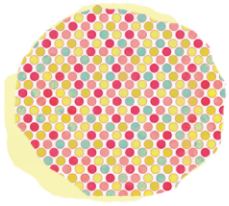


Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

QUADERNO

SOLARE TERMICO A BASSA E MEDIA TEMPERATURA

LUGLIO 2011

A cura di: G. Braccio, F. Di Mario, D. Marano, V. Sabatelli

INDICE

1.	**SCENARIO DI RIFERIMENTO**	**5**
	Premessa	5
	Stato delle tecnologie a bassa temperatura	5
	Stato delle tecnologie a media temperatura	6
	Principali applicazioni	8
2.	**SITUAZIONE DI MERCATO, PROSPETTIVE E NORMATIVA**	**10**
	Mercato e prospettive	10
	Normativa tecnica	11
3.	**LA RICERCA E L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA**	**11**
4.	**CONCLUSIONI**	**13**

1. SCENARIO DI RIFERIMENTO

Premessa

Il solare termico per applicazioni a bassa temperatura è una tecnologia matura e consolidata soprattutto in ambito residenziale per la produzione di acqua calda sanitaria e per la climatizzazione (invernale ed estiva) degli ambienti attraverso sistemi combinati e sistemi innovativi di *solar-cooling*.

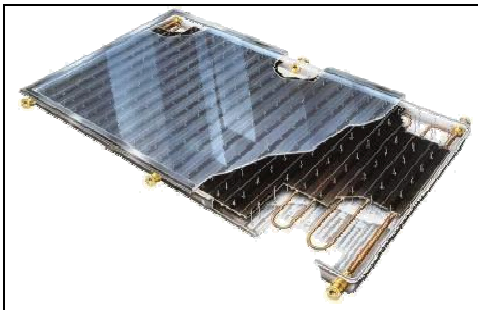
Il settore si trova in un momento di grande diffusione e può contribuire in modo significativo alla copertura dei consumi finali per uso termico. In Europa infatti ben il 49% dei consumi finali riguarda l'energia termica (di questo 49%, il 34% riguarda il solo calore alle basse temperature) e ben il 61% dei fabbisogni totali di calore alla basse temperature riguardano il settore residenziale.

In Italia, pur essendo tali percentuali più basse, il solo consumo di energia finale per uso residenziale ammonta a circa 23 Mtep su 143 complessivi. Pertanto il solare termico rappresenta una tecnologia in grado di incidere in maniera significativa sul raggiungimento degli obiettivi dell'Action Plan nazionale che prevede al 2020 una copertura del 17% dei consumi finali con energia da fonti rinnovabili.

Stato delle tecnologie a bassa temperatura

Nelle applicazioni a bassa temperatura del solare termico le principali tecnologie impiegate sono quelle dei collettori piani vetrati selettivi e non (FPC, Flat Plate Collector) e dei collettori sottovuoto (ETC, Evacuated Tube Collector).

I *collettori piani vetrati* sono una tecnologia diffusa e adattabile per l'ottima resa energetica annua e la disponibilità di un vasto mercato di prodotti. Il principio di funzionamento dei dispositivi si basa sulle caratteristiche del vetro utilizzato di essere trasparente alla radiazione solare ed opaco a quella infrarossa emessa dalla piastra assorbente, e sulle proprietà della piastra stessa di assorbire la radiazione solare e contenere le emissioni proprie nello spettro infrarosso. Ciò determina l'attitudine all'ingresso e all'assorbimento della massima radiazione solare nel collettore e la scarsa capacità della lastra captante e del vetro di copertura di disperdere radiazione infrarossa verso l'esterno del dispositivo. Le prestazioni del collettore migliorano poi con le caratteristiche d'isolamento alle perdite termiche. Nei collettori solari piani ad acqua questo principio è ottimizzato ed utilizzato per riscaldare il fluido (acqua o glicole) presente all'interno di un assorbitore piano. Per tipologia di costruzione sono disponibili molte soluzioni distinte per la selettività dell'assorbitore, per l'utilizzo di materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) ed idoneità all'uso in impianti a circolazione forzata o naturale (questi ultimi meno costosi, più affidabili, ma meno integrabili architettonicamente per la presenza di un serbatoio di accumulo da posizionare più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze). Pur con differenti varianti di mercato, le dimensioni più consuete di un collettore piano prevedono ingombri prossimi ai due metri quadrati, con lato più lungo tipicamente di due metri di estensione.



