 l + 21,6 l + 17,5 l + 3,0 l **V_A = 55,1 l**
2. passaggio: Calcolo del volume di espansione $V_e = 0,085 \times V_A$	V_e = 0,085 x 55,1	**V_e = 4,68 l**
3. passaggio: Calcolo del volume di vapore $V_d = V_K + V_r$	Volume dei collettori V_K = 13,0 l Volume di tubazione coevaporante V_r $DR_{max} = ((DPL_{max} \times A_{coll}) / q_{tubo}$ = (60 W/m^2 x 14,1 m^2) / 30 W/m = 28,2 m **Non tutto il volume della tubazione solare DN 20 evapora**, quindi: V_r = 28,2 x 0,36 = 10,2 l V_d = 13,0 l + 10,2 l	13,0 l +10,2 l **V_d = 23,2 l**
4. passaggio: Calcolo del fattore di pressione $D_f = (p_e+1)/(p_e-p_a)$	p_e = 5,5 bar (90% della pressione d'intervento della valvola di sicurezza, ma almeno p_{si} - 0,5) p_v = 14 x 0,1 = 1,4 bar (pressione di precarica del vaso d'espansione aggiustata all'altezza statica di 14 m) p_a = 2,0 bar (0,5 sopra p_v, ma almeno 2,0 bar) Quindi: $D_f = (5,5 + 1)/(5,5 - 2,0) = 1,85$	**Df = 1,85**
5. passaggio: Volume nominale del vaso d'espansione $V_N = (V_e + V_d + V_{vw}) * D_f$	$V_N = (4,68 + 23,2 + 3,0) * 1,85$ V_N = 57,13 l	**V_N = 58,0**
6. passaggio Scelta del vaso d'espansione disponibile	Viene scelto un vaso di espansione di capacità min. **V_N = 60 l**	
Note	Si può osservare che con una corretta valutazione della tubazione coevaporante è possibile limitare il volume del vaso d'espansione rispetto ad una valutazione che prenda in considerazione l'intero volume della tubazione solare (che porterebbe ad un vaso di V_N = 78,2 litri).	

Notes

ESEMPIO DI CALCOLO 3
Calcolo del vaso d'espansione per un impianto solare con 6 collettori a tubi sottovuoto Vaillant VTK 1140/2
Tubazione solare flessibile DN 20, **30 m**
Accumulo solare combinato VPS SC 700.
Altezza statica 14 m

1. passaggio: Calcolo della capacità del circuito solare $V_A = V_K + V_R + V_{WT} + V_{WV}$	**Volume dei collettori** V_K = 6 x VTK 1140/2 = 6 x 1,6 l **Volume della tubazione** V_R = 30 m tubazione flessibile DN20 = 30 x 0,72 **Volume dello scambiatore di calore** VWT = auroSTOR VPS SC 700 **Riserva d'acqua** VWV = 3,0 lt, $V_{WV} < 0,04 \times V_A$	9,6 l + 21,6 l + 17,5 l + 3,0 l **V_A = 51,7 l**
2. passaggio: Calcolo del volume di espansione $V_e = 0,085 \times V_A$	$V_e = 0,085 \times 51,7$	**V_e = 4,39 l**
3. passaggio: Calcolo della capacità del vapore $V_d = V_K + V_r$	Capacità dei collettori V_K = 9,6 l Volume di tubazione coevaporante V_r $DR_{max} = ((DPL_{max} \times A_{coll}) / q_{Rohr}$ = (140 W/m^2 x 12 m^2) / 30 W/m = 56 m Il volume della tubazione solare flessibile 30 m DN 20 che può evaporare è, quindi: $V_r = 56 \times 0,36 = 20,16$ l V_d = 9,6 l + 20,2 l	9,6 l +20,2 l **V_d = 29,8 l**
4. passaggio: Calcolo del fattore di pressione $D_f = (p_e+1)/(p_e-p_a)$	p_e = 5,5 bar (90% della pressione d'intervento della valvola di sicurezza, ma almeno p_{si} - 0,5) p_v = 14 x 0,1 = 1,4 bar (pressione di precarica del vaso d'espansione aggiustata all'altezza statica di 14 m) p_a = 2,0 bar (0,5 sopra p_v, ma almeno 2,0 bar) Quindi: $D_f = (5,5 + 1)/(5,5 - 2,0) = 1,85$	**Df = 1,85**
5. passaggio: Capacità nominale del vaso d'espansione $V_n = (V_e + V_d + V_{vw}) * D_f$	$V_n = (4,39 + 29,8 + 3,0) * 1,85$ V_n = 68,8 l	**V_n = 69,0 l**
6. passaggio Scelta del vaso d'espansione disponibile	Viene scelto un vaso di espansione di capacità **V_N = 70 litri**	
Note	Si può osservare che con una corretta valutazione della tubazione coevaporante è possibile limitare il volume del vaso d'espansione rispetto ad una valutazione che prenda in considerazione l'intero volume della tubazione solare (che porterebbe ad un vaso di 71,4 litri). Inoltre si può osservare che, avendo i collettori a tubi sottovuoto una potenza di evaporazione maggiore, si ottiene una maggiore lunghezza di tubazione coevaporante e quindi un vaso d'espansione maggiore.	

Notes

5.7 Il vaso di protezione solare

Il vaso di protezione serve a proteggere la membrana del vaso d'espansione dalle alte temperature ed è necessario ogni volta in cui il campo collettori produce più vapore rispetto a quanto non possa nuovamente condensare nelle tubazioni attigue fino alla stazione solare.
Esso è costituito da un piccolo accumulo inerziale, installato in serie tra il circuito solare e il vaso d'espansione.
Data la loro migliore emissione di calore, i vasi di protezione supplementare non devono in linea di principio venire isolati.
L'impiego di vasi supplementari a protezione della membrana del vaso di espansione è raccomandabile per ogni sistema solare, in particolare in tutti gli impianti con tratti di tubazioni molto corte e/o di diametro ridotto oppure superfici di collettore molto estese.

Non esistono dei riferimenti precisi sul criterio di dimensionamento del vaso.
Un'indicazione viene dalla norma tedesca VDI 6002 che afferma: "*il quantitativo di acqua all'interno delle tubazioni collocate tra i collettori e il vaso di espansione deve corrispondere ad almeno il 50% del volume utile di acqua di un vaso di espansione di dimensioni adeguate*".

Da questa indicazione si può quindi dedurre che **la somma del volume dei tubazioni di collegamento e del volume del vaso di protezione dovrebbe essere sufficiente ad ottenere il valore minimo di cui sopra**:

$$V_{prot} = 0{,}5 \bullet V_{use} - V_{tub}$$

dove
$\mathbf{V_{tub}}$: volume tubazioni [in litri]
$\mathbf{V_{use}} = V_N * [(p_e-p_a)/(p_e+1)] \approx 0{,}54 * V_N$: è il volume utile del vaso d'espansione

cioè,

$$V_{prot} \approx 0{,}27 \bullet V_n - V_{tub}$$

Notes

Nota

- I vasi di protezione più comuni sono disponibili nelle taglie di 5 l, 12 l e 18 l.
- Esiste anche il vaso di espansione combinato che unisce il vaso di espansione con un vaso di protezione e che viene consigliato per piccoli impianti solari. Il vaso di espansione solare combinato è disponibile nelle taglie di 18+6 l, 25+10 l e 35+12 l.
- L'eventuale chiusura della mandata del circuito solare nell'ambito della manutenzione può influire direttamente sul carico termico del vaso di espansione e, in caso di contemporaneo fermo dell'impianto ed elevato irraggiamento, anche danneggiare la membrana data la diminuzione del volume del liquido tra collettore e vaso di espansione, che a quel punto è costituito soltanto dalla tubazione di ritorno.

