

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. **4** – Periodo attività: **01/07/2020 – 31/12/2020**

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

L'attività di ricerca svolta nel secondo semestre del 2020, nell'ambito del progetto 1.9 "Solare Termodinamico", ha permesso di completare le linee di attività iniziate a Gennaio 2020, all'interno delle macro-tematiche in cui è strutturato il progetto. Alcune di queste attività di ricerca, iniziate a Gennaio 2020, hanno a loro volta sfruttato i risultati ottenuti in corrispondenti linee di attività concluse dall'ENEA nel 2019: si tratta pertanto dell'avanzamento o del completamento di percorsi di ricerca e sviluppo iniziati nel 2019. Altre linee di attività si basano invece su nove tematiche iniziate nel primo semestre del 2020 che, oltre all'ENEA, hanno coinvolto, come co-beneficiari, sette Università Italiane.

In particolare, sono proseguite le attività di sviluppo di materiali e componenti innovativi, tra cui: fluidi termici, tubi ricevitori, superfici riflettenti, sistemi di accumulo termico. Ulteriori sviluppi sono stati prodotti sugli studi d'integrazione di sistema, riguardanti l'introduzione della tecnologia del Solare a Concentrazione in casi applicativi d'interesse Nazionale, tra cui i contesti industriali energivori e l'ibridizzazione con fonti e tecnologie rinnovabili "non programmabili" come il fotovoltaico; sono inoltre proseguiti gli studi di caratterizzazione e previsione meteorologica, per la validazione di metodologie utili all'analisi delle prestazioni e alla gestione d'impianti solari a concentrazione.

Come nel primo semestre, anche nel secondo semestre del 2020 le attività di ricerca da parte di ENEA e dei co-beneficiari sono in parte state rallentate dalle restrizioni imposte dell'emergenza sanitaria. Ciononostante è stato possibile conseguire risultati parziali utili al raggiungimento degli obiettivi previsti entro la fine del 2020. Solo poche linee di attività hanno necessitato di una proroga ad Aprile 2021.

ATTIVITA' SVOLTE	
AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO
ENEA	Durante il 2° semestre del 2020 sono proseguiti gli studi di ENEA sulla tematica riguardante lo sviluppo di fluidi termici avanzati per CSP. In particolare, facendo seguito allo studio effettuato nel primo semestre del 2020, la prima parte della Linea di Attività LA1.2 ha riguardato lo sviluppo e la validazione di modelli predittivi che, a partire dalle proprietà dei singoli componenti, permettono di stabilire le caratteristiche termofisiche di miscele di nitrati e nitriti in funzione della loro composizione. E' stata quindi