Esempio di collettore piano vetrato

I *collettori sottovuoto*, a parità di superficie, presentano in genere un migliore rendimento medio stagionale, per il sostanziale annullamento delle perdite termiche per convezione e conduzione legate alla presenza di un'intercapedine tenuta sottovuoto spinto. Il calor e raccolto da ciascun elemento (tubo sottovuoto) viene trasferito all'utilizzatore essenzialmente in due modi differenti: una tipologia consiste nell'utilizzo di circuiti ad U, all'interno del singolo tubo, entro i quali circola il fluido primario che riscalda e cede l'energia termica all'utilizzatore in un raccordo posto in alto; un'altra tipologia molto diffusa è rappresentata dai tubi di calore cosiddetti "heat pipe" all'interno dei quali è presente un fluido in equilibrio di fase con il suo vapore e che sono in grado di trasportare grandi quantità di energia termica con bassi gradienti termici. Generalmente i tubi di calore, posizionati nella parte centrale dei tubi di vetro, sono in metallo termo conduttore (rame o alluminio) riportanti alettature per incrementare l'assorbimento della radiazione solare. Questa tipologia di collettori, in passato indicata principalmente per applicazioni a temperature più elevate di quelle raggiungibili con collettori piani, è adesso largamente commercializzata e, con l'immissione sul mercato di collettori a doppio tubo, la tecnologia sottovuoto sta incontrando un grande successo anche in Italia.

Esempio di collettore sottovuoto

Una soluzione tecnica caratterizzata da costi molto bassi ed idoneità ad un impiego prevalentemente estivo è, infine, quella dei *collettori non vetrati* (o scoperti) realizzati prevalentemente in materiale plastico, dove l'assenza di copertura vetrata comporta perdite per convezione troppo elevate per l'utilizzo con le basse temperature esterne invernali: l'acqua da riscaldare percorre direttamente il collettore, evitando i costi e le complicazioni impiantistiche di uno scambiatore. Essa rappresenta pertanto la soluzione ideale per gli stabilimenti balneari, piscine scoperte, campeggi e per tutti gli ambiti residenziali con fabbisogno di acqua calda sanitaria prevalentemente estivo.

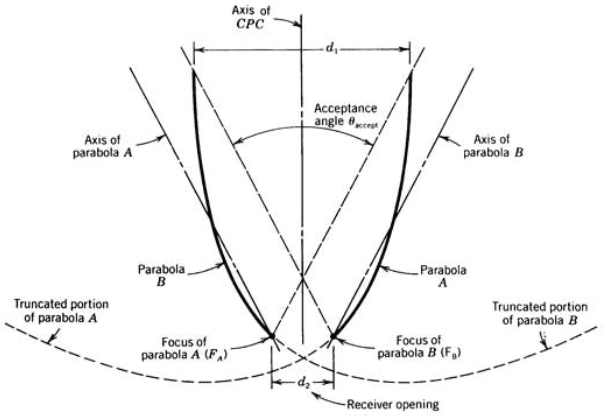
Esempio di collettore scoperto

Stato delle tecnologie a media temperatura

Un settore dalle forti potenzialità di sviluppo è rappresentato dalle applicazioni solari per la produzione di calore di processo nelle industrie, caratterizzate da una domanda di energia termica sia a bassa che a media temperatura.

I collettori solari per applicazioni a media temperatura sono caratterizzati da temperature di funzionamento tra i 100-150°C come limite basso e temperature fino ai 350°C come limite alto. Sono utilizzati per la produzione di calore di processo, per gli impianti di solar-cooling a media temperatura (tipicamente 150-250°C), per la dissalazione dell'acqua di mare e per la produzione di energia elettrica con cicli a fluido organico. Le principali tecnologie sono di seguito illustrate.

