

PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-21 - RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

AFFIDATARIO 1

Tema - Titolo del progetto: **1.9 Solare Termodinamico**

Durata: **36 mesi**

Semestre n. 1 – Periodo attività: 01/01/2019 – 30/06/2019

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

L'attività di ricerca svolta nel primo semestre del 2019, nell'ambito del progetto 1.9 "Solare Termodinamico", ha permesso l'avviamento delle diverse linee di attività all'interno delle macro-tematiche in cui è strutturato il progetto. Tale fase iniziale del progetto è stata condotta dall'ENEA.

In primo luogo, sono state avviate le attività di sviluppo di materiali e componenti innovativi, tra cui: fluidi termici, tubi ricevitori, superfici riflettenti, sistemi di accumulo termico. Sono state inoltre sviluppate le metodologie di analisi per gli studi di integrazione di sistema, riguardanti l'introduzione della tecnologia in casi applicativi di interesse Nazionale, tra cui i contesti industriali energivori e l'ibridizzazione con fonti e tecnologie rinnovabili "non programmabili" come il fotovoltaico; sono inoltre stati avviati gli studi di caratterizzazione e previsione meteorologica, per la validazione di metodologie utili all'analisi delle prestazioni e alla conduzioni di impianti solari a concentrazione.

I risultati conseguiti nel primo semestre del 2019 hanno permetteranno il completamento delle rispettive linee di attività nel secondo semestre, come previsto dal programma di ricerca per la prima annualità.

ATTIVITA' SVOLTE	
AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO
ENEA	<p>Durante il primo semestre del 2019, sulla tematica riguardante lo sviluppo di fluidi termici avanzati per CSP, sono iniziate due specifiche linee di attività.</p> <p>La prima linea di attività sui fluidi termici avanzati ha riguardato la "selezione modelli termodinamici predittivi per nuove miscele bassofondenti di sali fusi" (LA1.1). Sono stati studiati modelli di simulazione di sistemi multicomponenti composti da nitrati e nitriti, idonei a prevedere le temperature di solidificazione di miscele bassofondenti innovative in funzione della composizione. Inizialmente è stata effettuata una ricognizione teorica dei modelli termodinamici più idonei. Tale analisi ha evidenziato l'esigenza di modelli termodinamici in cui i parametri di non idealità dei sistemi multi-componenti vengono ricavati dai dati sperimentali dei sottosistemi binari. Sono stati successivamente selezionati nitrati e nitriti di metalli alcalino terrosi di maggiore interesse (nitrati di sodio, potassio, litio e calcio; nitriti di sodio e potassio), caratterizzati da stabilità chimica fino almeno a 400°C, bassi costi e moderata tossicità.</p> <p>La seconda linea di attività sui fluidi termici avanzati ha riguardato la "selezione e caratterizzazione di sali e nano-particelle per materiali a proprietà termiche incrementate". In</p>

tal caso è stata svolta un'estensiva analisi teorica su nuovi possibili materiali per la produzione di nanofluidi, costituiti da un "fluido base" e da nanoparticelle, da utilizzare per il trasferimento e la conservazione del calore in impianti CSP in vari intervalli di temperatura (medio-bassa, 120-200°C; media, 200-350°C; alta, >350°C). In particolare, l'attenzione è stata rivolta alla macro-categoria dei sali fusi, da utilizzare come fluido base o materiale a cambiamento di fase (PCM) in virtù delle buone caratteristiche termiche (capacità, conducibilità, effusività, diffusività) e del basso costo. Sono state inoltre investigate le possibili metodologie di sintesi dei nanofluidi che possono determinare le proprietà finali del materiale.

Oltre allo sviluppo di fluidi termici avanzati per CSP, nel 1° semestre del 2019 sono iniziate le attività di sviluppo di specifici componenti avanzati per CSP: tubi ricevitori, specchi e sistemi di accumulo di calore.

Per quanto riguarda i **tubi ricevitori**, sono stati sviluppati "materiali per coating innovativi a base di tungsteno e allumina ad alta stabilità in vuoto" (LA1.17), con lo studio di processi per la realizzazione di materiali nanocompositi ceramico-metallici (CERMET) a base di allumina e tungsteno (W-Al₂O₃) con stabilità incrementata rispetto ai CERMET a doppio nitrato. Tali materiali dovevano essere idonei all'applicazione in tubi ricevitori solari evacuati operativi alla temperatura di 550°C. Il primo stadio di questo sviluppo è stato realizzato nel primo semestre 2019, con la messa a punto del processo di deposizione per la fabbricazione dell'allumina da impiegare come film antiriflesso nei rivestimenti solari e come matrice ceramica del CERMET assorbitore. Il processo sviluppato ("MF sputtering" reattivo in regime di transizione da target di Al in atmosfera di Ar+O₂) è risultato ripetibile e ha consentito la realizzazione di materiali ceramici di ottima qualità e con una elevata velocità di deposizione.

