

## Impianto pilota CoMETHy: steam reforming alimentato a sali fusi

L'impianto pilota CoMETHy (*Compact Multifuel-Energy To Hydrogen converter*), installato presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia, è un prototipo dimostrativo di reattore chimico alimentato mediante energia solare con tecnologia a sali fusi.

Come noto, gli impianti solari a concentrazione di nuova generazione utilizzano una miscela di sali fusi (nitrati di sodio e potassio) quale fluido termico per il trasferimento dell'energia solare, sotto forma di calore ad elevate temperature (fino a 565°C), dal sistema di captazione (collettori/ricevitori solari) alle utenze termiche. Lo stesso fluido è utilizzato anche come mezzo di accumulo dell'energia solare. Si riesce così a sostenere, stabilizzare e modulare il processo produttivo nonostante l'aleatorietà della fonte rinnovabile. Nel caso di generazione elettrica, tale prerogativa conferisce un'importante azione "stabilizzante" nei confronti delle reti elettriche.

L'ENEA sta, inoltre, esplorando le potenzialità della tecnologia del solare a concentrazione a sali fusi per fornire calore a processi chimici energivori ad alte temperature: in tal modo, l'apporto termico generalmente fornito da combustibili fossili verrebbe sostituito (parzialmente o completamente) dalla fonte rinnovabile.

L'impianto CoMETHy rappresenta un significativo esempio di questa tipologia di applicazioni. Il processo di *steam reforming* del metano è il più diffuso processo industriale per la produzione di idrogeno; si tratta di un processo chimico comunemente realizzato a temperature superiori agli 850°C, in fornaci alimentate da combustibili fossili. Nel progetto CoMETHy il processo di *steam reforming* è stato modificato per adattarlo all'alimentazione solare a sali fusi. In particolare, sono stati sviluppati nuovi catalizzatori e un "reattore a membrana" che permettono di sostenere il processo a temperature più basse (< 565°C). Il processo è stato ingegnerizzato e dimostrato con l'impianto pilota (in grado di produrre fino a 3,5 Nm<sup>3</sup>/h di idrogeno puro) collegato in un circuito a sali fusi presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia.



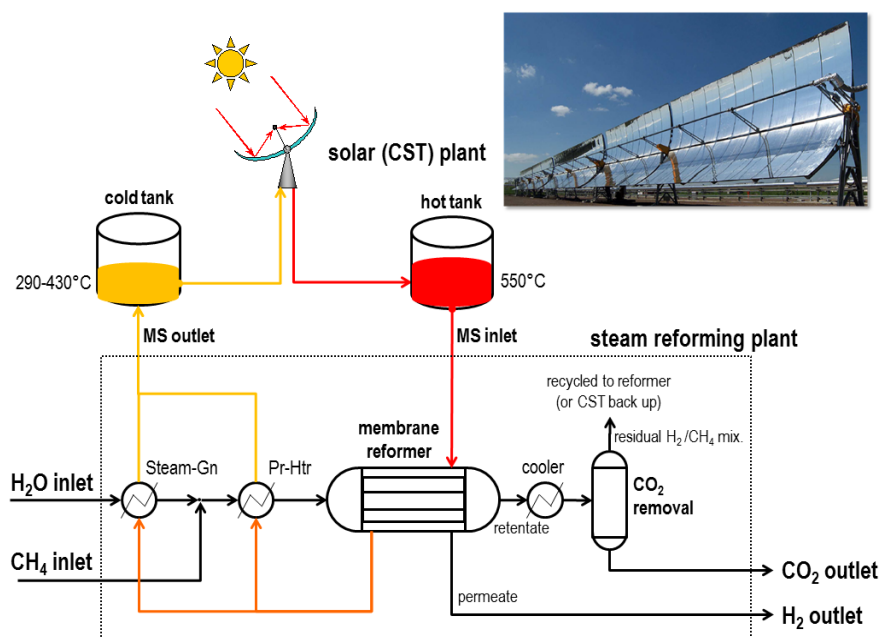
Dettagli del reattore pilota CoMETHy

Il progetto CoMETHy (2011-2015), coordinato dall'ENEA, è stato finanziato dalla *Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)* della Comunità Europea, e ha visto coinvolti 12 partner tra Università, centri di ricerca e aziende Europee. Oltre al ruolo di coordinatore di progetto, l'ENEA ha contribuito allo sviluppo dei catalizzatori, alla realizzazione dell'impianto pilota e all'ottimizzazione del processo chimico alimentato da energia solare dal punto di vista tecnico ed economico.