Compound Parabolic Concentrator (CPC): si tratta di collettori in grado di concentrare la radiazione solare incidente in un ampio range di angoli di incidenza da 0 all'angolo di accettazione (*acceptance angle*, vedi figura). Dalla figura si vede che entrambi i lati del CPC sono costituiti da una parabola con il fuoco posizionato sul lato opposto dell'apertura del ricevitore. Con tali dispositivi elevati fattori di concentrazione richiedono altezze delle parabole molto elevate. Per evitare tale inconveniente si ricorre al troncamento delle parabole che permette di risparmiare materiale ed ingombri a prezzo di un piccolo degradamento delle prestazione se il troncamento è fatto in modo opportuno. Il principio del troncamento si basa sul fatto che la parte più alta delle parabole è parallela al piano centrale di simmetria del collettore e quindi contribuisce poco alla radianza che viene concentrata sull'assorbitore per cui può essere eliminata senza penalizzare molto le prestazioni. Normalmente il troncamento riguarda il 40–60% dello specchio.



Schema di un CPC

Sistemi parabolici lineari per applicazioni a media temperatura: si tratta di sistemi la cui struttura è simile quella dei sistemi parabolici lineari per alte temperature. In molti casi la struttura è la stessa, cambia soltanto il fattore di concentrazione che è più basso. Il ricevitore è costituito da un tubo entro il quale scorre il fluido termo-vettore circondato da un secondo tubo in vetro; nell'intercapedine dei due tubi è fatto il vuoto per minimizzare le dispersioni. Nel caso in cui le temperature di utilizzo siano basse molto spesso il tubo ricevitore non è circondato dal vetro; comunque in questo caso per evitare dispersioni eccessive si utilizza in generale un vetro di copertura sul paraboloide in modo che il ricevitore sia posizionato in una camera chiusa. In altri casi, sempre se le prestazioni richieste non sono molto spinte, tra tubo e vetro non viene praticato il vuoto.

Collettore parabolico lineare a media concentrazione

Collettori a specchi di Fresnel: si tratta di sistemi costituiti da una serie di specchi piani (o al più con una lieve curvatura) di forma rettangolare molto allungata (vedi figura) che concentrano la radiazione solare su un tubo ricevitore posizionato al disopra degli specchi. Molto spesso sulla parte superiore del ricevitore è collocato un riflettore secondario parabolico o del tipo CPC che concentra ulteriormente la radiazione solare sulla parte superiore del tubo ricevitore. Questi sistemi utilizzano una geometria a fuoco lineare con inseguimento del Sole su singolo asse grazie alla rotazione dei singoli specchi lungo l'asse del ricevitore. Rispetto ai sistemi parabolici lineari, i sistemi a specchi di Fresnel offrono il vantaggio di avere un tubo ricevitore stazionario che pertanto non necessita di essere movimentato assieme al sistema ottico di concentrazione; inoltre non dovendo il sistema ottico supportare il carico del ricevitore, tali sistemi sono strutturalmente più semplici e quindi anche più economici. Di contro possono presentare problemi di ombreggiamento tra i singoli specchi che ne limitano il funzionamento. Tale problema può essere parzialmente superato innalzando il tubo ricevitore con conseguente incremento dei costi. Inoltre, la maggiore distanza tra specchi e ricevitore fisso comporta più frequenti errori di tracking che possono incidere significativamente sul rendimento del sistema. Analogamente ai sistemi parabolici lineari, il ricevitore è costituito da un tubo metallico, entro il quale scorre il fluido termo-vettore (solitamente olio diatermico), circondato da un secondo tubo in vetro al cui interno generalmente è praticato il vuoto.

Collettore a specchi di Fresnel

Principali applicazioni

La *produzione di ACS* è l'applicazione più comune e consolidata del solare termico a bassa temperatura. Nelle applicazioni stagionali estive, quali ad esempio le docce degli stabilimenti balneari, è possibile l'uso di collettori scoperti. L'accumulo e sistema di integrazione sono necessari per coprire parzialmente o totalmente il carico quando la radiazione solare è insufficiente. I collettori piani vetrati e quelli sottovuoto possono essere utilizzati anche per il riscaldamento degli ambienti soprattutto utilizzando sistemi funzionanti a bassa temperatura.

