

CSP: la dispacciabilità potrebbe essere la chiave del successo

Giampaolo Manzolini e Paolo Silva (Dipartimento di Energia - Politecnico di Milano)

La **tecnologia CSP** (acronimo di *Concentrating Solar Power*) denominata anche *Solare Termodinamico*, sfrutta il principio fisico della concentrazione della radiazione solare mediante specchi, per convertirla dapprima in energia termica e in seguito in energia elettrica mediante un ciclo termodinamico. All'aumentare del fattore di concentrazione (FC), ovvero del rapporto tra la superficie del campo specchi e quella del ricevitore, si ottiene un incremento della temperatura di esercizio del ciclo termodinamico, che consente di raggiungere elevati rendimenti di conversione (il record di conversione *solar-to-electricity* di 31,3% è attualmente detenuto da un impianto CSP).

Gli impianti CSP possono essere **di tipo diretto o indiretto**. Nel primo caso il fluido che attraversa il ricevitore è lo stesso che evolve nel ciclo termodinamico (solitamente acqua in un ciclo Rankine). Al contrario in un impianto indiretto il ricevitore riscalda un fluido termovettore (tipicamente olio diatermico o sali fusi) che poi cede calore al fluido di lavoro del ciclo attraverso uno scambiatore di calore. I sistemi indiretti sono quelli maggiormente impiegati negli impianti ad oggi realizzati (rappresentano oltre il 90% del totale). Le tecnologie impiegate per il campo specchi si basano solitamente su collettori lineari di tipo **parabolic trough** (FC pari a 60-70 e temperature massime del fluido pari a 400°C) oppure sulla concentrazione di tipo puntuale con sistemi **solar tower** (FC tipicamente 500-1000 con temperature massime del fluido pari a 565°C).

Tecnologia parabolic trough (a sinistra) e solar tower (a destra)



Fonte: immagine di sx (foto degli autori, Palma del Rio II, Spain) immagine di dx ([What Is a Solar Tower and How Does It Work? \(treehugger.com\)](https://www.treehugger.com/what-is-a-solar-tower-and-how-does-it-work/))

Un elemento chiave della tecnologia CSP consiste nella possibilità di accumulare il fluido termovettore riscaldato in un serbatoio, in modo efficiente e con costi relativamente contenuti. La possibilità di accumulare energia termica conferisce agli impianti CSP la caratteristica della **dispacciabilità**, ovvero la capacità di produrre energia elettrica in maniera temporalmente disaccoppiata dalla disponibilità della fonte e quando è richiesta dal sistema elettrico. Dimensionando opportunamente il serbatoio di accumulo, il campo specchi e il ciclo di potenza, è infatti possibile estendere il periodo di funzionamento dell'impianto fino ad arrivare se necessario ad un funzionamento su 24 ore.

Sistema di accumulo a doppio serbatoio di sali fusi



Fonte: [Protermosolar advocates thermal storage in molten salts of concentrated solar power – HELIOSCSP](#)

La dispacciabilità potrebbe essere la chiave del successo nei prossimi anni della tecnologia CSP: si consideri infatti come gli impianti a fonte rinnovabile con i ritmi di crescita più elevati nel mondo siano ad oggi solare fotovoltaico ed eolico (rispettivamente +22% e +14% nel 2020, fonte IREN21), entrambi considerati tecnologie non dispacciabili, in quanto per loro natura caratterizzate da aleatorietà e discontinuità di produzione. In molti Paesi, la quota crescente di energia proveniente da fonti rinnovabili non programmabili sta creando sfide tecnologiche sempre più rilevanti per i sistemi elettrici nazionali, che devono prevedere con maggiore accuratezza la potenza prodotta da solare ed eolico, eventualmente adeguandosi in tempo reale alla mancata produzione di questi ultimi. D'altra parte la strada dell'accumulo elettrochimico mediante batterie da impiegare su larga scala risulta ad oggi costosa, poco efficiente e non pienamente compatibile dal punto di vista ambientale. Considerando la sola fonte solare, si può affermare quindi che una possibilità per raggiungere in futuro quote elevate di copertura del fabbisogno elettrico sia quella di affiancare al fotovoltaico il solare a concentrazione. Idealmente gli impianti CSP potrebbero operare accumulando energia termica di giorno e producendo elettricità durante la notte.

