

I SISTEMI SOLARI A CONCENTRAZIONE PER LA GENERAZIONE DISTRIBUITA

Fabio Maria Montagnino

Consorzio ARCA

Viale delle Scienze, Ed. 16 – 90128 Palermo, Italia

www.consorzioarca.it - Tel. +39 661 56 11 - fmontagnino@consorzioarca.it

Sommario

Oltre che in impianti di grande scala, i sistemi solari a concentrazione possono essere applicati nella generazione distribuita, di piccola e media dimensione, rispondendo così alla crescente domanda di energia, sia termica che elettrica, nelle regioni ad elevata insolazione. In particolare tali sistemi mostrano uno specifico potenziale nel contenimento del picco estivo connesso alla produzione di freddo mediante la realizzazione di unità poligenerative al servizio delle comunità.

La relazione presenta lo scenario di riferimento, le diverse tecnologie disponibili e le loro possibili evoluzioni. Sono inoltre posti in evidenza alcuni risultati ottenuti nel corso del progetto STS-Med, finanziato dal programma di cooperazione ENPI CBCMED, in cui sono stati progettati ed installati quattro impianti solari poligenerativi in altrettante località del bacino del Mediterraneo.

1. Introduzione

La tecnologia solare a concentrazione ha mostrato nell'ultimo decennio una significativa vitalità grazie agli sforzi di numerosi enti di ricerca ed alle politiche di incentivazione adottate da alcuni paesi localizzati in aree ad elevato irraggiamento diretto. L'attenzione è stata prevalentemente rivolta alla realizzazione di impianti CSP per la generazione di potenza di grande scala, con la messa a punto di collettori e sistemi di accumulo sempre più economici ed efficienti.

E', tuttavia, possibile effettuare un downscaling dei sistemi a concentrazione con l'obiettivo di offrire soluzioni affidabili ed efficienti per la fornitura di servizi energetici alle comunità, dove le strategie di conversione possono essere adattate al mix che caratterizza la domanda, senza impegnare la rete di distribuzione, ed ottimizzando l'efficienza totale di conversione.

L'energia raccolta dai concentratori può, infatti, essere direttamente utilizzata come calore domestico o industriale, ovvero essere convertita in freddo o energia elettrica.

La produzione di freddo da fonti rinnovabili distribuite, in particolare, appare una crescente priorità.

Il consumo di energia di raffreddamento è aumentato del 60% tra il 2000 e il 2010, raggiungendo il 4% del consumo globale e il sovraccarico delle reti elettriche è già una caratteristica delle regioni a elevata insolazione. Le analisi di scenario sono inoltre coerenti nell'indicare un'imponente crescita della diffusione di sistemi di climatizzazione domestica e commerciale nei prossimi decenni, soprattutto nelle aree caratterizzate da una rapida crescita demografica.

In risposta a questa crescente sfida è possibile ipotizzare la raccolta della radiazione solare di alta qualità, per lo più disponibile nei periodi estivi, che può alimentare un sistema di raffreddamento solare nei giorni caldi. Gli stessi collettori sono in grado di coprire il fabbisogno di calore moderato nella stagione invernale, mentre l'elettricità può essere generata da piccole turbine alimentate dal calore, o pannelli fotovoltaici integrati. Il calore residuo può essere usato per alimentare altri servizi, come la purificazione di acque salmastre, acque reflue o dissalazione dell'acqua di mare.

L'applicazione dei sistemi solari a concentrazione alla poligenerazione di piccola e media scala è però attualmente limitata dalla carenza di soluzioni industrialmente mature e sono, pertanto, necessari specifici sforzi per la messa a punto di impianti dimostrativi in cui le innovazioni possano essere testate e validate.

2. Il progetto STS-Med

Dal novembre 2012 questa sfida è stata raccolta dal partenariato del progetto STS-Med, sostenuto dal programma europeo di cooperazione transfrontaliera ENPI- CBCMED.

Il progetto ha confermato la centralità della domanda di servizi termici, e in particolare della climatizzazione estiva, negli edifici pubblici dell'area Mediterranea, e la possibilità di offrire una risposta integrata attraverso unità solari a concentrazione di piccola taglia.

La fase centrale del progetto è rappresentata dalla costruzione di 4 impianti pilota:

- in Italia, sotto la responsabilità del Consorzio ARCA - coordinatore del progetto STS-Med - nel campus dell'Università di Palermo, in collaborazione con ENEA,
- nel campus del Cyprus Institute ad Aglantzia,
- in Egitto, presso il Sekem Medical Center, sotto la guida scientifica dell'Accademia di Ricerca Scientifica e Tecnologica dell'Egitto e sotto la responsabilità della Elsewedy Electric,
- a Irbid, in Giordania, sotto la guida scientifica della Al Balqa University e la responsabilità esecutiva della Millennium Energy Industries.

