

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2022-2024 - RICERCA DI SISTEMA
ELETTRICO NAZIONALE**

Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

**AFFIDATARIO: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico
sostenibile [ENEA]**

Tema - Titolo del progetto: 1.9 “Solare termodinamico”

Durata: 36 mesi

Semestre n. 1 – Periodo attività: 01/01/2022 – 30/06/2022

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il Progetto 1.9 “Solare termodinamico”, che prevede 1 work package (WP1), è organizzato in 3 tematiche scientifico-applicative, ognuna delle quali comprende diverse linee di ricerca che si sviluppano in linee di attività (LA) in carico all'affidatario ENEA o alle Università co-beneficiarie; per la comunicazione e disseminazione dei risultati sono previste 2 ulteriori LA.

Nel 1° semestre 2022, come previsto dal capitolato di Progetto, sono iniziate 6 LA (LA1.1, LA1.7, LA1.11, LA1.15, LA1.21, LA1.25). Tali LA, in carico solo a ENEA, hanno interessato tutte le 3 tematiche scientifico-applicative, nonché l'attività di comunicazione e disseminazione.

In particolare, con riferimento alla tematica “materiali e componenti avanzati per impianti CSP”, le attività svolte hanno riguardato le linee di ricerca sui coating innovativi per tubi ricevitori evacuati di impianti CSP a collettori lineari (LA1.1) e sulle superfici riflettenti autopulenti con sensoristica integrata per impianti CSP (LA1.7).

Inoltre, con riferimento alla tematica “ibridizzazione del CSP con altre tecnologie energetiche rinnovabili”, le attività svolte hanno riguardato le linee di ricerca (i) sui sistemi di accumulo termico, di tipo termocline, ibridizzati alimentabili da CSP e da altre tecnologie energetiche rinnovabili, per la produzione di calore per processi industriali (LA1.11) e (ii) sui sistemi innovativi di riscaldamento elettrico dei sali fusi per l'ibridizzazione del CSP con altre tecnologie energetiche rinnovabili (LA1.15).

In aggiunta, con riferimento alla tematica “soluzioni tecniche e procedure operative per il settore industriale del CSP”, le attività svolte hanno riguardato la linea di ricerca sulle procedure operative per impianti CSP con fluido termovettore costituito da miscele di sali fusi bassofondenti e studio della compatibilità dei materiali a contatto con le miscele in condizioni reali di funzionamento (LA1.21).

Infine, anche l'attività di comunicazione e disseminazione è stata regolarmente svolta (LA1.25).

In generale, nel corso del 1° semestre 2022, non sono state riscontrate criticità nello svolgimento delle attività e, per le LA in esecuzione, sussistono le condizioni perché i risultati attesi, come da capitolato

di Progetto, siano ottenuti. Inoltre, tenuto conto che il Progetto è stato da poco avviato, per le attività di ricerca svolte non è possibile indicare ricadute sul sistema energetico e produttivo che saranno valutabili nella parte finale del triennio di Progetto, quando le diverse linee di ricerca saranno prossime alla conclusione e si prevede saranno disponibili non solo i risultati/prodotti intermedi della ricerca ma anche gran parte dei risultati/prodotti finali.

ATTIVITA' SVOLTE

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	<p>Facendo riferimento alla struttura del Progetto 1.9 “Solare termodinamico”, sono di seguito descritte le attività svolte nel 1° semestre 2022 da ENEA.</p> <p>Tematica scientifico-applicativa “materiali e componenti avanzati per impianti CSP”.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nell’ambito della linea di ricerca sui “coating innovativi per tubi ricevitori evacuati di impianti CSP a collettori lineari”, nel 1° semestre 2022 è iniziata la LA1.1 avente per oggetto lo “sviluppo di materiali e processi di deposizione per coating innovativi per tubi ricevitori evacuati di impianti micro-PTC a media temperatura e per coating innovativi per tubi ricevitori evacuati di impianti CSP ad alta temperatura”. <p>Nella LA1.1, nel corso del 1° semestre 2022, sono stati sviluppati i processi per la fabbricazione di coating stabili per applicazione in tubi ricevitori solari evacuati di impianti micro-CSP di tipo micro-PTC operanti fino alla temperatura massima di 350 °C. I materiali che compongono il coating sono stati depositati mediante la tecnica dello sputtering su tubi d’acciaio di 10 mm di diametro. In particolare, è stata utilizzata la tecnologia ENEA di deposizione del doppio nitruro mediante la tecnica del co-sputtering per realizzare i materiali nanocompositi a comportamento ceramico-metallico (CERMET) dello strato assorbitore del coating essendo questa tecnologia particolarmente efficace per la sua semplicità, robustezza, basso costo e alta velocità di deposizione. Il primo processo di deposizione sviluppato è stato quello dello strato di W che svolge nel coating la doppia funzione di adattamento termomeccanico tra il substrato di acciaio e il riflettore a infrarosso (IR) d’Ag, nonché di barriera alla diffusione elementale da e verso il substrato. L’attività di messa punto di materiali e processi è stata completata con lo sviluppo dei processi di deposizione del riflettore a IR d’Ag, dell’assorbitore solare multistrato a doppio nitruro di WN-AlN e del filtro antiriflesso di AlN, SiO₂ e WN-AlN a basso contenuto di WN. Nel corso del 1° semestre 2022 un’ulteriore attività ha riguardato la realizzazione di materiali ceramici, con tecnica sol-gel e deposizione per spin-coating, per un loro possibile impiego come strati antiriflesso di un coating solare.</p>