Notes

ESEMPIO DI CALCOLO
Dagli esempi di calcolo prima fatti segue:

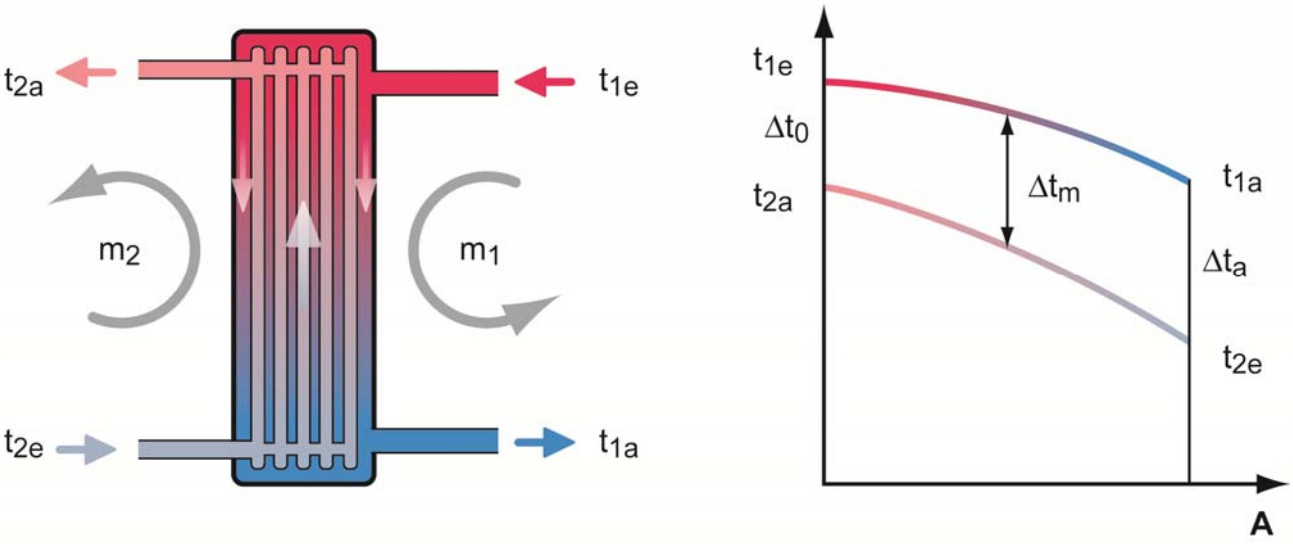
Calcolo del vaso di protezione per un impianto solare con 6 collettori piani VFK 155 H Tubazione solare flessibile DN 20, **15 m** Accumulo solare combinato VPS SC 700 Altezza statica 14 m		
1. passaggio: Calcolo del volume della tubazione solare DN 20, 30 m	V_R = 15 m tubazione flessibile DN20 = 15 x 0,72	**10,8 l**
2. passaggio: Calcolo del volume del vaso d'espansione	Vedi calcolo precedente	**60 l**
3. passaggio: Calcolo del volume del vaso di protezione solare $\mathbf{V_{prot} \approx 0{,}25 \cdot V_N - V_{tub}}$	V_{prot} = 0,27 x 60 - 10,8 = 16,2 – 10,8	**5,4 l**
Scelta del vaso di protezione		**12 l**

Calcolo del vaso di protezione per un impianto solare con 6 collettori piani VFK 155 H Tubazione solare flessibile DN 20, **30 m** Accumulo solare combinato VPS SC 700. Altezza statica 14 m		
1. passaggio: Calcolo del volume della tubazione solare DN 20, 30 m	V_R = 30 m tubazione flessibile DN20 = 30 x 0,72	**21,6 l**
2. passaggio: Calcolo del volume del vaso d'espansione	Vedi calcolo precedente	**60 l**
3. passaggio: Calcolo del volume del vaso di protezione solare $\mathbf{V_{prot} \approx 0{,}25 \cdot V_N - V_{tub}}$	V_{prot} = 0,27 x 60 – 21,6 = 16,2 – 21,6	**-5,4 l**
Scelta del vaso di protezione		**0 l**
Nota	Il valore numerico negativo indica che non serve l'introduzione di un vaso di protezione	

Calcolo del vaso di protezione per un impianto solare con 6 collettori sottovuoto VTK 1140/2 Tubazione solare flessibile DN 20, **30 m** Accumulo solare combinato VPS SC 700. Altezza statica 14 m		
1. passaggio: Calcolo del volume della tubazione solare DN 20, 30 m	V_R = 30 m tubazione flessibile DN20 = 30 x 0,72	**21,6 l**
2. passaggio: Calcolo del volume del vaso d'espansione	Vedi calcolo precedente	**70 l**
3. passaggio: Calcolo del volume del vaso di protezione solare $\mathbf{V_{prot} \approx 0{,}25 \cdot V_N - V_{tub}}$	V_{prot} = 0,27 x 70 – 21,6 = 18,9 – 21,6	**- 2,7 l**
Scelta del vaso di protezione		**0 l**
Nota	Il valore numerico negativo indica che non serve l'introduzione di un vaso di protezione	

Notes

5.8 Scambiatore di calore a piastre



Principio di funzionamento di uno scambiatore di calore a piastre

Negli impianti solari si utilizzano generalmente scambiatori di calore a piastre del tipo in controcorrente, dove le piastre in acciaio inox sono reciprocamente saldate.
In via eccezionale negli impianti solari grandi, e soprattutto per il riscaldamento di piscine, vengono usati anche i tipi avvitati e considerevolmente più grandi, poiché questi si puliscono meglio (piscina!) e il calcare si elimina meglio.
Poiché il circuito solare deve funzionare a temperature più basse possibili per aumentarne il rendimento, gli scambiatori di calore per impianti solari hanno superfici di trasmissione notevolmente più grandi rispetto agli scambiatori di calore paragonabili negli impianti di riscaldamento convenzionali.
Con un irraggiamento solare di 1000 W/m^2 e un tasso di sfruttamento del collettore pari a 0,5, risulta una potenza massima da trasmettere di circa 500 W/m^2 di superficie di collettore.
Per la scelta di uno scambiatore di calore adatto non è comunque sufficiente l'indicazione della potenza termica massima da trasmettere. Decisiva è la differenza di temperatura media logaritmica LMTD (**ΔTm**).
Per la trasmissione della potenza **Q** attraverso la parete dello scambiatore di calore vale la seguente equazione:

$$\mathbf{Q = m_1 * c_1 * (T_{1e} - T_{1a}) = m_2 * c_2 * (T_{2e} - T_{2a})}$$

Notes

Per la descrizione delle varie temperature viene introdotta la differenza di temperatura media logaritmica, definita attraverso la seguente relazione della potenza**:**

Q = k *A *ΔTm

con

$$\Delta Tm = \frac{(\Delta t_0 - \Delta t_a)}{l_n(\Delta t_0 / \Delta t_a)}$$

La media matematica può essere applicata qui solo se $\Delta t_a / \Delta t_0 \geq 0{,}7$.
Minore è la LMTD, maggiore è l'area della superficie **A** dello scambiatore di calore (e, di conseguenza, il costo).
Quanto maggiore è il range della temperatura e quanto minore è la differenza tra le temperature di ingresso e di uscita nello scambiatore di calore, tanto maggiore deve essere la superficie di trasmissione **A** dello stesso.
Per gli scambiatori di calore solari si deve calcolare con una differenza di temperatura media logaritmica inferiore o uguale a 5-7 K (costi). Solo così arriva dell'acqua possibilmente fredda nel ritorno del circuito solare, altrimenti si deve tener conto di notevoli deficienze di rendimento.
Negli impianti solari si dimensiona, quindi, con una potenza specifica media dello scambiatore di calore di 100 W/Km^2 collettore.
Le specifiche del costruttore si riferiscono in genere alle applicazioni con le caldaie domestiche e considerano una LMTD di 10-20 K. Ciò significa che sono inutilizzabili per le applicazioni del solare termico. Di conseguenza, è opportuno dimensionare lo scambiatore di calore per temperature e portate volumetriche specifiche.

Note sul dimensionamento dello scambiatore di calore a piastre

- Il ritorno solare dovrebbe essere il più freddo possibile
- La differenza di temperatura media logaritmica (LMTD) non dovrebbe essere oltre 5-7 K e, se possibile, inferiore (costi).
- Calcolare una potenza solare specifica di collettore di 500 W/m^2 (utile).
- Scegliere un salto nel circuito solare di ca. 32 K (Low Flow).
- La perdita di pressione dello scambiatore di calore a piastre dovrebbe essere di 10-20 kPa (100-200 mbar), o circa 1/3 della perdita di pressione dell'intero impianto. Se

Notes

la perdita di pressione è eccessivamente bassa, è indice che lo scambiatore di calore è stato progettato troppo grande.

Nota:
Gli scambiatori di calore si distinguono per la geometria delle piastre, il flusso e la configurazione. Un dato scambiatore di calore non può quindi essere sostituito senza ricalcolo con un altro modello dello stesso o di un altro produttore. Per il calcolo tutti i produttori offrono opportuni programmi software o tabelle.
Lo scambiatore di calore dovrebbe essere dimensionato in accordo con il costruttore.

Vantaggi degli scambiatori di calore a piastre

• Potenza di trasmissione del calore decisamente maggiore rispetto agli scambiatori di calore interni.
• Con funzionamento corretto rara diminuzione della potenza per depositi di calcare.
• Possibilità di caricamento di più boiler tramite un solo scambiatore di calore.
• Esecuzione compatta, facilmente installabile in un secondo momento.
• Elevata efficienza grazie alla buona stratificazione nel boiler.