La *climatizzazione solare* (autonoma e/o assistita) è una delle più promettenti applicazioni del solare termico, consentendo un risparmio d'energia primaria rilevante. I sistemi per la produzione di servizi di raffreddamento sono adatti all'uso dell'energia solare, grazie alla correlazione esistente tra la disponibilità della radiazione e la domanda di climatizzazione estiva. Raffreddamento solare e climatizzazione sono settori maturi ma che offrono ancora un vasto potenziale per l'innovazione.

Altro settore di applicazione è rappresentato dalla *dissalazione solare*, dove sono in corso in diversi Paesi del mondo attività di ricerca tese allo sviluppo di nuovi sistemi di desalinizzazione e trattamento delle acque attraverso lo sfruttamento dei sistemi solari termici, con l'obiettivo di sviluppare impianti di piccola capacità per utenze distribuite, superando il vincolo di incompatibilità tecnica con i sistemi di desalinizzazione attuali.

Infine, la *produzione di calore di processo* per via solare è tecnicamente ed economicamente conveniente per quei settori industriali caratterizzati da processi specifici nei quali ci sia continua e costante la richiesta di calore a bassa temperatura e media temperatura (fino a 250°C) e sia effettiva la possibilità tecnica di inserimento del sistema solare nel processo industriale esistente. A basse temperature, il calore può essere sfruttato nell'ambito alimentare e delle bevande in processi di lavaggio e sterilizzazione (bottiglie, contenitori), cottura dei cibi, pastorizzazione del latte, fermentazione dell'alcool, in quello tessile nella pigmentazione e lavaggio dei vestiti, in quello cartiero per essiccazione dei prodotti e nei trattamenti chimici. Una frazione significativa del calore necessario a questi processi è richiesto a temperature inferiori a 200°C, operativamente supportabili da integrazione mediante sistemi solari con collettori piani o a tubi evacuati per le temperature più basse e con collettori parabolici lineari per le temperature più elevate.

2. SITUAZIONE DI MERCATO, PROSPETTIVE E NORMATIVA

Mercato e prospettive

Sulla base dei dati pubblicati da ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) nel suo ultimo rapporto *Solar Thermal Markets in Europe - Trends and Market Statistics 2010*, oggi in tutta Europa sono installati in totale più di 34 milioni di metri quadrati di collettori solari termici (24,1 GW_{th}), di cui quasi il 40% in Germania. Il mercato europeo del solare termico, anche a causa degli effetti della crisi economica, ha registrato nel 2010 una flessione del 13% rispetto all'anno precedente attestandosi a valori dell'installato complessivo di circa 3,7 milioni di m² pari a 2,6 GW_{th}.

In Italia, grazie agli strumenti di incentivazione e nonostante la crisi economica, il solare si conferma come il secondo mercato europeo con un installato complessivo di 490.000 m² (corrispondenti a 343.000 kW_{th}), registrando invece un lieve incremento del 3.2% rispetto al 2009.

Con questo trend di crescita a fine 2011 l'installato dovrebbe essere di circa 3 milioni di m², valore ancora lontano dagli obiettivi dell'Action Plan nazionale che prevede un installato al 2020 di circa 17 milioni di m² con un equivalente energia prodotta per usi finali pari a circa 1,12 Mtep.

La produttività della tecnologia è fortemente dipendente dal sito di collocazione e dalla tipologia di applicazione mediante si ottiene una produzione complessiva annua compresa fra i 600 kWh/m² al Nord ed i 750-800 kWh/m² al sud.

La riduzione del costo dell'energia termica prodotta costituisce la chiave di affermazione della tecnologia solare, sia per le applicazioni a bassa temperatura che per le applicazioni a media temperatura per l'uso industriale e la climatizzazione solare.

L'entità dell'investimento e la producibilità di un impianto sono i principali fattori nella determinazione del costo dell'energia termica prodotta. Per ottenere una riduzione del valore del kWh termico prodotto per via solare, occorre infatti diminuire la spesa d'investimento dell'impianto, abbattendo il costo di fabbricazione dei collettori e degli accumuli, e innalzando il limite di rendimento attuale degli attuali sistemi commerciali che utilizzano collettori piani e a tubi sottovuoto.

