

# La ricerca europea nel settore degli impianti solari termodinamici a concentrazione

Un recente studio compiuto da ENEA, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del progetto Energy Research Knowledge Center, consente di delineare le tendenze più recenti nell'ambito della ricerca europea nel settore solare termodinamico a concentrazione

DOI: 10.12910/EAI2014-57

■ Massimo Falchetta

Nell'ambito del progetto europeo Energy Research Knowledge Centre (ERKC), finanziato dal 7° Programma Quadro dell'Unione Europea, l'ENEA è stata incaricata di redigere una serie di rapporti descrittivi dei progetti di R&S intrapresi recentemente a livello comunitario o nazionale dai paesi aderenti all'Unione Europea, su 45 temi di ricerca tecnologica in campo energetico, facenti parte di 9 aree di priorità. Questi rapporti, Thematic Research Summaries, saranno inseriti nel portale ERKC, che fa parte dello Strategic Energy Technology Information System (SETIS), e consultabili su <http://setis.ec.europa.eu/energy-research/content/thematic-research-sum->

maries. Il tema della tecnologia solare termodinamica a concentrazione è la prima sviluppata, ed è già disponibile. Il presente articolo fa una rassegna dei principali risultati dello studio completo, disponibile anche come rapporto ENEA [1].

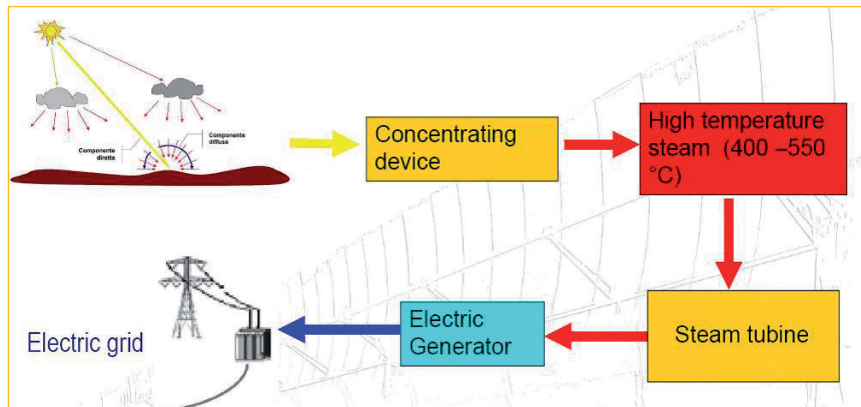
## La tecnologia solare termodinamica a concentrazione

Negli impianti solari termodinamici a concentrazione la radiazione solare diretta viene utilizzata per produrre calore ad alta temperatura, impiegabile in processi industriali o, più tipicamente, nella produzione di energia elettrica (Figura 1). Per ovviare alla variabilità della sorgente solare il calore può essere accumulato in sistemi di accumulo termico, ottenendo una produzione più dispacciabile;

in particolare vengono utilizzati serbatoi contenenti miscele di sali fusi (nitrati di sodio e di potassio). In alternativa si può ricorrere all'integrazione con combustibili fossili o prodotti da fonti rinnovabili.

Nel lungo termine un altro settore oggetto di crescente attività di R&S tecnologico è la produzione di idrogeno o di altri combustibili di sintesi per conversione termochimica a partire da calore ad altissima temperatura (tipicamente 750-1.000° C o superiori). Dal punto di vista del meccanismo di captazione e concentrazione, i sistemi a concentrazione solare sono suddivisi in sistemi lineari (parabolici o fresnel) o puntuali (a disco parabolico o a torre centrale); questi ultimi consentono maggiori fattori di concentrazione. Una descrizione sommaria delle quattro tipologie principali è riportata in [2].

■ Massimo Falchetta  
ENEA, Unità Tecnica Fonti Rinnovabili



**FIGURA 1** Schema di processo tipico di un impianto solare termodinamico a concentrazione per produzione elettrica

### Attività di R&S finanziate dall'Unione Europea o dai governi nazionali

I progetti esaminati sono quelli co-finanziati in misura più o meno significativa dai programmi di R&S dell'Unione Europea, in particolare il 7° Programma Quadro (7PQ), o da programmi nazionali di sostegno alla ricerca industriale e dimostrazione in campo energetico. In totale lo studio ha individuato 39 progetti, che sono stati suddivisi in 9 tipologie. Ulteriori informazioni tecniche su alcuni dei progetti sono reperibili in [3] e [4].