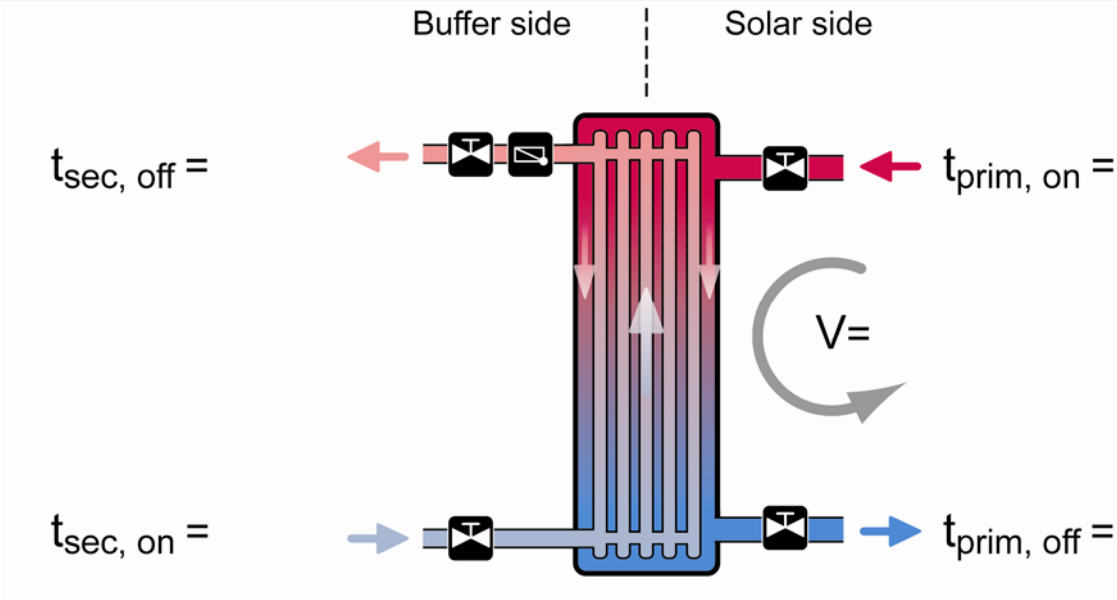
Svantaggi degli scambiatori di calore a piastre

• Decisamente più cari degli scambiatori di calore interni.
• Necessità di una pompa addizionale e di un impianto di regolazione.

Dimensionamento dello scambiatore di calore a piastre

Superficie dei collettori: 100 m^2
Capacità di scambio termico: 500 W/m^2 dell'area dei collettori => 50 kW
Ritorno accumulatore termico: 10°C acqua fredda + 5 K LMTD (ipotesi)
Mandata accumulatore termico: Low Flow 15°C + 32 K = 47°C
Ritorno solare: 20°C => 15°C + 5 K
Mandata solare: 20°C + 32 K (Low Flow) => 52°C
Low Flow: approssimativamente 15 $l/m^2 \times h$
Fluido primario: 40% glicole / 60% acqua
Fluido secondario: acqua
Portata primaria: 15 $l/m^2 \times h \times 100\ m^2$ => 1500 l/h

Notes



Modello di dimensionamento per scambiatore di calore a piastre per sistema solare

Applicazione del modello di dimensionamento:
27 x VFK 145 V, disposizione: 3 file da 9
Accumulatore termico 1500 l
Ritorno accumulatore termico: 25°C + 3 K (ipotesi; il più basso possibile) = 28°C
Modalità Low Flow: ΔT = 32 K
Mandata solare: 28°C + ΔT 32 K (Low Flow) = 60°C
A seconda dello scambio termico, la mandata secondaria approssimativa è 5 K al di sotto, cioè = 55°C
$V_{Prim.}$ = 27 x 15 l/m^2 x 2,35 m^2= 952 l/h

Esempio di calcolo:

$$LMTD = \frac{(\Delta t_0 - \Delta t_a)}{l_n(\Delta t_0 / \Delta t_a)} = \frac{(60-55)-(28-25)}{l_n(5/3)} = 3{,}91\,K$$

Il risultato si attesta nell'intervallo raccomandato sotto 5-7 K. Quindi il dimensionamento è sostanzialmente corretto. Un modello specifico di scambiatore di calore può essere scelto in base a questi dati.

Notes

6 I sistemi solari a svuotamento

6.1 Introduzione

In generale la progettazione di un impianto solare termico pressurizzato a circolazione forzata è sempre un compromesso tra l'energia massima ottenibile nell'arco di un intero anno e i problemi di surriscaldamento nei mesi estivi (stagnazione).
Questi impianti, infatti, sono soggetti in modo pesante agli effetti della stagnazione che causa elevate sollecitazioni termiche al fluido solare, degradandone in breve tempo le caratteristiche.

Quanto più grandi sono gli impianti solari tanto più potenzialmente pesante è l'effetto della stagnazione.
Tutto questo è ulteriormente amplificato da periodi di scarso utilizzo, dovuti ad esempio a periodi di assenza.

Gli **impianti solari combinati**, cioè quelli che integrano sia l'acqua calda sanitaria che il riscaldamento ambiente, hanno di regola un'elevata superficie solare. Durante il periodo estivo, dovendo soddisfare solo la domanda di acqua calda sanitaria, essi creano notevoli eccedenze di energia termica, le quali, a parte una bassissima redditività economica, comportano notevoli sollecitazioni termiche addizionali all'impianto (un rimedio in un tale caso è l'inserimento di un'utenza addizionale, presente solo per il tempo dei mesi estivi; ciò può essere realizzato in modo ideale con il riscaldamento di una piscina).

Altro esempio è costituito dagli impianti solari per **edifici plurifamiliari (condominiali)**. In questo caso il problema è costituito da una diminuzione di domanda di acqua calda sanitaria durante il periodo estivo a causa di assenze dovute al periodo vacanziero.
A tutto questo si aggiunga inoltre l'utilizzo di **collettori solari di elevate prestazioni** (es. collettori a tubi sottovuoto).

Una soluzione a queste problematiche è costituita dagli impianti solari a svuotamento (drain-back). Il principio di funzionamento del sistema solare a svuotamento è diverso da quello di molti altri impianti solari. Il sistema solare a svuotamento non è completamente riempito di fluido termovettore e non è sotto pressione. Per questa ragione l'impianto solare non è dotato di componenti standard degli impianti solari pressurizzati come il vaso di espansione, il manometro e la valvola di sfiato.

Notes

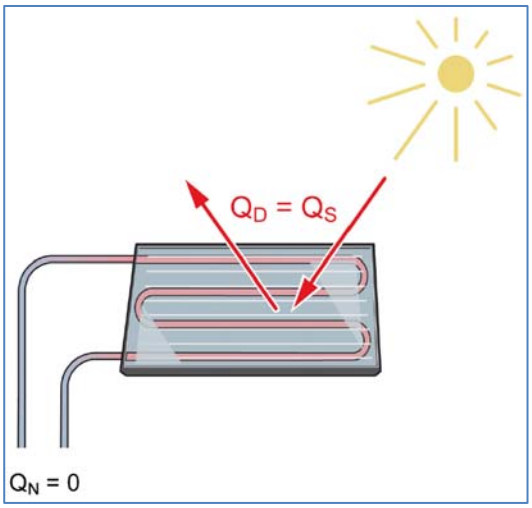
Lo svuotamento automatico del circuito solare elimina i problemi di surriscaldamento estivi. Questo significa la possibilità di realizzare sistemi più grandi con un rendimento solare più elevato e una soluzione al problema del surriscaldamento che non va a discapito della potenza nel periodo di transizione stagionale.

Nota:
Con la sua protezione automatica da gelo e surriscaldamento, il sistema solare termico a svuotamento è a sicurezza intrinseca.

Il principio dello svuotamento si applica nei seguenti prodotti vaillant: auroSTEP plus VIH SN, auroSTEP plus D, auroCOMPACT VSC D e auroFLOW plus VPM D

6.2 Temperatura di stagnazione

La temperatura di stagnazione o di arresto descrive la temperatura massima raggiungibile da un collettore.



Essa dipende dall'irraggiamento sul piano del collettore. Nella condizione in cui un impianto solare non cede calore, tutta l'energia rimane nel collettore dove porta ad un aumento della temperatura. Il punto finale di questo aumento è raggiunto quando l'intera energia solare incidente viene ceduta come perdita termica all'ambiente.