Per quanto riguarda gli **specchi**, è iniziato lo "studio di tecniche per modifica delle proprietà di superficie del vetro per specchi autopulenti" (LA1.22). Nel corso del primo semestre del 2019 l'attività di ricerca si è focalizzata sull'analisi delle architetture di specchio esistenti sul mercato e sull'individuazione dello strato esposto allo sporco, al fine di studiarne possibilità di modifica e/o rivestimento, per ridurre l'acqua di lavaggio. Al contempo sono state individuate tecniche per la misura della bagnabilità di una superficie. In considerazione della differente natura e composizione degli specchi solari esistenti sul mercato e del tipo di sporco cui gli stessi vanno incontro, è stata effettuata una disamina critica dei metodi più efficaci di modifica della superficie, in termini di alte prestazioni, basso costo e facile scaling-up. Sono state studiate differenti tecniche sia di tipo top-down che bottom-up per la modifica della bagnabilità degli specchi solari in funzione dell'architettura dello specchio, della composizione chimica dello strato esposto alle intemperie e del tipo di sporco legato alla collocazione geografica. Sono state infine individuate diverse soluzioni tecnologiche per fabbricare rivestimenti autopulenti.

Riguardo i **sistemi di accumulo termico per CSP**, è iniziata un'attività di "ottimizzazione di un sistema di accumulo termico termocline a sali fusi a doppio scambiatore" (LA1.27). Sono stati analizzati i risultati sperimentali ottenuti su un prototipo di sistema di stoccaggio di energia termica (Thermal Energy Storage, TES) installato presso centro ricerche ENEA-Casaccia: si tratta di una tecnologia TES innovativa, basata su un singolo serbatoio dal quale si estrae il calore sensibile di una miscela di sali fusi ternaria in esso contenuta; il serbatoio è integrato con due scambiatori di calore (con geometria studiata e brevettata dall'ENEA) per le operazioni di carica e scarica, posizionati in modo tale da avere una stratificazione del sale fuso al suo interno. Nel 1° semestre del 2019 è stato svolto uno studio termo-fluidodinamico dell'intero sistema concentrandosi sulla circolazione naturale del sale fuso utilizzato come mezzo di stoccaggio termico. E' stato inoltre effettuato un studio CFD.

Nel 2019 sono inoltre iniziate le attività riguardanti l'applicazione della tecnologia CSP per la fornitura di **calore di processo per applicazioni industriali**, con l'"analisi delle tecnologie solari a concentrazione potenzialmente idonee a diversi livelli termici" (LA1.32). Nel 1° semestre del 2019 è stata svolta un'estensiva analisi che ha consentito di selezionare specifiche tecnologie solari integrabili a processi industriali operativi nell'intervallo di temperatura 200-600°C. In particolare, da una approfondita analisi sui principali processi endotermici operativi nell'intervallo di temperatura 200-600 °C, sono state selezionate le operazioni unitarie più significative, potenzialmente idonee ad accoppiamento con impianti solari a concentrazione: ricottura (settore vetro), atomizzazione (settore ceramica), calcinazione (settore gesso),

reforming e cracking (settore petrolchimico), deodorizzazione oli, cottura, maltazione (settore alimentare).

Sempre nell'ambito dell'integrazione della tecnologia CSP nel tessuto energetico nazionale, nel 2019 sono iniziati gli studi sull'"analisi e individuazione di configurazione di **impianti ibridi CSP/PV**" (LA1.38). Nel 1° semestre del 2019 sono stati dapprima definiti i principi di riferimento dell'ibridizzazione d'impianti fotovoltaici (PV) con impianti solari a concentrazione (CSP) considerando le peculiarità delle due tecnologie. Su tale base è stato sviluppato un modello d'integrazione PV/CSP, con un apposito schema che consente di immettere energia solare in rete in maniera flessibile e programmabile, per seguire una generica curva del fabbisogno, senza che ciò comporti un eccessivo incremento dei costi. Si minimizzano così gli effetti delle fluttuazioni della fonte rinnovabile sulla gestione della rete elettrica, e si massimizza al contempo la copertura del fabbisogno con energia solare. Successivamente è stata sviluppata una metodologia di analisi che tiene in considerazione diversi criteri di ottimizzazione e agisce su parametri dimensionali quali l'estensione dei due campi solari, PV e CSP, e la capacità del sistema di stoccaggio termico (TES). Il modello proposto prevede che, sebbene i campi solari CSP e PV operino indipendentemente, le due unità presentano delle interazioni quali la degradazione termica sul TES di eventuali eccessi di produzione del PV (rispetto al carico) e la copertura dei consumi elettrici interni del CSP mediante PV (quando disponibile).

Infine, nel 2019 sono iniziate le attività di ricerca sulla "**caratterizzazione meteoclimatica dei siti**" (LA1.42) con un'estensiva analisi della radiazione solare utile alla gestione e controllo di impianti CSP. La disponibilità dei dati di misura della radiazione solare ha reso possibile i confronti con le stime della radiazione solare (GHI e DNI) ricavabili dalle immagini satellitari di copertura nuvolosa grazie all'applicazione di modelli sviluppati in ENEA. Il confronto con le misure è stato effettuato con i dati orari estratti dalle mappe registrate nella località del sito ENEA-Casaccia (Roma) per tutto il periodo dal 2006 al 2015. Il confronto fra misure e stime ha provato che queste ultime costituiscono uno strumento sufficientemente accurato per la valutazione del potenziale radiativo solare al suolo. Si è pertanto provveduto a redigere "anno meteorologico tipico" (AMT) per il sito ENEA-Casaccia con le irradianze globale e diretta ricavate da fonte satellitare grazie ai modelli ENEA. L'attività del 1° semestre del 2019 è consistita nell'elaborazione dei dati acquisiti dalle centraline.