I 4 impianti implementano allo stesso tempo sia tecnologie disponibili in commercio che componenti innovativi e suggeriscono possibili strategie con cui il solare a concentrazione può contribuire alla realizzazione di comunità a "energia zero" nella regione del Mediterraneo.

I campi solari di Cipro, Egitto e Italia sono basati su collettori lineari di tipo Fresnel specificamente progettati per l'integrazione in ambienti costruiti dalla società italiana Idea. In Giordania l'impianto si basa su un collettore parabolico prodotto dalla società italiana Soltigua. Le piattaforme si trovano a diverse latitudini, da circa 30° N in Egitto a circa 38° N in Italia.

Tutti i collettori utilizzano olio diatermico come fluido termovettore. Lo scambio avviene a temperature comprese tra 140 e 280 °C. La potenza di picco termica totale è 460kW termici e la piattaforma di Palermo è il principale contributore con 190kW ottenuti da tre collettori identici posti in parallelo.

La tabella seguente riporta i dati salienti delle quattro installazioni.

	Cipro	Egitto	Italia	Giordania
<i>Sito</i>	Aglantzia, sulla copertura di una scuola, in connessione un edificio del Cyprus Institute	Markaz Belbes, all'interno del Sekem Medical Center	Università di Palermo, in prossimità della sede del Consorzio ARCA	Irbid, sulla copertura di un edificio dell' Al Balqa University College
<i>Latitude</i> <i>Longitude</i> <i>Altezza sul livello del mare</i>	35°08'28.1"N 33°22'50.7"E 176m	30°25'05.5"N 31°38'07.8"E 35m	38°06'01.0"N 13°20'37.3"E 50m	32°29'13.2"N 35°53'24.0"E 648m
<i>DNI medio per anno (Fonte: SolarGis)</i>	2142 kWh.m ⁻²	1958 kWh.m ⁻²	1703 kWh.m ⁻²	2377 kWh.m ⁻²
<i>Tipo di collectore</i>	LFR - Idea	LFR - Idea	LFR - Idea	PTC - Soltigua
<i>Superficie totale di raccolta</i>	184.32 m ²	299.50 m ²	483.84 m ²	163.2 m ²
<i>Fluido di scambio termico (HTF)</i>	Duratherm 450	Therminol 66	Paratherm NF	Seriola eta 32 - Total Lubmarine
<i>Potenza termica di picco</i>	70 kW	115 kW	190 kW	85 kW
<i>Lunghezza totale del ricevitore</i>	32 m	52 m	84 m (3 stringhe da 28 m ciascuna)	38.56 m
<i>Temperature di esercizio all'uscita del campo</i>	170°C	140°C	280°C	240°C

Tab. 1 - Caratteristiche dei quattro dimostratori STS-Med

Intorno al processo di progettazione e realizzazione dei quattro dimostratori sono state attivate filiere che coinvolgono PMI locali, tecnici e progettisti, comunità di potenziali utenti, applicando in modo specifico la metodologia dei Living Lab promossa dall'Unione Europea. L'impianto di Palermo, in particolare, è stato disegnato con l'obiettivo di favorire l'accesso a fini didattici e l'utilizzo per attività di tirocinio e di ricerca. Da rimarcare l'installazione, in forma totalmente integrata su un lastrico solare, del collettore dell'impianto cipriota. In questo caso l'edificio che utilizza l'energia

termica è stato connesso al collettore tramite un ponte sospeso che evidenzia anche architettonicamente la prospettiva di sviluppo di distretti energetici dove i diversi elementi presenti contribuiscono al raggiungimento dell'obiettivo di autogenerazione dell'insediamento. Anche il sistema di raccolta adottato in Giordania, in questo caso un PTC, è stato installato su copertura.