Si tenga presente che un determinato collettore può raggiungere temperature elevate, il cui limite è rappresentato nel grafico del rendimento dal punto dove la curva si interseca con l'asse delle ascisse. Sommando a questo valore la temperatura ambiente dell'istante preso in esame, si origina la cosiddetta "temperatura di stagnazione".
Il raggiungimento della temperatura di stagnazione nel collettore è frequente, e questo è aspetto da non trascurare.
La temperatura di stagnazione è un dato che viene ricavato tramite test sui collettori, secondo le seguenti condizioni:

Stagnation temperature for ambient conditions of 1000W/m² and 30°C (determination acc. to EN 12975-2:2006, Annex C) Stagnationstemperatur für Umgebungsbedingungen von 1000 W/m² und 30°C

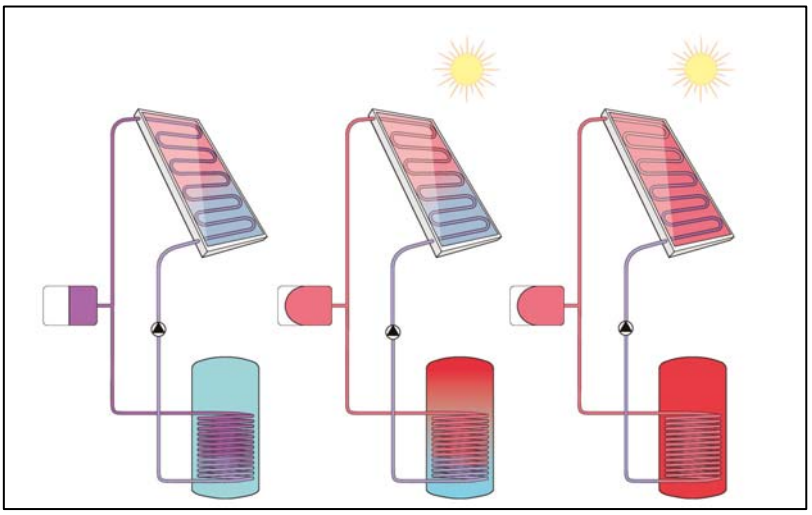
Notes

Nota:
Il valore della temperatura di stagnazione non è un parametro assoluto sulla bontà di un collettore!!

Altro aspetto da non trascurare è la temperatura max ammissibile per il liquido solare e il tempo di esposizione!!

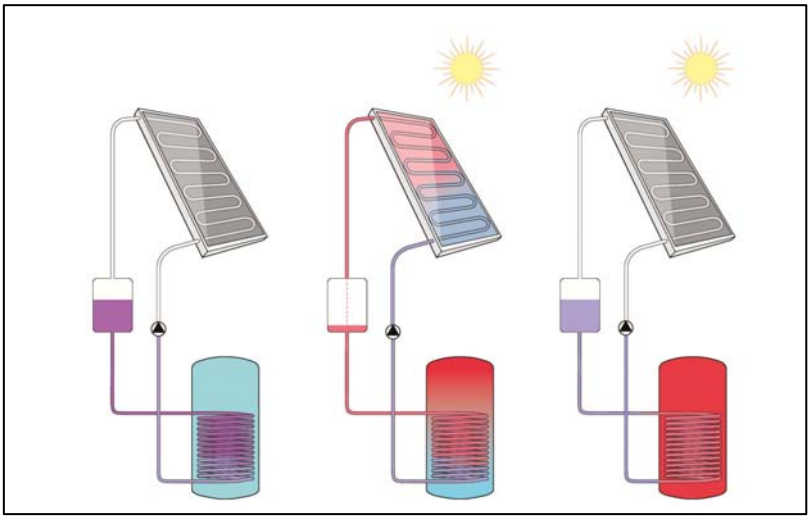
6.3 Differenza tra impianto solare pressurizzato e a svuotamento

Le due immagini seguenti mettono a confronto un sistema solare pressurizzato ed uno a svuotamento.



Impianto solare a circolazione forzata, pressurizzato

L'impianto deve essere riempito completamente di liquido solare e messo in pressione. Occorre inoltre eliminare l'aria presente tramite valvole di sfiato.
Per un impianto solare pressurizzato **è fondamentale il vaso d'espansione**.



Impianto solare a circolazione forzata, a svuotamento

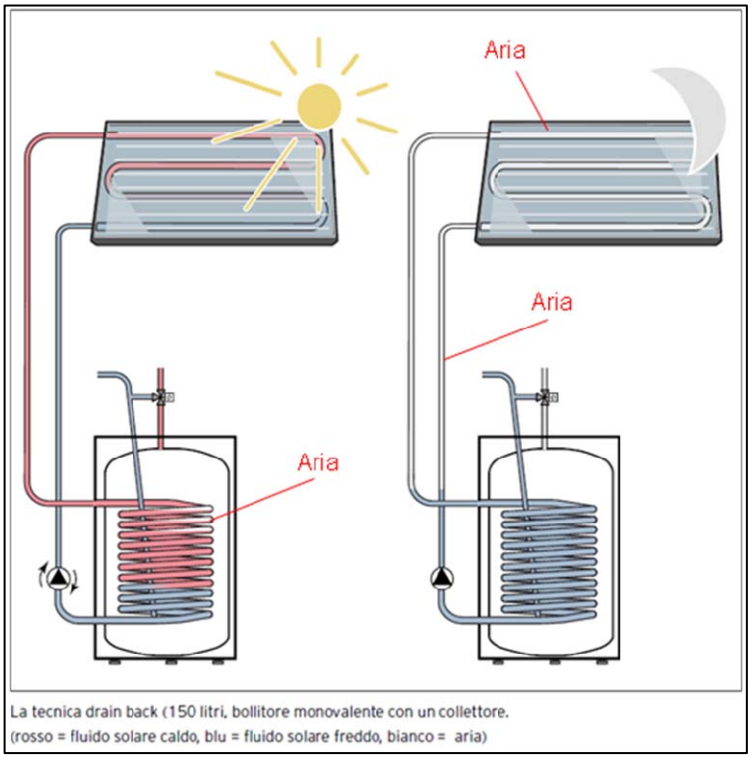
L'impianto solare a svuotamento è parzialmente riempito di liquido solare (circuito non pressurizzato).
Per il corretto funzionamento occorre rispettarne i limiti d'impiego!!
<u>Non risultano necessari:</u>
- vaso di espansione,
- valvola di sfiato
- manometro

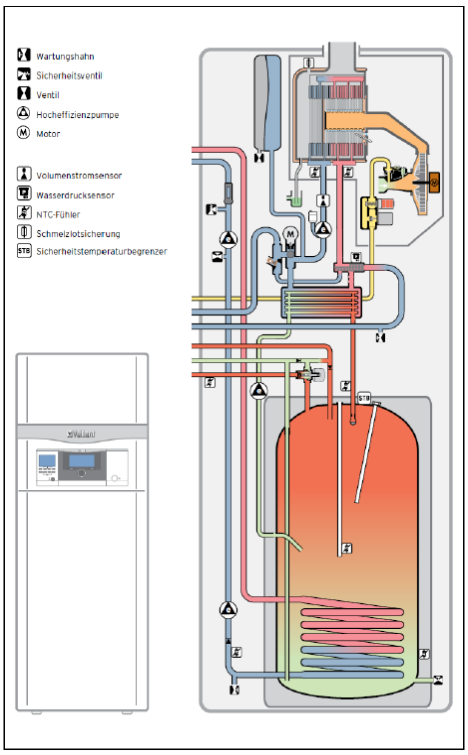
Notes

6.4 Sistema auroSTEP plus / auroSTEP plus D / auroCOMPACT

Nel sistema solare a svuotamento auroSTEP plus VIH SN, auroSTEP plus D ed auroCOMPACT VSC D il circuito solare lavora su un accumulo di acqua calda sanitaria dotato di serpentino solare al suo interno.
Nel caso dell'auroSTEP, l'unità di accumulo (nelle taglie da 150, 250 e 350 litri) è separata dalla caldaia di supporto. L'auroCOMPACT è invece una caldaia a condensazione compatta al cui interno risiede l'accumulo solare da 200 litri.
Per gli approfondimenti tecnici si rimanda alle relative specifiche tecniche.

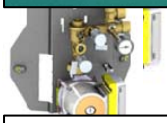
Il principio del "drain-back" si basa sulla differenza fra il volume della serpentina contenuta nell'accumulo e il volume del sistema collettore solare + tubazione solare e sul parziale riempimento del sistema con liquido solare antigelo.
A pompa spenta, i collettori e tutte le tubazioni al di sopra dell'unità di accumulo sono piene solo d'aria. Non appena il sole riscalda il collettore solare, la centralina solare attiva la pompa solare che convoglia il fluido solare attraverso la tubazione solare di ritorno nel campo dei collettori. In essi il fluido viene riscaldato e convogliato attraverso la tubazione di mandata solare verso l'unità di accumulo. L'aria rimossa dalle tubazioni e dai collettori si raccoglie nella parte superiore dello scambiatore termico solare.