Il costo di un impianto per la produzione di ACS varia in funzione della quantità d'acqua desiderata, della complessità di installazione dell'impianto medesimo e del tipo di integrazione che la fonte solare realizza su di un impianto termo-idraulico già esistente. Questi fattori rendono in generale complessa l'analisi tecnico-economica per tale tecnologia, ad ogni modo se ci si limita alla sola produzione di ACS in impianti unifamiliari, indicativamente, i costi possono variare da un minimo di 3.000 Euro ad un massimo di 4.500 Euro per l'installazione di una superficie di collettori che va da un minimo di 4 m² (2 collettori) ad un massimo di 6 m² (3 collettori).

Molto diffusi sono anche gli impianti a circolazione forzata dimensionati in kit per la copertura mediamente del 70-80% del fabbisogno monofamiliare e reperibili sul mercato a costi anche inferiori ai 1.000 Euro/m². Tuttavia la sostenibilità economica in assenza di adeguati meccanismi di incentivazione non è facile. Infatti nella comparazione con la produzione di energia termica dal gas o dall'elettricità, una produzione annua pari a circa 700 kWh_{th} per m² di collettore solare installato corrisponde ad un risparmio per metro quadro di circa 60-70 Euro/anno per mancato consumo di gas in caldaia, e di circa il doppio nel caso di sostituzione degli

scaldabagni elettrici. Ciò comporta che in assenza di incentivazione i tempi di ritorno dell'investimento sono di circa 6-7 anni nella sostituzione degli scaldabagni elettrici e di circa 14-15 anni nel caso di caldaie a gas; tali tempi vengono circa dimezzati grazie alle defiscalizzazioni attuali del 55%.

Normativa tecnica

Aspetto chiave per la diffusione della tecnologia solare termica è certamente rappresentato dalla disponibilità di normativa tecnica in grado di valutare la qualità dei prodotti immessi sul mercato sia in termini di resa termica che di affidabilità e durata nel tempo.

Per quanto concerne le tecnologie relative ai settori di utilizzo tradizionali, la normativa europea di riferimento, costituita dalle norme EN 12975, EN 12976 ed CEN/TS 12977, costituisce un valido strumento sia per la garanzia di qualità dei componenti sia per la certificazione di prodotto (Solar Keymark). Relativamente alle tecnologie non coperte dagli attuali standard (sistemi ibridi termo-fotovoltaici, collettori polimerici, collettori per applicazioni a media ed alta temperatura) sono in corso, in ambito CEN/TC 312, attività finalizzate a definire requisiti e procedure di test per nuove normative da applicare a tali tecnologie emergenti. La ricerca e l'innovazione tecnologica

La tecnologia solare termica pur essendo matura e consolidata, presenta comunque dei margini interessanti di miglioramento sul prodotto in termini di abbattimento dei costi attraverso l'utilizzo di nuovi materiali, di incremento di rendimento dei collettori, del miglioramento dell'idraulica e non ultimo il superamento dei molti vincoli posti dalle integrazioni architettoniche più spinte in ambito urbano. Le applicazioni di raffrescamento solare degli ambienti, poi, costituiscono un settore molto promettente che necessita di raggiungere la competitività economica, nonché la maturità tecnica. In quest'ambito, la European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP) ha tracciato come raggiungibile al 2030 uno scenario che vede una significativa diffusione europea dell'integrazione del solare termico sia nelle singole unità abitative che in grandi distretti urbani assistiti in teleriscaldamento con accumulo termico stagionale, in cui gli impianti solari termici serviranno reti di utenze residenziali ed industriali con servizio di raffrescamento.