Fig. 1 - Collettori LFR installati ad Aglantzia (in alto) e Palermo (in basso)

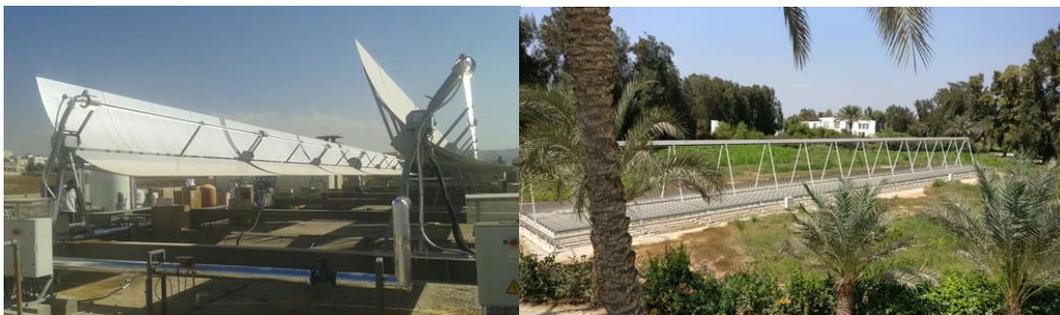


Fig. 2 - Collettori PTC installati a Irbid e LFR a Markaz Belbes

3. L'impianto trigenerativo di Palermo

L'impianto di Palermo integra alcune significative innovazioni tese a favorire l'integrazione di questa tipologia di impianti negli ambienti costruiti e a incrementare la loro flessibilità. Il collettore di tipo Fresnel è stato progettato con un'ottica secondaria

posta a distanza ravvicinata (< 4m) dal piano di raccolta primario per ridurre l'impatto paesaggistico e agevolare l'installazione su coperture. La ridotta dimensione degli specchi ne consente l'agevole movimentazione manuale o con mezzi di dimensione contenuta, capaci di operare in spazi anche ristretti. Un elemento fortemente innovativo è costituito dall'accumulo termico che è stato implementato con un serbatoio termocline a sali fusi. E' stata messa a punto una miscela ternaria basso-fondente compatibile con l'intervallo di temperature di esercizio, caricata in un singolo serbatoio per evitare il pompaggio esterno dei sali fusi e la conseguente gestione critica del rischio di congelamento delle condotte. Un sistema di accumulo, così semplificato, può essere applicato senza particolari prescrizioni anche nei contesti residenziali. La Figura 3 rappresenta l'architettura poligenerativa implementata.

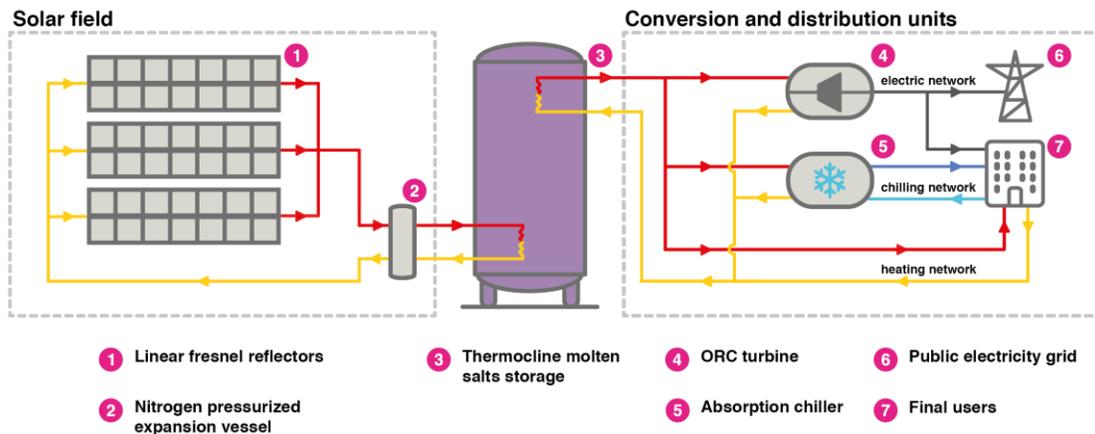


Fig. 3 - Schema dell'impianto trigenerativo realizzato a Palermo

Il cuore del sistema è il serbatoio termocline in cui due scambiatori sono immersi in zone dove la temperatura è rispettivamente più bassa (inferiore) e più alta (superiore). Il serbatoio è alimentato dal campo solare ed è in grado di funzionare in un intervallo termico di 160-280 °C. Nei suoi circa 8 mc può immagazzinare circa 400kWh termici, corrispondenti a oltre due ore di funzionamento del campo solare alla massima potenza.