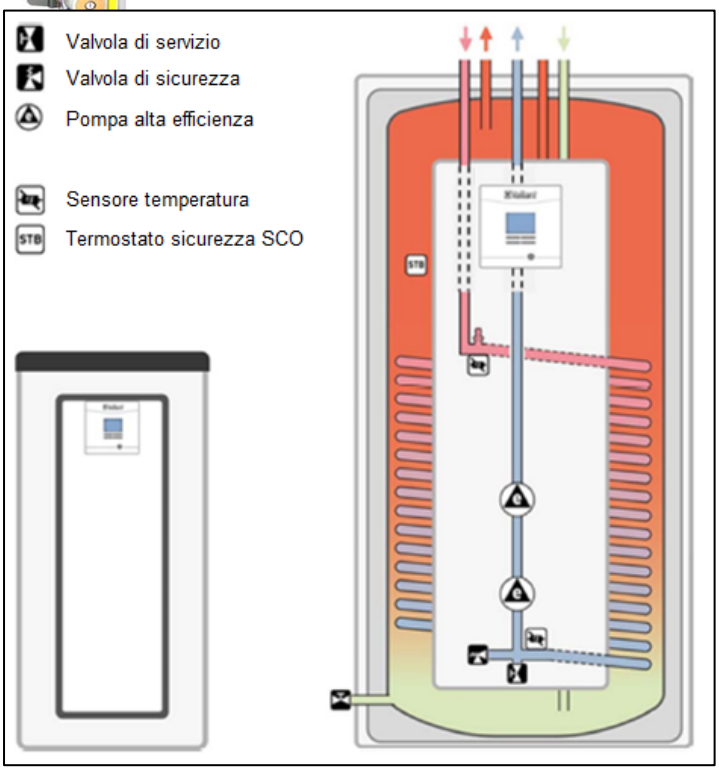


Sistema auroSTEP plus (a sinistra) e sistema auroCOMPACT (a destra)

Notes



s D: soluzioni modulari compatte per la produzione di ACS da fonte rinnovabile



auroSTEP plus D: stazione idraulica e schema di funzionamento

Quando il fluido solare si riscalda, esso e l'aria si espandono leggermente. La bolla d'aria inglobata nel circuito solare funge in questo caso da vaso di espansione (non bisogna installare disaeratori).

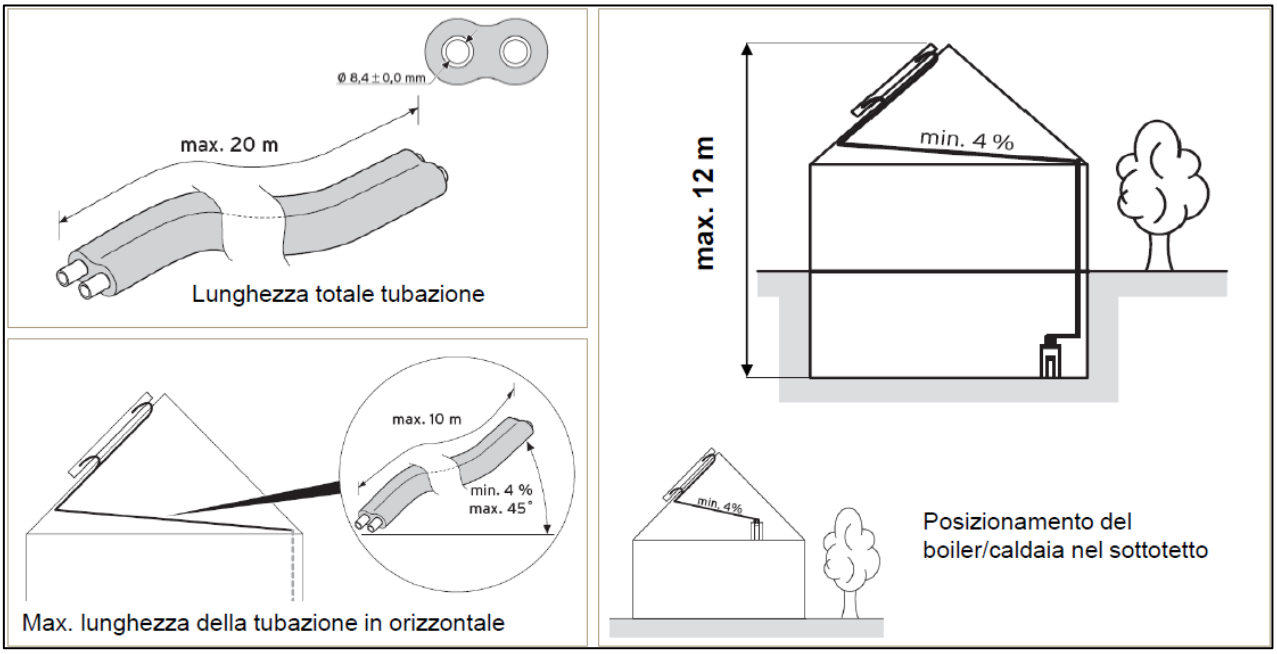
Notes

A causa della pendenza esistente, quando il sistema solare si ferma il fluido solare ridiscende dai collettori e dalle tubazioni solari di mandata e ritorno nell'unità di accumulo.
Il sistema auroSTEP plus VIH SN e l'auroCOMPACT sono pre-caricati in fabbrica con il corretto volume di liquido solare (Vaillant), mentre l'auroSTEP plus D è da caricare all'atto della messa in servizio.
Poiché durante le stagioni fredde nel collettore e nelle tubazioni solari dell'impianto fermo vi è solo aria, si richiedono provvedimenti antigelo solo per il luogo d'installazione dell'unità di accumulo.

6.4.1 Limiti d'impiego

Per il corretto funzionamento occorre rispettare le seguenti condizioni:

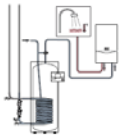
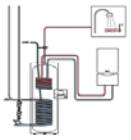
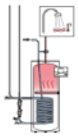
- Deve essere rispettato il diametro interno delle tubazioni (vedi figura), non deve essere modificato il sistema costruttivo, il numero dei collettori e la loro disposizione.
- La lunghezza delle tubazioni solari Vaillant non deve superare i 20 m di tubo solare in rame 2 in 1 (=40 m di lunghezza totale).
- Per garantire lo svuotamento, la pendenza minima delle tubazioni deve essere minimo del 4%.
- La differenza in altezza tra il punto più alto (andata del collettore) e il punto più basso dell'impianto (bordo inferiore del boiler) non deve superare i 12 m, altrimenti la prevalenza della pompa solare non è sufficiente.



Notes

6.4.2 Tabelle di dimensionamento

Per il corretto funzionamento occorre rispettare le seguenti condizioni:

Modelli		orizzontale	verticale	standard	doppia pompa	da abbinare a
monovalente	VIH SN 150/3 Mi	1	1	•		 - Combi - Scaldabagni
	VIH SN 150/3 MiP	1	1		•	
bivalente	VIH SN 250/3 i	1-2	1-2	•		 - Solo riscaldamento
	VIH SN 250/3 iP	1-2	1-2		•	
	VIH SN 350/3 iP	2-3	2-3		•	
elettriche	VEH SN 150/3 i	1	1	•		 - Senza generatore - Combi - Scaldabagni
	VEH SN 250/3 i	1-2	1-2	•		

Con il vaso di compensazione è possibile raggiungere dislivelli tra bollitore e collettore superiori a 12 m.

auroSTEP plus SN

		Lunghezza max. tubazione solare 2x1 (Vaillant Twin Tube)		
Altezza max.	Volume bollitore	1 collettore VFK 135 D/VD o VFK 140/2 VD	2 collettori VFK 135 D/VD o VFK 140/2 VD	3 collettori VFK 135 D/VD o VFK 140/2 VD
8,5 m	200 l	max. 20 m	max. 20 m	max. 20 m con vaso aggiuntivo di 10 litri
12 m	200 l	max. 20 m	max. 15 m oppure max. 20 m con vaso aggiuntivo di 10 litri	max. 20 m con vaso aggiuntivo di 10 litri

auroCOMPACT VSC D

Notes

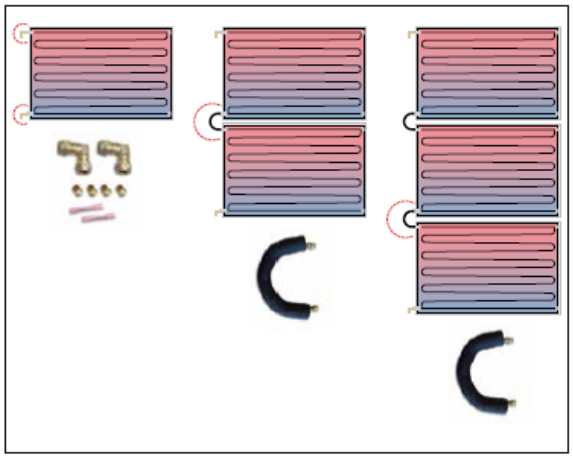
Number of collectors	Maximum pipe lengths for a drainback system [m]					
	Cylinder size 150 l and 250 l			Cylinder size 350 l		
	Cu 10 x 0.8	Cu 12 x 1	Cu 15 x 1	Cu 10 x 0.8	Cu 12 x 1	Cu 15 x 1
1	40	40	35	40	40	40
2	30*	35	20	30*	45	25
3 (with2nd pump)	40	20	12	40	30	18