Nel settore della refrigerazione solare, le attività di ricerca attuali sono volte a migliorare i sistemi di controllo, di accumulo termico ed i mezzi termovettori, nonché ad ottenere unità più efficienti e compatte: lo sviluppo di macchine per il raffreddamento ad energia solare di piccola taglia (tra i 2 e i 7 kWth) può divenire la soluzione ambientalmente più vantaggiosa per assecondare la crescente richiesta di condizionatori elettrici decentralizzati di piccola taglia, coprendo simultaneamente la domanda di riscaldamento e climatizzazione. Gli sforzi della R&S sono attualmente volti ad innalzare in modo sostanziale le efficienze e lavorare sia a livello di sistema, con attività di controllo e realizzazione di impianti dimostrativi che di sviluppo tecnologico. In questo ambito si inseriscono le attività ENEA per la costituzione di un laboratorio per la determinazione della resa energetica e la qualificazione di collettori operanti a media temperatura (indicativamente fino a 250-300°C) con lo scopo, tra gli altri, di ottimizzare l'accoppiamento di tali collettori con impianti di raffrescamento utilizzanti macchine a bromuro di litio a doppio effetto o quelle ad ammoniaca (che grazie ai loro COP elevati permettono un consistente risparmio di energia primaria) e impianti per la produzione di calore per scopi industriali o per la dissalazione dell'acqua di mare.

Negli ultimi tempi è cresciuto poi l'interesse per i sistemi ibridi termo-fotovoltaici. Con tali sistemi è possibile ottenere sia energia elettrica che calore; in tal modo si aumenta l'efficienza complessiva in quanto una parte delle perdite termiche viene convertita in calore utile ed inoltre le celle funzionano a temperatura più bassa rispetto a un semplice pannello convenzionale e quindi con efficienza di conversione energia incidente-energia elettrica prodotta più elevata. Il campo di ricerca e sviluppo nel settore ha l'obiettivo principale della progettazione di moduli che massimizzano la resa globale (termica + elettrica) e lo sviluppo a livello europeo di norme per la certificazione della resa energetica e la qualificazione che attualmente mancano.

Infine per ciò che riguarda le attività di ricerca nel campo degli accumuli termici per applicazioni solari, le nuove prospettive tecnologiche riguardano lo sviluppo di accumuli ad alta densità energetica basati sia sull'utilizzo di processi termo-chimici (TC) sia sull'utilizzo di materiali a cambiamento di fase (PCM) che consentirebbero di ridurre in modo drastico i volumi (e quindi i costi) necessari.

3. CONCLUSIONI

Il solare termico è una tecnologia consolidata e matura soprattutto per la produzione di ACS (acqua calda sanitaria) e per applicazioni combinate per riscaldamento ambiente localizzate prevalentemente nelle regioni settentrionali della penisola. Va evidenziato che l'utilizzo dei collettori solari per il riscaldamento degli ambienti, specie in zone climatiche quali il Centro e il Sud Italia, non è da sola energeticamente ed economicamente sostenibile dato che i collettori fornirebbero energia utile solo per pochi mesi con un mancato utilizzo dell'energia solare disponibile nei mesi estivi e primaverili. Lo scenario cambia radicalmente se i collettori utilizzati d'inverno per il riscaldamento, d'estate alimentano un impianto termico per la climatizzazione estiva con uno sfruttamento quindi del campo solare esteso all'intero anno. L'ottimizzazione impiantistica ed economica di tali impianti permetterebbe un considerevole ampliamento del campo di utilizzo dell'energia solare.

A fronte delle notevoli potenzialità rappresentate dalle applicazioni di solar-cooling e da quelle per la produzione di calore di processo, va evidenziato che la non completa maturità tecnologica e la mancanza di adeguate forme di incentivazione, rendono ancora poco competitive tali applicazioni.

Dal punto di vista tecnologico, i miglioramenti che si stanno ottenendo sul solare ad alta temperatura stanno comportando anche ricadute positive sulle tecnologia a bassa e media temperatura soprattutto per le piccole e medie imprese, il tutto con positivi risvolti occupazionali. Resta ancora però da sostenere e favorire lo sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative, anche attraverso progetti dimostrativi, oltre che opportune politiche di incentivazione.

Edito dall'ENEA
Unità Comunicazione
Copertina: Paola Carabotta
Stampato presso il Laboratorio Tecnografico ENEA – Frascati
Finito di stampare nel mese di luglio 2011