#### R&S sui parabolici lineari

Data la maturità commerciale di questi sistemi di collettori (Figura 2), le attività di ricerca sono ormai in gran parte appannaggio della ricerca industriale, con soluzioni proprietarie per i tubi ricevitori, gli specchi, le strutture e i sistemi di movimentazione. La R&S con sostegno pubblico ha l'obiettivo di elevare la temperatura dagli attuali

390° C a 500-550° C, tramite l'introduzione di ricevitori in grado di operare con sali fusi o in grado di produrre vapore ad alta temperatura e pressione a partire da acqua in pressione (produzione diretta di vapore: progetti GEDIVA e DUKE). Nel campo dei sali fusi, degni di nota il progetto italiano Tubosol, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico (MSE) e a cui partecipa l'ENEA, che migliora ulteriormente la linea tecnologica ENEA applicata nell'impianto Archimede dell'ENEL [6], e il progetto HITECO, sviluppato in ambito 7PQ. Il governo tedesco ha anche co-finanziato la realizzazione di un prototipo di collettore, Ultimate Trough ([5]), di dimensioni molto maggiori (247 m) di quelle dei prodotti disponibili commercialmente (100-150 m) con l'obiettivo di ridurre del 20-25% i costi di grandi campi solari.

#### R&S sui sistemi a ricevitore centrale-impianti a torre

Questa tecnologia (Figura 3) inizia

a essere sfruttata commercialmente, soprattutto sulla base dei progressi nel campo dell'informatica e del trattamento delle immagini, utili per controllare individualmente, a basso costo e con grande precisione, il gran numero di specchi (eliostati). Altra tecnologia chiave è quella dei ricevitori ad alta temperatura. Anche in questo settore la ricerca sugli eliostati e il loro controllo è svolta su basi proprietarie, mentre continua il supporto pubblico sui ricevitori, in particolare i ricevitori ad aria per impiego su ciclo combinato con turbina a gas, con l'obiettivo di raggiungere temperature di 1.000° C. Fra i progetti in questo settore Solugas (7PQ) e Hygate (finanziato dal governo tedesco).

#### R&S sui sistemi fresnel lineari

I sistemi fresnel lineari (Figura 4) stanno entrando nella fase commerciale, per cui molta parte dello sviluppo avviene a livello industriale, proprietario. Progetti con finanziamento pubblico recenti, indirizzati più che altro alla dimostrazione di prototipi, sono tutti co-finanziati dal governo francese: Augustin Fresnel 1, prototipo da 1 MW<sub>e</sub>; LFR500, con l'obiettivo di generare vapore direttamente nei ricevitori a temperature di 500° C; eCARE, un impianto dimostrativo pre-industriale da costruire in Marocco, con accumulo termico in grado di fornire 2 ore di produzione e turbina a ciclo organico (ORC).

#### R&S sui sistemi a disco parabolico

L'applicazione commerciale dei sistemi a disco parabolico (Figura 5) è ancora prototipica.

Il recente progetto OMSOP, finanziato dal TPQ e a cui partecipa l'E-NEA, mira a sviluppare e testare una nuova soluzione da 3-10 kW<sub>e</sub> di potenza, basata sull'impiego di un ricevitore solare accoppiato a un sistema di conversione a ciclo

Brayton, composto da compressore e turbina ad aria, il tutto integrato sul fuoco del disco.

#### *R&S sull'accumulo termico e sui fluidi termovettori*

L'accumulo è una prerogativa sem-

pre più richiesta al fine di aumentare la dispacciabilità della produzione, svincolando gli impianti solari che l'adottano dall'andamento variabile dell'irraggiamento ed è quindi oggetto di molte attività. Fra i progetti più recenti: OPTS, finanziato dal TPQ e guidato da ENEA, in cui le proprietà di stratificazione termica dei sali vengono sfruttate per realizzare un unico serbatoio, al posto di due, che contiene anche il generatore di vapore; CSP2, finanziato dal TPQ, che mira a sviluppare un nuovo fluido termovettore composto da una sospensione gassosa densa di particelle, in grado di operare nella gamma 100-1.000° C; STARS, finanziato dal governo francese, per l'accumulo da accoppiare a sistemi fresnel lineari per produzione diretta di vapore. Restructure, TCS Power e StoRRe, tutti finanziati in ambito TPQ, esplorano invece reazioni termochimiche reversibili.