Nello specifico, sono stati sviluppati i processi per depositare film di silice con tre differenti gradi di porosità.

- Nell'ambito della linea di ricerca sulle "superfici riflettenti autopulenti con sensoristica integrata per impianti CSP", nel 1° semestre 2022 è iniziata la LA1.7 avente per oggetto l'"ottimizzazione dei metodi di fabbricazione di nanocompositi ibridi a bagnabilità modulabile idonei alla realizzazione di prototipi di specchi autopulenti di dimensioni reali".

Si premette che la linea di ricerca in oggetto, che include oltre la LA1.7 anche le successive LA1.8 e LA1.9, si propone di innalzare il TRL dei risultati conseguiti nel precedente PTR 2019-2021 passando dalla scala laboratoriale e del piccolo prototipo di rivestimento autopulente alla fabbricazione di prototipi di specchi autopulenti di dimensioni reali (da integrare e testare sull'impianto sperimentale Fresnel "ENEA-SHIP" del C.R. ENEA di Casaccia) e di conferire proprietà sensoristiche ai rivestimenti autopulenti applicati sugli specchi. Con specifico riferimento alla LA1.7, nel corso del 1° semestre 2022 è stata prevista la selezione, come tipologie di rivestimenti autopulenti trasparenti, di nitruri di alluminio auxetici e di nanocompositi polimerici contenenti silsesquiossani, idonei i primi a specchi di vetro metallizzati Back Surface Mirror (BSM) e i secondi a specchi polimerici Front Surface Mirror (FSM), ma entrambi potenzialmente applicabili su entrambe le architetture. Questa selezione è stata dettata dalla possibilità, per ciascun tipo di rivestimento, di contemplare successivamente requisiti sensoristici (attraverso la realizzazione di fasi piezoelettriche nel caso dei nitruri di alluminio e di compositi resistivi nel caso dei polisilsesquiossani). Una volta scelti i materiali è stato avviato il lavoro di individuazione e ottimizzazione dei metodi per fabbricare prototipi di grandi dimensioni. Nella fattispecie, sono state selezionate le tecniche di sputtering reattivo per i nitruri di alluminio e di spray HVLP per i nanocompositi polimerici silsesquiossanic, predisponendo le modifiche agli impianti sperimentali, in dotazione al laboratorio presso il C.R. ENEA di Portici, al fine di poter processare substrati di maggiori dimensioni (lastre di specchi piani fino a 50x40 cm su cui depositare per sputtering e postazioni di spruzzo su superfici anche superiori a 100x100 cm).

Tematica scientifico-applicativa "ibridizzazione del CSP con altre tecnologie energetiche rinnovabili".

- Nell'ambito della linea di ricerca sui "sistemi di accumulo termico, di tipo termoclino, ibridizzati alimentabili da CSP e da altre tecnologie energetiche rinnovabili, per la produzione di calore per processi industriali", nel 1° semestre 2022 è iniziata la LA1.11 avente per oggetto l'"analisi e progettazione preliminare di un prototipo di sistema di accumulo termoclino ibridizzato alimentabile da CSP e altre tecnologie FER, asservito all'impianto ENEA-SHIP, per la produzione di calore per processi industriali".

Nella LA1.11, nel corso del 1° semestre 2022, è stato condotto lo studio per l'ibridizzazione di un impianto solare a concentrazione con altra fonte FER attraverso un sistema di accumulo a calore sensibile in cui come mezzo di accumulo termico viene usata una miscela ternaria di

sali. Il sistema studiato è costituito da un serbatoio verticale contenente la miscela di sali che viene alternativamente riscaldata (fase di carica) o raffreddata (fase di scarica) mediante la circolazione di un olio diatermico di tipo commerciale (Therminol-66) all'interno di 3 scambiatori di calore. Dei tre scambiatori, due saranno connessi al circuito dell'impianto solare sperimentale Fresnel "ENEA-SHIP" del C.R. ENEA di Casaccia (realizzato nell'ambito del precedente PTR 2019-2021), ed uno a un nuovo circuito che verrà realizzato dove un riscaldatore elettrico simula l'accoppiamento con impianti di produzione diretta di energia elettrica rinnovabile (fotovoltaico e/o eolico). Sono stati eseguiti i bilanci di massa e di energia necessari per un primo dimensionamento dei componenti, in modo particolare degli scambiatori di calore che presentano una forma innovativa studiata appositamente per promuovere l'instaurarsi dei moti convettivi all'interno del serbatoio che favoriscono il miglior sfruttamento del termoclino, ossia della stratificazione termica dei sali.