Il serbatoio può alimentare, in parallelo, una turbina ORC di taglia 10kWe, un chiller ad assorbimento (LiBr) a doppio effetto da 23 kW frigoriferi, o servire direttamente una linea di riscaldamento. In questo modo i sistemi di conversione risultano totalmente disaccoppiati dalle fluttuazioni della potenza effettiva generata dal campo solare. Sono già programmati ulteriori interventi tesi a garantire la produzione di energia elettrica in condizioni di basso valore di DNI, attraverso l'integrazione di pannelli fotovoltaici nei collettori LFR e di ibridizzazione termica con piccole unità di backup a gas naturale e biomassa.

3. I collettori solari LFR ed il loro potenziale sviluppo per installazioni distribuite

Nello sviluppo del progetto STS-Med i collettori di tipo Fresnel si sono rivelati particolarmente adatti alla realizzazione di applicazioni solari poligenerative in contesti integrati. Come intuito da Giovanni Francia, pioniere italiano dell'energia solare, i sistemi ad ottica composta risultano più facilmente collocabili all'interno di aree urbanizzate ed

agricole, grazie al basso profilo dell'ottica primaria, alla facilità di montaggio ed al ridotto effetto di copertura sul terreno.

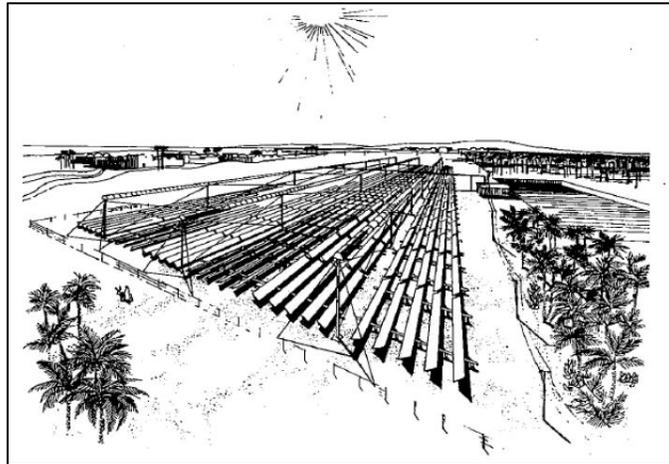


Fig. 4 - Rappresentazione di un impianto a collettori LFR realizzata dal gruppo di Giovanni Francia alla fine degli anni '70. Da notare la somiglianza con il contesto dell'impianto realizzato in Egitto a Markaz Belbes, e riportato in Fig.2

Per queste ragioni, tre dei quattro impianti realizzati nell'ambito del progetto vedono l'applicazione di collettori LFR. Si tratta, infatti, di tre contesti "difficili" per la collocazione di concentratori solari: sul tetto di un edificio scolastico a Nicosia (Cipro), in un'area urbana di interesse archeologico e naturalistico (Palermo), all'interno di un'azienda agricola di tipo intensivo in connessione ad un centro medico (Egitto).

L'introduzione dei collettori è stata pienamente accettata dalla popolazione che gravita intorno ai tre impianti e non si sono, allo stesso tempo, riscontrate problematiche connesse all'impatto sull'ambiente o alla reversibilità dell'installazione.

Questa tipologia di intervento si può collocare all'interno di una più ampia azione di efficientamento energetico su scala di insediamento o comunità. Lo stesso Consorzio ARCA sta studiando questa possibilità nell'ambito di un nuovo progetto europeo denominato Zero Plus, finanziato dal programma Horizon 2020 e coordinato dall'Università di Atene. In questo contesto l'applicazione di sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili viene abbinata ad interventi di mitigazione climatica e di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, in un'ottica di ottimizzazione dell'intero insediamento, valutando anche l'impatto economico dell'interconnessione tra impianti ed edifici.

I collettori LFR presentano ancora notevolissimi margini d'innovazione. E' possibile ipotizzare un sensibile incremento delle prestazioni attraverso l'introduzione di nuovi disegni ottici, così come una riduzione dei costi grazie all'applicazione di nuovi materiali e tecniche di lavorazione. Sono auspicabili avanzamenti nelle modalità di pulizia e manutenzione, attività che certamente presentano meno ostacoli di quanto non accada per i collettori di tipo PTC. Allo stesso modo, vi è da attendersi ulteriori specifici adattamenti di questa tecnologia ai contesti integrati, dove i vincoli di tipo paesaggistico e le limitate superfici disponibili continueranno a costituire una sfida per ricercatori e progettisti.