*can be increased to 40 m with 2nd pump

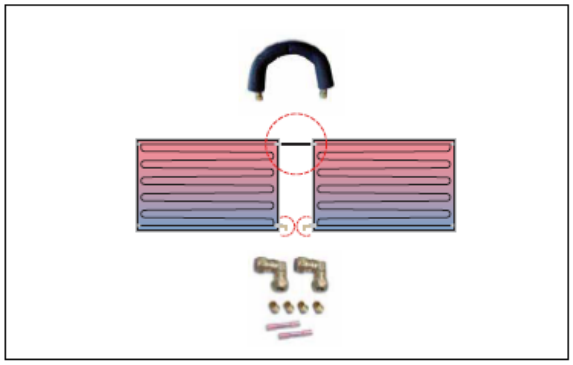
auroSTEP plus D

6.4.3 Collettori solari e loro collegamento

I sistemi solari a svuotamento richiedono dei collettori appositamente dedicati. I modelli utilizzati sono i collettori piani VFK 135 D/VD (orizzontale/verticale) e VFK 140/2 VD (solo verticale).Per il corretto funzionamento occorre rispettare le seguenti condizioni di collegamento:



kit di raccordo idraulico VFK 135 D (orizzontale) con collettori sovrapposti



kit di raccordo idraulico VFK 135 D (orizzontale) con collettori affiancati

Il **collettore piano orizzontale VFK 135 D** può essere montato solo in posizione orizzontale. Nel caso di fermo della pompa, solo in tal modo è garantito lo svuotamento del circuito solare.

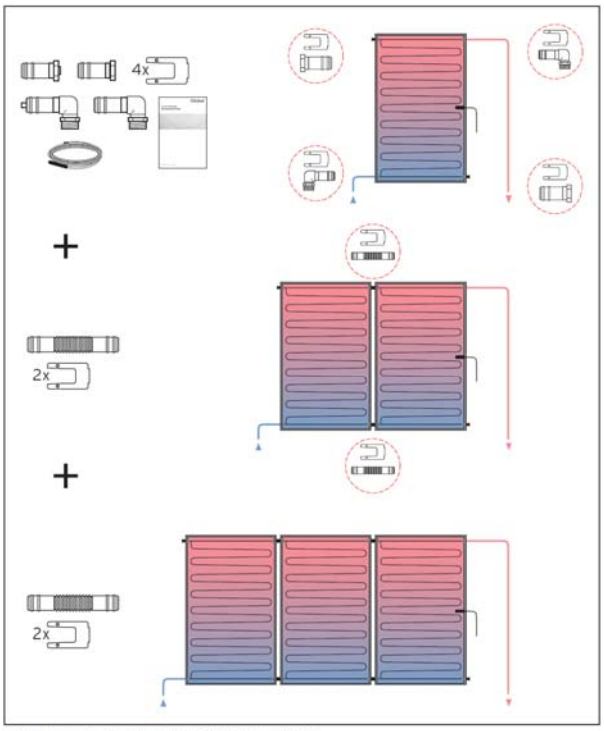
Il collegamento idraulico avviene tramite raccordi a compressione.

I raccordi angolari (kit di collegamento) sono previsti per il collegamento alla mandata e al ritorno della schiera.

Gli elementi di raccordo a U servono al collegamento idraulico di due o tre collettori uno sopra l'altro.

Attraverso l'elemento di raccordo a U è possibile anche un collegamento affiancato di due collettori.

Notes



Kit di raccordo idraulico VFK 135 VD (verticale)

Il **collettore piano verticale VFK 135VD / VFK 140 VD** dell'impianto auroSTEP plus puo essere montato solo in posizione verticale. Nel caso di fermo della pompa, solo in tal modo è garantito lo svuotamento del circuito solare.
La sonda del collettore viene qui inserita in una boccola ad immersione sul lato della mandata.
Il collegamento unilaterale dei “tubi solari di rame 2 in 1” ai collettori è ammesso fino a 2 collettori.
Il collegamento alternato dei “tubi solari di rame 2 in 1” ai collettori è sempre ammesso da 1 a 3 collettori.

Nota: il collegamento unilaterale dei “tubi solari di rame 2 in1” con tre collettori solari verticali non è ammesso.

Il collegamento idraulico avviene tramite raccordi a compressione ad innesto rapido sul lato collettore.
I raccordi angolari (kit di collegamento) sono previsti per il collegamento alla mandata e al ritorno della schiera.
Gli elementi di raccordo “diritti” ad innesto rapido servono al collegamento idraulico di due o tre collettori in modo adiacente.
In un campo di collettori con allacciamento alternato, i binari di montaggio devono avere un'inclinazione dell'1% verso il raccordo inferiore (ritorno del collettore).
Nel caso di allacciamento unilaterale (max. 2 collettori) i binari di montaggio devono essere montati in orizzontale.

6.5 Sistema auroFLOW plus VPM D

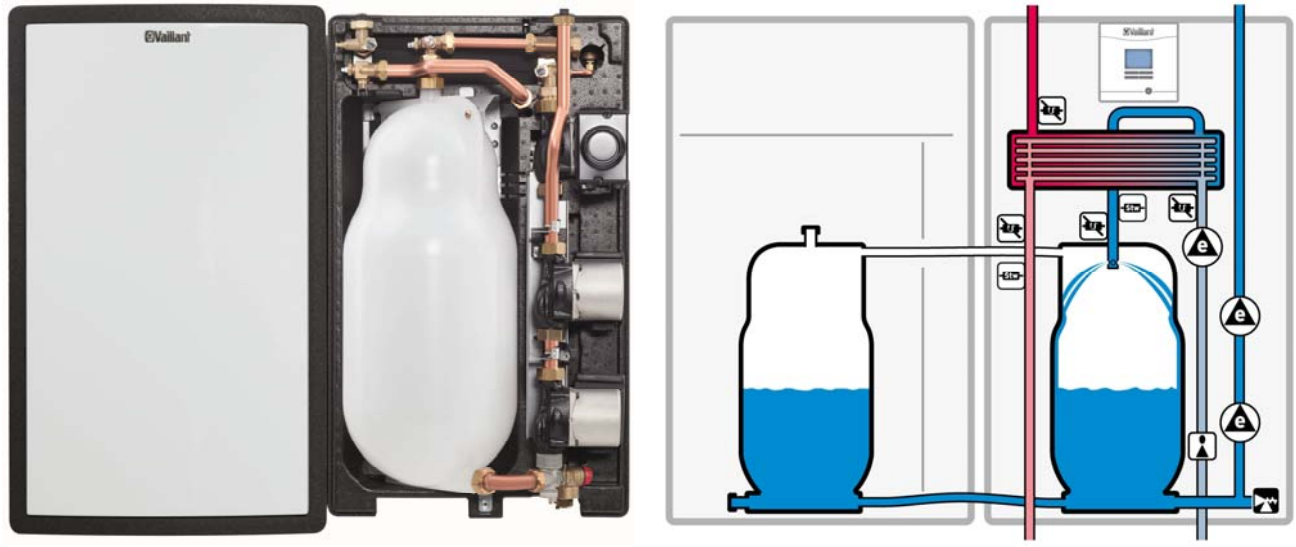
La stazione solare termica auroFLOW plus VPM 15 D è essenzialmente costituita dai seguenti elementi:

- serbatoio per il liquido solare
- pompa solare per il circuito solare

Notes

- pompa di carica del bollitore per il circuito bollitore
- sonde di temperatura
- dispositivi di sicurezza, di riempimento/svuotamento e di sfiato (lato bollitore)
- scambiatore di calore a piastre tra il circuito solare e quello di carica bollitore
- centralina solare per il comando delle pompe e per il rilevamento della resa solare
- pannello comandi con display e sistema DIA

La stazione solare termica auroFLOW plus VPM 30 D è costituita dalla stazione di cui sopra più il modulo di espansione, comprensivo di serbatoio del fluido solare e seconda pompa solare.