R&S nel campo dei prototipi e nuovi concetti di impianto

La ricerca in questo campo si focalizza nel realizzare prototipi di impianto o nuovi concetti impiantistici, che generalmente comportano impianti multi-input (solare e combustibili fossili o biomasse) e/o multi-output (elettricità, calore e freddo e acqua dissalata), e un sistema di accumulo. Su questa linea ARCHETYPE-SW550 co-finanziato in ambito TPQ, guidato da ENEL-GreenPower e a cui partecipa l'E-NEA, applicazione della tecnologia Archimede a un impianto da 20-30 MW<sub>e</sub>; MATS, a guida ENEA, finanziato in ambito TPQ, con un generatore di vapore integrato in un serbatoio a sali fusi stratificante a



**FIGURA 2** Impianto commerciale a collettori parabolici lineari (SEGS – USA)



**FIGURA 3** Prototipo di impianto a torre Solar Two (USA)



**FIGURA 4** Impianto a collettori lineari Fresnel (Novatec)

550° C; HYSOL, finanziato dal 7PQ e cui partecipa l'ENEA, prototipo a scala pre-industriale di un concetto ibrido (solare-biogas/syngas) con turbina a gas di derivazione aeronautica; SOLMASS CSP, finanziato in ambito European Industrial Initiative, sistema a torre da 4 MWe. Altri progetti mirano a sistemi modulari di piccole dimensioni (micro-CSP): DIGeSPO, STS-MED e MICROSOL. E2PHEST2US, finanziato in ambito 7PQ, a guida italiana, adotta un approccio non convenzionale basato sulla conversione diretta termioionica-termoelettrica a 800-1.000° C. Infine MACCSOL, finanziato in ambito 7PQ, si focalizza su un condensatore a secco (dry-cooling) che ridurrà drasticamente il consumo d'acqua del ciclo termodinamico, per applicazioni in zone aride.

#### *Infrastrutture di ricerca e supporto di base alla R&S*

Il supporto pubblico alla R&S si basa anche sulla realizzazione e manteni-

mento delle infrastrutture di ricerca, necessarie soprattutto per supportare lo sviluppo di ricevitori solari ad alta temperatura (1.500-3.000° C) da utilizzare soprattutto nelle attività di chimica solare. Fra questi, SFERA, finanziato dal 7PQ, che ha coinvolto varie infrastrutture di ricerca europee, fra cui l'impianto PCS dell'ENEA; EU-SOLARIS, più recente e finanziato in ambito 7PQ-Infrastructures che prevede una nuova infrastruttura di ricerca comune in Spagna. Inoltre il programma "Solare Termodinamico" finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico italiano (MSE), finalizzato a sviluppare nuove configurazioni di impianto e nuovi rivestimenti selettivi per i tubi ricevitori.

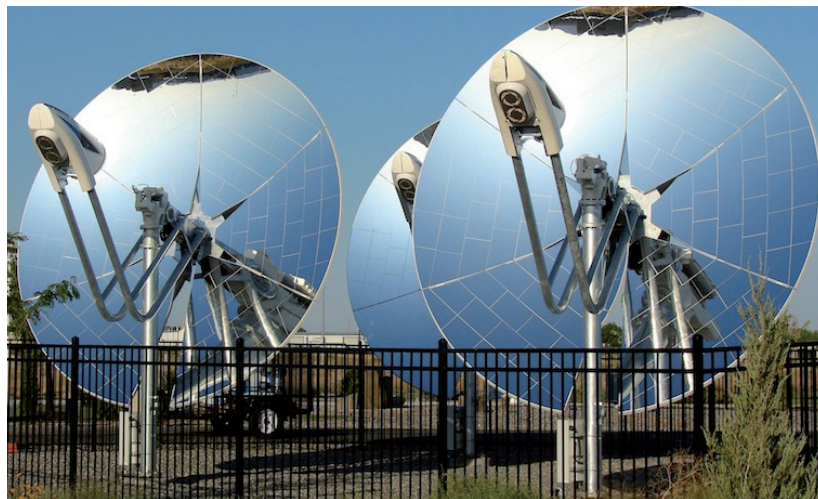
#### *R&S nel campo della chimica solare*