- Nell'ambito della linea di ricerca sui "sistemi innovativi di riscaldamento elettrico dei sali fusi per l'ibridizzazione del CSP con altre tecnologie energetiche rinnovabili", nel 1° semestre 2022 è iniziata la LA1.15 avente per oggetto l'"analisi preliminare di sistemi innovativi di riscaldamento elettrico dei sali fusi e progettazione di un dispositivo sperimentale".

Nell'ottica di sviluppare nuovi sistemi di accumulo termico a sali fusi, tipicamente impiegati negli impianti solari a concentrazione, che possano operare come versatili hub-energetici, idonei ad assorbire e accumulare sia il calore prodotto da impianti solari a concentrazione (CSP), sia l'elettricità in eccesso generata da tecnologie FER "elettriche", nell'ambito della LA1.15, nel corso del 1° semestre 2022 è stato avviato uno studio sistematico dei possibili metodi di dissipazione elettrotermica da accoppiare ai serbatoi di stoccaggio a sali fusi. L'analisi teorica è stata finalizzata all'individuazione di nuovi sistemi di dissipazione elettro-termica che consentano di trasferire il calore ai sali fusi in modo efficiente e rapido, per un efficace assorbimento dei picchi di generazione elettrica. Ciò implica l'utilizzo di un sistema di riscaldamento di tipo volumetrico dei sali e non di contatto superficiale, come nel caso delle convenzionali resistenze elettriche. In quest'ultima opzione, infatti, il trasferimento di calore è proporzionale alla differenza di temperatura tra l'elemento scaldante e il bulk, e la potenza massima trasferibile si riduce pertanto al crescere della temperatura dell'accumulo. Sono stati pertanto selezionati tre possibili sistemi di riscaldamento elettrico (resistivo, induzione e microonde) e sono stati impostati modelli numerici ad hoc per un'analisi comparativa delle prestazioni delle configurazioni di processo formulate.

Tematica scientifico-applicativa "soluzioni tecniche e procedure operative per il settore industriale del CSP".

- Nell'ambito della linea di ricerca sulle "procedure operative per impianti CSP con fluido termovettore costituito da miscele di sali fusi bassofondenti e studio della compatibilità dei materiali a contatto con le miscele in condizioni reali di funzionamento", nel 1° semestre 2022

è iniziata la LA1.21 avente per oggetto la “selezione di miscele di sali fusi bassofondenti per applicazioni a media e ad alta temperatura; adeguamento del circuito MoSE per prove sperimentali di funzionamento e di compatibilità dei materiali con le miscele”.

La prima attività condotta nella LA1.21, nel corso del 1° semestre 2022, è stata lo studio della sezione di prova del circuito sperimentale “MoSE” (Molten Salt Experiments) del C.R. ENEA di Casaccia e, nel dettaglio, del design dei porta-provini da testare (realizzato in materiale ceramico) e la definizione del lay-out finale del circuito in modo tale da semplificare e velocizzare le operazioni di prelievo dei provini di acciaio a differenti numeri di cicli termici. Sono state, inoltre, definite le procedure di primo riempimento e fusione della miscela di sali fusi prescelta per applicazioni a media temperatura. Sono stati quindi definiti, con riferimento alla letteratura sulla corrosione, i diversi tipi di acciai utilizzati in applicazioni CSP da testare con le miscele di sali fusi bassofondenti. In particolare, sono stati scelti gli acciai austenitici AISI 347H e 304 e l'acciaio al C ASTM A516-70; di questi acciai si è deciso di testare sia il materiale puro che saldato al fine di valutare anche la resistenza della saldatura TIG. Sono state scelte le miscele di sali bassofondenti da testare tra quelle studiate nel precedente PTR 2019-2021.

Infine, nel 1° semestre 2022 è iniziata la LA1.25 avente per oggetto la “comunicazione e disseminazione dei risultati da Gennaio 2022 a Giugno 2023”.

Nell’ambito della LA1.25, l’attività svolta nel corso del 1° semestre 2022 ha previsto, tra l’altro: azioni propedeutiche alla partecipazione, nel 2° semestre 2022, a 2 conferenze internazionali e a ulteriori eventi di disseminazione; partecipazione a un meeting di un comitato internazionale di riferimento del settore del CSP (“Comitato Esecutivo IEA TCP SolarPACES”).