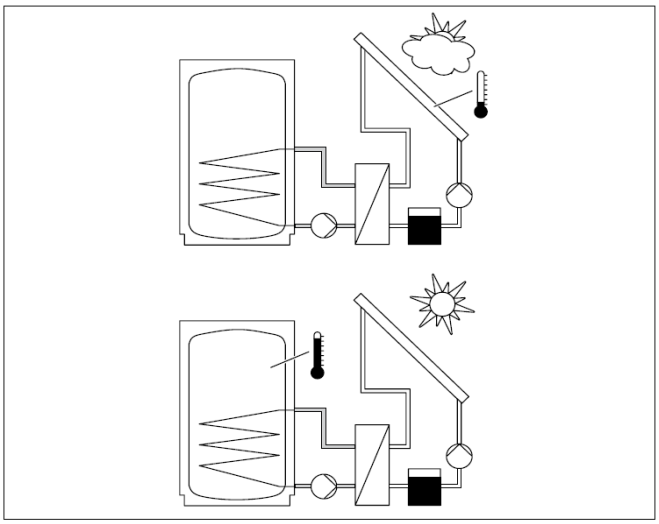
auroFLOW VPM 30 D

La stazione solare VPM 15 D gestisce un campo collettori con max. 6 collettori VFK 135/140 VD, mentre la stazione solare VPM 30 D gestisce un campo collettori con max. 12 collettori VFK 135/140 VD (due schiere di 6 collettori ciascuna).
Le stazioni possono lavorare sul serpentino inferiore di accumuli solari bivalenti VIH S (impianti solo acs) o su accumuli tampone (puffer) allSTOR VPS/3 nel caso di impianti solari combinati (acs+riscaldamento).
È possibile collegare in parallelo fino a quattro stazioni solari VPM 30 D per complessivi 48 collettori.

Il principio di funzionamento della stazione solare termica auroFLOW plus è diverso da quello di molti altri impianti solari. La stazione solare auroFLOW plus non è completamente riempita di fluido termovettore e non è sotto pressione. Per questa ragione la

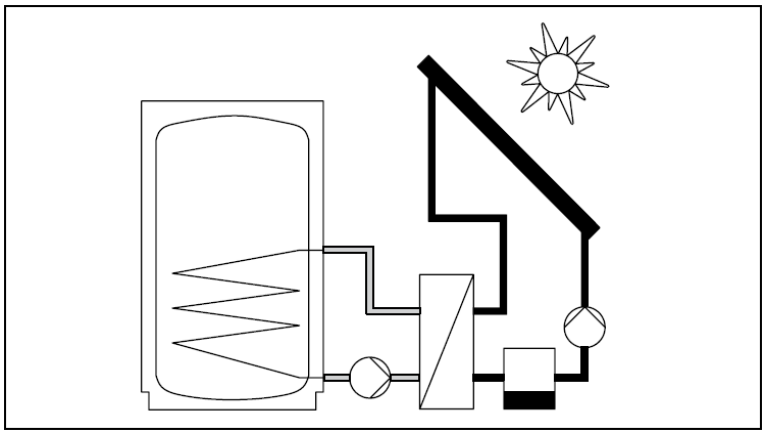
Notes

stazione non è dotata di componenti standard degli impianti solari come il vaso di espansione, il manometro e la valvola di sfiato.
Quando la pompa solare non è in servizio, il fluido termovettore si raccoglie nel vaso all'interno della stazione. Per questo è importante che il campo collettori e tutti i circuiti solari siano installati con pendenza verso il basso, affinché il fluido termovettore possa rifluire per gravita verso la pompa solare. I circuiti solari e il campo collettori sono quindi riempiti d'aria.



Pompa solare non in servizio

Come fluido termovettore si utilizza uno speciale fluido premiscelato composto da acqua e glicole, che viene caricato durante l'installazione.
Una volta avviata dalla centralina, la pompa solare trasporta il fluido termovettore all'esterno del vaso, attraverso la tubazione di ritorno, fino al campo collettori.



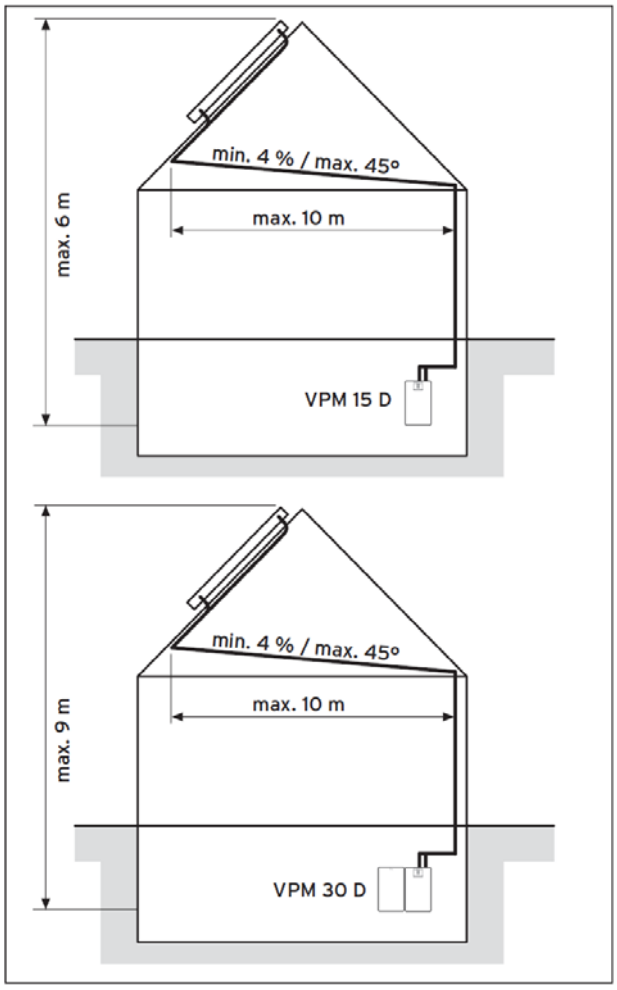
Pompa solare in servizio

Notes

Il fluido termovettore viene riscaldato in questo punto, quindi ricondotto all'indietro nel vaso della stazione solare attraverso il tubo di mandata.
L'energia solare viene trasferita all'acqua dell'accumulo tramite lo scambiatore a piastre e la pompa di carico presenti all'interno della stazione.
Quando la potenza attraverso il campo dei collettori non è più sufficiente o l'accumulo ha raggiunto la temperatura massima, la centralina solare spegne allora la pompa solare.

6.5.1 Condizioni d'impiego

Per il corretto funzionamento occorre rispettare le seguenti condizioni:



- Per prevenire le perdite di calore, si deve assicurare che la stazione di carica solare sia il più vicino possibile al campo collettori; una distanza minima di 1 m deve essere mantenuta.
- La **differenza di altezza** tra il punto più alto nel sistema (punto più alto del campo collettori) e il punto più basso nel sistema (punto più basso della stazione di carica solare) **non deve eccedere 6 metri** (VPM 15 D) **e 9 metri** (VPM 30 D).
- Installare **le tubazioni di connessione** tra il campo collettori e la stazione di carica solare in modo che il gradiente di discesa in nessun punto sia inferiore al 4% (4 cm/m).
- Assicurare che la **lunghezza della tubazione massima ammissibile e la sezione della tubazione** siano osservate durante la fase di progettazione per i circuiti solare e di carica accumulo.

Per la stazione solare termica auroFLOW plus VPM 15 D, è possibile riempire il sistema (pompa solare, collettori, linee di collegamento) con massimo 20 litri di liquido sola-

Notes

re, mentre per la stazione solare termica auroFLOW plus VPM 30 D sono ammessi massimo 40 litri.
Durante il funzionamento, all'interno del vaso della stazione solare rimangono circa 6 litri di fluido solare.