La chimica solare ha l'obiettivo principale di produrre combustibili di sintesi a partire da energia solare concentrata - combustibili solari, con reazioni termochimi-

che, al fine di accumulare energia solare a lungo termine in "vettori energetici" quali idrogeno ( $H_2$ ) ottenuto dalla scissione dell'acqua o syngas (miscela di  $H_2$  e CO, con quantità variabili di metano ( $CH_4$ ) e  $CO_2$ ). I progetti più recenti sono: SOLHYCARB (FP6); HYDROSOL-3D, finanziato dall'Hydrogen and Fuel cell Joint Undertaking; TEPSI, italiano a guida ENEA, che ha sviluppato a scala di laboratorio i cicli termochimici zolfo-iodio e manganese-ferrite; CONSOLI+DA, finanziato dal governo spagnolo, che ha sviluppato tutta una serie di tecnologie nel settore solare termodinamico, fra cui nel campo termochimico una serie di reazioni con ferriti; Hycycles e SOL2HY2 (7PQ) sulle reazioni zolfo-iodio (SI) e la zolfo ibrida (HyS); CoMETHYy (7PQ) a guida ENEA, che mira a sviluppare uno steam-reformer per temperature relativamente basse (500° C). Per finire ENEXAL (7PQ) per la produzione di alluminio primario tramite riduzione dell'allumina.

#### *R&S nel campo della misura e previsione della risorsa solare*

La misura e la previsione (con orizzonti da pochi minuti ad alcuni giorni) della risorsa solare assumono importanza crescente per la progettazione e la conduzione di impianti solari termodinamici. Il dato più importante, la radiazione diretta, non è infatti normalmente misurato dalle normali stazioni meteorologiche. Fra i progetti recenti: MESoR, finanziato da FP6, con l'obiettivo di realizzare un portale sulle risorse solari orientato all'utente e MACC-II, finanziato da 7PQ, che



**FIGURA 5** Impianti a dischi parabolici

riunisce un consorzio di 36 membri, coordinati dal Centro Europeo per le Previsioni meteorologiche (ECMWF).

### Conclusioni

La ricerca sui sistemi solari termodinamici è focalizzata principalmente alla riduzione dei costi

dell'energia.

Ciò si traduce in obiettivi tecnologici molteplici:

- riduzione dei costi dei componenti e dell'impianto
- aumento delle temperature operative
- aumento delle prestazioni, dell'affidabilità e della vita utile
- sfruttamento delle potenzialità di

ibridazione e cogenerazione

- aumento e valorizzazione della dispacciabilità della produzione
- commercializzazione delle soluzioni per la chimica solare.

A tal fine, le nuove soluzioni in fase di studio e sviluppo sono:

- l'introduzione di nuovi tipi di fluido termovettore
- l'introduzione di nuove tecnologie di accumulo termico
- lo sviluppo di ricevitori per alta temperatura (lineari e puntuali)
- lo sviluppo di nuove configurazioni di impianto
- l'introduzione di nuovi tipi di reazioni chimiche, sia per l'accumulo termochimico che per la chimica solare.

Altri aspetti più legati a un approccio sistemico, quali la valorizzazione dell'accumulo termico in rapporto alla rete elettrica e in rapporto alle previsioni meteo, acquisteranno importanza man mano che la penetrazione nella rete di fonti rinnovabili non controllabili (quali eolico e fotovoltaico) diverrà sempre più significativa. ●

### bibliografia

- [1] M. Falchetta, A. Fidanza, L. G. Giuffrida - La ricerca europea nel settore Solare Termodinamico – ENEA/UTRINN-2013/19 – 2013.
- [2] www.solarpaces.org
- [3] Richter, C., Blanco, J., Heller, P., Mehos, M., Meier, M., Meyer, R., SolarPaces, Annual Report 2009, IEA, Cologne, 2010.
- [4] Richter, C., Blanco, J., Heller, P., Mehos, M., Meier, M., Meyer, R., SolarPaces, Annual Report 2010, IEA, Cologne, 2011.
- [5] Schweitzer, A., Schile, W., Birkle, M., Nava, P., Riffelmann, K.-J., Wolfahrt, A., Kuhmann, G., Ultimate Trough – fabrication, Erection and Commissioning of the World's largest parabolic trough Collector, Proc. SolarPaces 2013 Conference, Las Vegas 17-20 September 2013; to be published 2014 in Energy Procedia (Elsevier).
- [6] Consoli, D., Crescenzi, T., Falchetta, M., Liberati, G., Malloggi, S., Mazzei, D., "Commissioning of the Archimede 5 MW molten salt parabolic trough solar plant", in Proc. of SolarPaces 2010 Conference, September 20-24th 2010, Perpignan.