### Come funziona

Nella figura a fianco è mostrato uno schema concettuale della tecnologia CoMETHy.

Un comune impianto solare a concentrazione provvede alla captazione e al trasferimento dell'energia solare attraverso sali fusi, ovvero una miscela di nitrati di sodio e potassio (60%  $\text{NaNO}_3$ , 40%  $\text{KNO}_3$ ). Il sistema di stoccaggio di calore con doppio serbatoio consente di stabilizzare l'input termico all'impianto chimico, indipendentemente dalle fluttuazioni della



Schema concettuale di impianto CoMETHy di *steam reforming* solare

radiazione solare. I sali fusi a una temperatura nominale di 550°C vengono in primo luogo inviati al reattore di *steam reforming* costituito da uno scambiatore di calore a fascio tubiero e mantello: i sali fusi, dal mantello dello scambiatore, trasferiscono il loro calore ai tubi in cui avviene la reazione di produzione di idrogeno. I tubi contengono, infatti, un apposito catalizzatore per la reazione di *steam reforming* e una membrana a base di palladio che consente di estrarre l'idrogeno prodotto. L'estrazione di idrogeno dall'ambiente di reazione consente, in un singolo stadio, sia di ottenere elevate rese (nonostante temperature relativamente "basse" per tale processo) che di purificare l'idrogeno prodotto. Dal reattore uscirà, quindi, idrogeno puro (> 99%) e una miscela gassosa ricca in  $\text{CO}_2$  che potrà essere facilmente purificata. Il calore residuo dei sali fusi provenienti dal reattore viene utilizzato per sostenere altri servizi di impianto (preriscaldamento alimentazione, generazione di vapore, ecc.); i sali fusi sono, infine, raccolti nel serbatoio "freddo" dell'impianto solare.

## L'impianto pilota

L'impianto pilota, realizzato presso il Centro ENEA Casaccia, ha permesso di dimostrare il funzionamento del reattore a membrana di *steam reforming* alimentato a sali fusi, che sta alla base del processo. In particolare, l'impianto è costituito da due reattori di *steam reforming* (*pre-reformer* seguito dal *reformer* a membrana) integrati nel circuito sperimentale a sali fusi Mo.S.E. Il reattore a membrana è costituito da 10 tubi e presenta sei porte per l'ingresso e l'uscita dei fluidi di processo interessati: i sali fusi, la miscela reagente, il vapore di estrazione idrogeno, l'idrogeno permeato ed il residuo non permeato (ricco in  $\text{CO}_2$ ).



membrane reformer



molten salts loop



pilot plant overview

**Impianto pilota CoMETHy realizzato presso ENEA Casaccia**

## Risultati conseguiti

L'impianto pilota permette di regolare diversi parametri di processo (portata e temperatura di ingresso sali fusi, portata e composizione miscela reagenti) e di misurare la composizione dei gas prodotti (idrogeno e miscela non permeata). In tal modo è stato possibile ricavare i parametri prestazionali dell'impianto. Gli schemi sviluppati per il reattore e l'impianto sono modulari e consentono, di conseguenza, un semplice scale-up per impianti su scala industriale. Su tale base sono state svolte valutazioni tecnico-economiche i cui risultati mostrano come il *reforming* solare secondo la tecnologia CoMETHy abbia costi di produzione dell'idrogeno competitivi con il processo tradizionale per impianti realizzati in regioni con adeguata insolazione (ad es. area Mediterranea).

## Possibili applicazioni

L'infrastruttura può essere utilizzata per lo studio di diversi processi di *reforming* (*dry/steam/CO<sub>2</sub>*) di idrocarburi di origine fossile o rinnovabile, quale il biogas proveniente dalla fermentazione di residui organici (agro-alimentari e/o zoo tecnici), in accoppiamento con la fonte solare. In particolare si possono eseguire campagne sperimentali di caratterizzazione di innovative membrane, catalizzatori e sistemi integrati reattore/membrana.

## Attività future

Nel progetto CoMETHy è stato realizzato con successo il "*proof-of-concept*" della tecnologia a livello di impianto pilota. Tali test non hanno evidenziato perdite di performance del reattore dopo qualche centinaio di ore di esercizio. Tuttavia è fondamentale valutare la vita utile e l'eventuale degradazione dei componenti base del reattore (catalizzatore/membrana) prima di passare alla dimostrazione in ambiente industriale. Lo step successivo dovrebbe, quindi, riguardare verifiche di robustezza e affidabilità del reattore a membrana con test di lunga durata, almeno 5.000 ore, e in condizioni operative rappresentative per applicazioni industriali (ad es. sintesi di ammoniaca o metanolo).