4. Conclusioni

Le tecnologie solari a concentrazione sono attualmente orientate verso la realizzazione di grandi sistemi termoelettrici da installare prevalentemente in luoghi desertici. Il progetto STS-Med ha dimostrato la possibile applicazione di ottiche a concentrazione all'interno di impianti multi-generativi integrati di piccola scala inseriti in ambiente costruito, con collettori posti sia a terra (Egitto e Italia), che su coperture (Giordania e Cipro). Il calore prodotto viene utilizzato per pilotare refrigeratori ad assorbimento e generatori elettrici a vapore oppure ORC. Opportuni sistemi di stoccaggio consentono un uso flessibile dell'energia termica raccolta.

La poligenerazione consente di ridurre globalmente il consumo energetico degli edifici, indirizzando gli sforzi sulla componente termica, e soprattutto verso la domanda di freddo che costituisce il fabbisogno crescente nelle aree soleggiate del pianeta.

L'introduzione di tecnologie innovative, quali i concentratori LFR compatti, o lo storage a sali fusi basso-fondenti, apre la strada ad applicazioni di tipo distrettuale su insediamenti e comunità. Un ostacolo è attualmente rappresentato dalla scarsa offerta commerciale di refrigeratori ad assorbimento e di generatori a ciclo termico di piccola scala. Allo stesso tempo le efficienze dei cicli di refrigerazione ad assorbimento appaiono ancora distanti da quelli raggiunti dalle pompe di calore elettriche. Anche l'efficienza delle piccole turbine è piuttosto bassa. Le installazioni realizzate possono quindi essere considerate una versione dimostrativa di impianti oggi ottimizzabili, in termini tecnico-economici, su una scala maggiore.

Allo scopo di promuovere ulteriori sviluppi del modello poligenerativo proposto, i 4 impianti sono stati concepiti come Living Lab, introducendo il mix tecnologico in contesti di vita reale che fossero significativi per le rispettive comunità locali. Studi comparativi tra le soluzioni adottate permetteranno di individuare le migliori strategie per l'ottimizzazione globale di efficienza e di costo; allo stesso tempo, le comunità accademiche e tecniche locali avranno accesso ai dimostratori che rappresenteranno le piattaforme ideali per lo sviluppo di strategie impiantistiche e nuove componenti.

4. Ringraziamenti

Il progetto STS-Med è stato finanziato dalla iniziativa di cooperazione transfrontaliera nel Mediterraneo CBCMED finanziata dallo strumento europeo di vicinato e partenariato ENPI. Vorrei pertanto ringraziare il programma ENPI-CBCMED e i 14 partner del progetto (Consorzio ARCA, ENEA, Regione Siciliana, CEEI, CEA, IASA, NREA, ASRT, Elsewedy Electric, Ministero dell'Energia e delle Risorse Minerarie della Giordania, Albus University, Millenium Energy Industries, Camera di Commercio e dell'Industria di Cipro e Cyprus Institute) per il fondamentale contributo alla sua realizzazione.

Bibliografia

[1] Kiwan, S., Damseh, R., Venezia, L., Montagnino, F.M., Paredes, F., Techno-Economic Performance Analysis of a Concentrated Solar Polygeneration Plant in Jordan, GCREEDER 2016 at Amman, Jordan.

- [2] Montenon, A., Fylaktos, N., First solar air-conditioning system in Cyprus supported by a Fresnel collector. 5th International Conference on Renewable Energy Sources & Energy Efficiency - New Challenges, 5-6th of May 2016, Nicosia, Cyprus.
- [3] Ahmed M. H., Rady M., Amin A. M. A., Montagnino F. M., Paredes F., Comparison of Thermal and Optical Performance of Linear Fresnel and Parabolic Trough Concentrator, 4th International Conference on Renewable Energy Research and Applications ICRERA 2015, Palermo, Italy, November 22-25, 2015
- [4] Ahmed M. H., Montagnino F. M., Amin A. M. A., Dynamic Simulation of Solar Absorption Cooling System Powered by Different Types of Solar Collector, 5th International Conference on Energy Systems, Environment, Entrepreneurship and Innovation ICESEEI 2016, Barcelona, Spain, February 13-15, 2016
- [5] Vasta, S., Frazzica, A., Freni, A., Venezia, L., Buscemi, A., Paredes, F., Montagnino, F. M., A concentrating-based solar cooling system for agri-food industry, Acts of 5th International Conference Solar Air-conditioning, Germany, 2013.
- [6] Zhu G., Wendelin T., Wagner M. J., Kutscher C., History, current state, and future of linear Fresnel concentrating solar collectors. Solar Energy 2014.
- [7] Silvi C., The pioneering work on Linear Fresnel Reflector concentrators (LFCs) in Italy, SolarPaces 15th Conference, 2009