Stazioni solari	Numero max collettori	Taniche liquido solare da 20 litri
VPM 15 D	6	1
VPM 30 D	12	2
VPM 15 D + VPM 30 D	18	3
2 x VPM 30 D	24	4
VPM 15 D + 2 x VPM 30 D	30	5
3 x VPM 30 D	36	6
VPM 15 D + 3 x VPM 30 D	42	7
4 x VPM 30 D	48	8

Tabella per il calcolo del liquido solare per il sistema a svuotamento auroFLOW plus

6.5.2 Tabelle di dimensionamento tubazioni

Per il corretto funzionamento occorre rispettare le seguenti condizioni:

Circuito bollitore

VPM .. D	Numero di collettori	Portata max. (l/h)	Diametro della tubazione (mm)	Lunghezza totale max della tubazione (m)
15	2-6	600	Cu 15x1	40
15	2-6	600	Cu 18x1	60
30	7-12	1200	Cu 22x1	40

Circuito solare con collettori su 1 fila

VPM .. D	Numero di collettori	Disposizione del campo collettori	Portata max. (l/h)	Diametro della tubazione (mm)	Lunghezza totale max. tubazione (m)
15	2-3		300	TwinTube 10x1	26
15	2-3		300	Cu 15x1	60
15	4-6		600	Cu 15x1	32

Notes

Circuito solare con collettori su 2 file

VPM .. D	Numero di collettori	Disposizione del campo collettori	Portata max. (l/h)	Diametro della tubazione (mm)	Lunghezza totale max. tubazione (m)
15	6		600	Cu 15x1	32
30	8		800	Cu 18x1	68
30	10		1000	Cu 22x1	34
30	12		1200	Cu 18x1 Cu 22x1	42 26

Circuito solare con collettori su 3 file

VPM .. D	Numero di collettori	Disposizione del campo collettori	Portata max. (l/h)	Diametro della tubazione (mm)	Lunghezza totale max. tubazione (m)
30	9		900	Cu 18x1	62
30	12		1200	Cu 18x1 Cu 22x1	42 26

Notes

Esempio di calcolo per auroFLOW VPM 15 D con 6 pannelli (2x3)

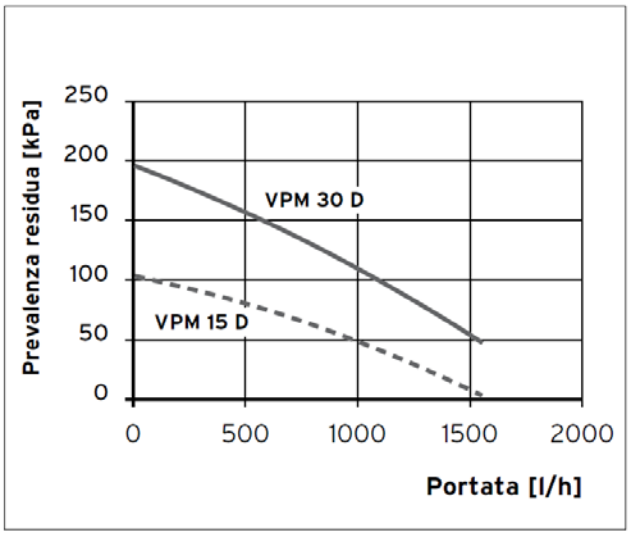
Per il calcolo del campo collettori e delle tubazioni sono considerati i seguenti valori:

- Volume di fluido in un collettore solare: 1,5 litri
- Volume di liquido solare per metro di tubazione:
  - Cu 15x1 = 0,13 litri
  - Cu 18x1 = 0,2 litri
  - Cu 22x1 = 0.31 litri

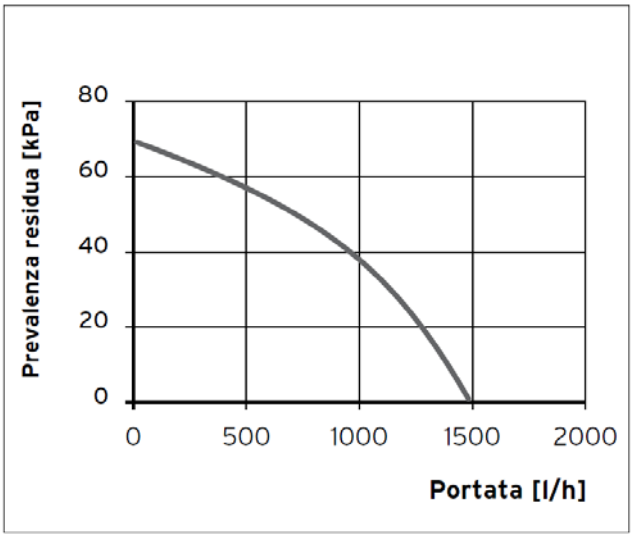
Esempio di calcolo:

- VPM 15 D: 14 litri (effettivo)
- 2 schiere con 3 pannelli: 6 x 1,5 litri = 9 litri
- Volume disponibile per la rete delle tubazioni: 14 litri - 9 litri = 5 litri
- Possibili lunghezze massime della tubazione:
  - Per Cu 15x1:
    5 litri / 0,13 l/m = 38,5 m
  - Per Cu 18x1:
    5 litri / 0,2 l/m = 25 m
  - Per Cu 22x1:
    5 litri / 0,31 l/m = 16 m

A seguire i diagrammi prevalenza residua-portata delle pompe presenti all'interno della stazione solare VPM D:



Prevalenza residua modulo VPM D nel circuito solare



Prevalenza residua modulo VPM D nel circuito di carico bollitore

Notes

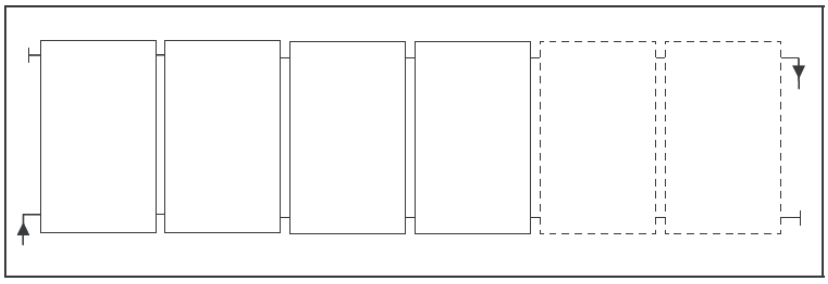
6.5.3 Collegamento idraulico dei collettori

Il collegamento idraulico dei collettori è sempre con file con lo stesso numero di pannelli, collegate in parallelo.

È importante garantire che le linee delle tubazioni di mandata siano della stessa lunghezza (Tichelmann) e abbiano anche lo stesso numero di curve, per assicurare un flusso uniforme.

Il collegamento dei tubi di mandata e ritorno sullo stesso lato del collettore (collegamento unilaterale) è possibile su file di max. tre pannelli.

La sonda di temperatura collettore deve essere sempre posizionata nella fila superiore del campo collettori. Essa non puo essere posizionata nella zona ombreggiata.

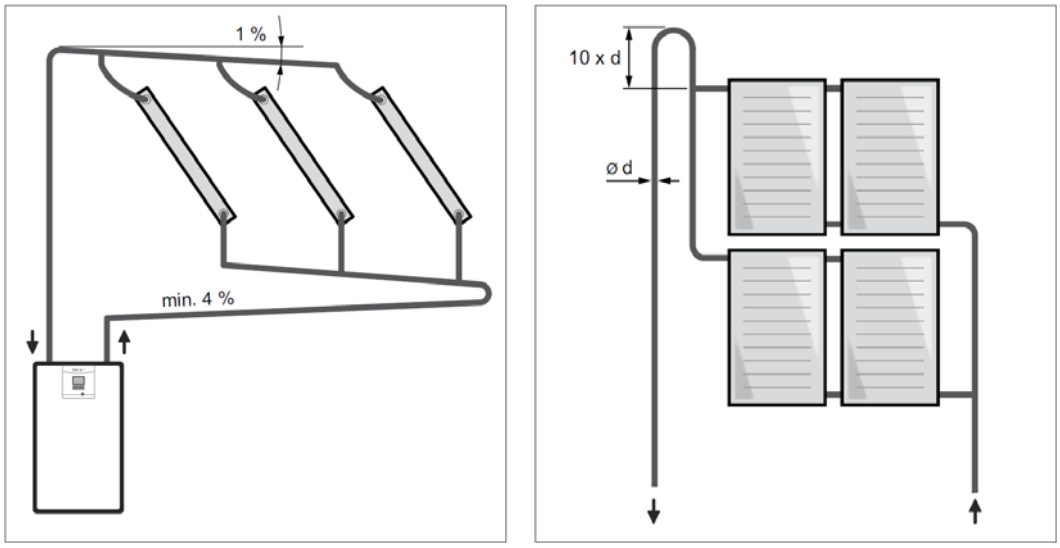


NOTA

Montare al massimo sei collettori affiancati.

I campi con 4 - 6 collettori possono essere allacciati solo in alternanza.

In un campo di collettori con allacciamento alternato, i binari di montaggio devono avere un'inclinazione dell'1% verso il raccordo inferiore (ritorno del collettore).



Collegamento dei collettori per tetto inclinato (a sinistra) e tetto piano (a destra)

Notes

NOTE

Notes

NOTE

Notes

NOTE

Notes

NOTE

Notes

11-2015 - Manuale di formazione per il progettista - I dati contenuti in questo prospetto sono forniti a titolo indicativo. Con riserva di modifiche. Questo prospetto pertanto non può essere considerato come un contratto in confronto di terzi.

Vaillant Group Italia S.p.A. unipersonale ▮ **Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento della Vaillant GmbH**
Via Benigno Crespi 70 ▮ 20159 Milano ▮ Tel. 02 / 69 71 21 ▮ Fax 02 / 69 71 25 00
Registro A.E.E. IT08020000003755 ▮ Registro Pile IT09060P00001133 ▮ www.vaillant.it ▮ info.italia@vaillantgroup.it