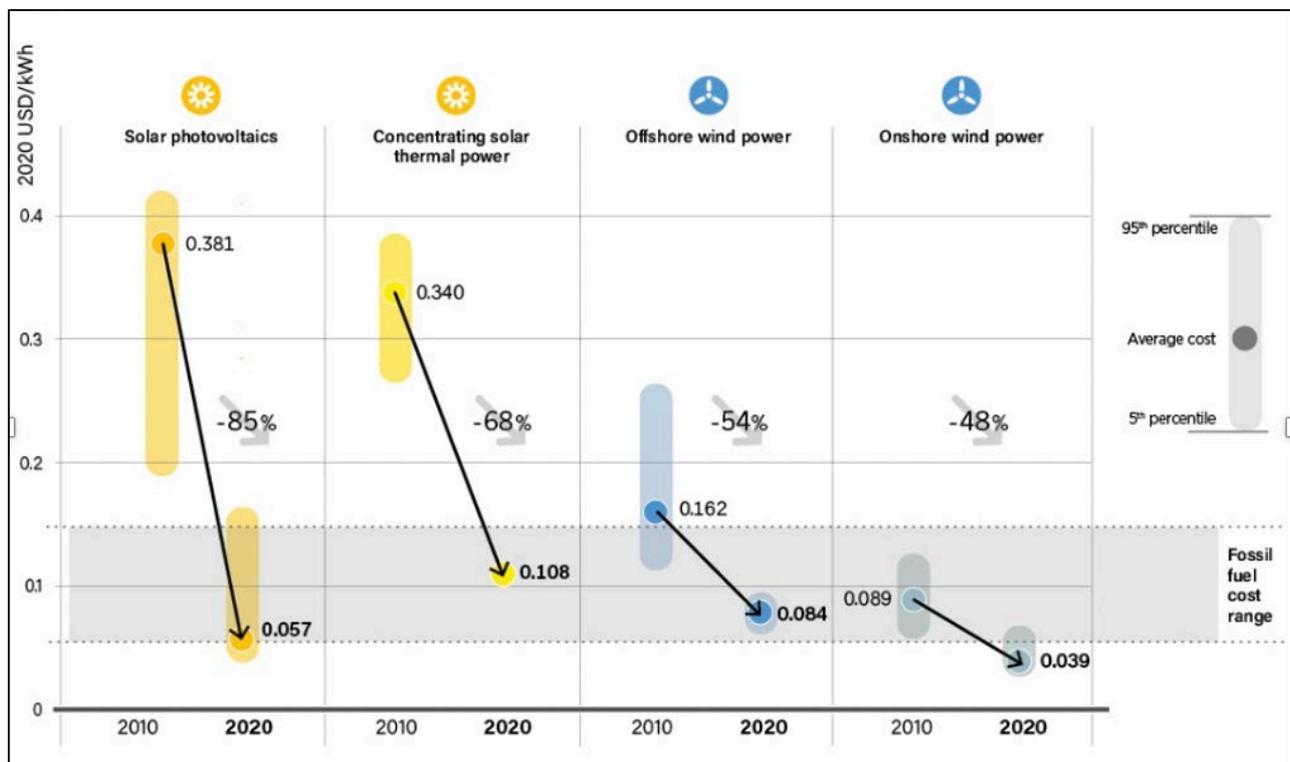
Sul piano meramente economico, si può dire che la tecnologia CSP sia ad oggi di gran lunga **più costosa** dei diretti competitors quali solare FV ed eolico, con costi in termini del kWh prodotto (*LCOE, Levelized Cost Of Electricity*) nettamente a favore di questi ultimi (circa la metà del CSP). Bisogna considerare che il parametro utilizzato per confrontare le varie tecnologie dal punto di vista economico (LCOE) non tiene conto della capacità intrinseca del CSP di accumulare energia e produrre elettricità quando necessario, cosa che non avviene generalmente per il FV e l'eolico. Qualora questa fosse tenuta in conto, la differenza di costo tra le tecnologie si ridurrebbe significativamente.

Un dato importante che spiega la differenza attuale di costo è quello della potenza cumulativa installata è decisamente a favore di FV ed eolico (rispettivamente con 760 GW e 743 GW globalmente installati al 2020, contro circa 6 GW del CSP). Si può ritenere quindi che **la curva di apprendimento dei costi** nel caso del CSP non sia stata ancora pienamente sfruttata.

Per la tecnologia CPS, un'ulteriore diminuzione dei costi è attesa dall'incremento di taglia del singolo impianto, grazie a economie di scala e all'aumento di efficienza di conversione del ciclo termodinamico. Al contrario invece, per il solare FV si può affermare come il rendimento di impianto sia indipendente dalla taglia, mentre il suo costo specifico (LCOE) raggiunga un valore asintotico per una taglia di impianto medio-piccola (qualche centinaio di kW). In uno scenario futuro, si può quindi affermare come il solare FV continuerà a rimanere ineguagliabile in termini di costo ed efficienza per le taglie di impianto medio-piccole, per installazioni su edifici e vicino agli utilizzatori finali. Andando invece verso le grandi installazioni (da qualche decina di MW in su) la tecnologia CSP potrebbe riuscire ad affermare appieno il suo ruolo, grazie alle attese riduzioni di costo e soprattutto grazie alla sua intrinseca natura di impianto dispacciabile, che renderà la

tecnologia CSP strategicamente importante in un sistema elettrico sempre più dominato dalle fonti rinnovabili.

LCOE per nuove tecnologie per la produzione di energia rinnovabile utility scale 2010 e 2020



Fonte: IRENA, Renewables 2021 Global Status Report

A livello internazionale, le aziende del settore, in collaborazione con università e centri di ricerca, stanno investendo **ingenti risorse in progetti di ricerca e sviluppo** al fine di migliorare la tecnologia. In particolare, gli obiettivi sono quelli di aumentare l'efficienza di conversione della fonte solare e riduzione del costo dei componenti così da rendere più competitivo il costo dell'energia elettrica prodotta.

Particolari aspetti su cui si concentra la ricerca sono:

- Riduzione del costo del ricevitore solare (elemento dove l'energia solare viene trasferita a un fluido termovettore): in particolare negli impianti a torre, si studia la sostituzione dei Sali fusi (Solar salts) attualmente utilizzati con [sodio](#) oppure con [sabbia](#);
- Sostituzione del ciclo termodinamico basato [su vapore d'acqua](#) con [CO₂](#) o miscele di [CO₂](#): l'utilizzo di CO₂ o miscele consente di ridurre le dimensioni dei componenti, lavorare a temperature più elevate e migliorare l'efficienza di conversione dell'energia termica in elettrica, nonché aumentare la flessibilità del ciclo di potenza;
- Sviluppo di sistemi di accumulo ad alta temperatura con materiali a transizione di fase per la riduzione dei costi e volumi;
- Riduzione dei costi operativi degli impianti come quelli legati al consumo dell'acqua per la pulizia degli specchi o per il raffreddamento del ciclo termodinamico.