	prodotta un'accurata descrizione dei modelli sviluppati per il calcolo del calore specifico, della densità, della viscosità e della conducibilità termica e la loro validazione. La seconda parte della Linea di Attività LA1.2 ha permesso di verificare la validità del modello termodinamico già studiato nella LA1.1 e focalizzato sulla simulazione delle curve/superfici di "liquidus". Riguardo le miscele ternarie, è stato possibile confrontare i risultati simulati con valori sperimentali che coprono una buona parte dei diagrammi di fase. Il sistema predittivo è stato quindi utilizzato per trovare composizioni bassofondenti di miscele quaternarie selezionando due sistemi, uno additivo e uno reciproco. L'attività svolta nel secondo semestre del 2020 nell'ambito della Linea di Attività LA1.5 è stata focalizzata sulla caratterizzazione della corrosione fra due miscele di nitrati metallici bassofondenti (note come Solar Salt e HITEC XL) selezionate nella precedente Linea di Attività LA1.2 sulla base delle proprietà chimico-fisiche, e quattro tipi diversi di acciaio rappresentativi dei materiali da costruzione utilizzati negli impianti CSP. Le prove di corrosione sono state condotte per un periodo di circa 1500 ore, utilizzando un set up sperimentale idoneo al testing in condizioni statiche costituito da un reattore di acciaio inox a pressione atmosferica, fornito di un sistema di riscaldamento e di controllo della temperatura. Per studiare la cinetica di formazione dello strato di ossido sugli acciai sottoposti a test di corrosione (solo per la miscela "Solar Salt") ogni 500 ore è stato estratto un provino per ogni tipo di acciaio, sottoposto successivamente a "descaling" chimico per eliminare lo strato di ossido formatosi e valutare la variazione di peso del provino in relazione al tempo di permanenza nella miscela di sali a temperatura. Alla fine di ciascuna delle due prove, le miscele di sali utilizzate sono state caratterizzate in termini di proprietà termofisiche e di composizione chimica, per valutare eventuali effetti d'inquinamento delle miscele. terminate le prove di compatibilità di 1500 ore in condizioni statiche, i provini sono stati puliti secondo protocollo e sottoposti ad analisi metallografica nell'ambito della Linea di Attività LA1.7. Durante il 2° semestre del 2020 sono proseguite le attività di ENEA sulla tematica riguardante lo sviluppo di fluidi termici avanzati a base di Nano Enhanced PCM (NEPCM) nell'ambito della Linea di Attività LA1.15. In particolare, si è preso in considerazione un dispositivo di un accumulo termico utilizzando NEPCM incapsulato e costituito da 3 capsule impilate. Il NEPCM è costituito da un sale binario ("Solar Salt") $\text{NaNO}_3\text{-KNO}_3$ (60:40 wt%) in cui sono state disperse l'1% in peso di nanoparticelle di silice e allumina ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, 82–86/14–18wt%). Al fine di valutare in modo più approfondito le dinamiche di carico e scarico dell'energia è stata effettuata un'analisi fluidodinamica (CFD) del dispositivo. Questa ha evidenziato che per raggiungere lo stato stazionario della condizione iniziale di prova (200°C) sono necessarie circa 24 ore e che il successivo riscaldamento fino ai 300°C impiega circa 3-4 ore per raggiungere il 99% del carico massimo nominale. Con tali indicazioni è stato possibile definire il tipo dispositivo da testare e formulare le specifiche per la sua realizzazione. Infine, si è proceduto con la sua progettazione e realizzazione. Oltre allo sviluppo di fluidi termici avanzati per CSP, nel 2° semestre del 2020 sono proseguite le attività di sviluppo di specifici componenti avanzati per CSP, tra cui tubi ricevitori e specchi. Per quanto riguarda i tubi ricevitori, nel 2° semestre del 2020 è proseguita la Linea di Attività, iniziata nel 1° semestre 2020, sullo sviluppo di "materiali innovativi per coating ad alta stabilità in aria in tubi ricevitori non evacuati" (LA1.18) ossia per applicazioni in aria nell'intervallo di temperatura 300-500°C. Al fine di verificarne la fattibilità d'impiego come riflettore IR per applicazioni in aria alla temperatura di 500°C, la struttura bi-layer costituita da uno strato metallico di lega autopassivante tungsteno-cromo-titanio (WCrTi) ricoperto da un film ceramico di allumina (Al_2O_3), sviluppata nel 1° semestre 2020 e già sottoposta a trattamenti termici in aria a 500°C per 19 giorni, è stata sottoposta a ulteriori test termici in aria a 500 °C per 18 giorni rimanendo otticamente e strutturalmente stabile. È stata verificata la fattibilità d'impiego del tungsteno (W) come riflettore IR per applicazioni in aria a più basse temperature, ovvero 300°C e 400°C, più performante (emissività termica ridotta) del suddetto riflettore IR sviluppato per applicazioni in aria a temperatura di 500°C. Nella fattispecie, i trattamenti termici in aria per 37 giorni complessivi condotti su film di W hanno mostrato una significativa variazione delle
--	---

proprietà ottiche e strutturali imputabile a fenomeni di ossidazione ad opera dell'ossigeno atmosferico. Al contrario, strutture bi-layer costituite da uno strato metallico di W ricoperto da un film ceramico di Al_2O_3 , sottoposte ad analoghi test termici, hanno mostrato un'elevata stabilità ottica e strutturale in aria alla temperatura di 300°C e degrado a temperatura maggiore (400°C). L'attività di ricerca ha, infine, previsto la valutazione della stabilità ottica e strutturale dei materiali nanocompositi ceramico-metallici (CERMET) a base di Al_2O_3 e W, sviluppati nell'ambito della prima annualità di progetto (LA1.17), candidati a essere impiegati in qualità di strati assorbitori di rivestimenti per tubi ricevitori solari operanti in aria. Tali materiali sono stati sottoposti a trattamenti termici in aria ad alta temperatura: i risultati delle sperimentazioni hanno messo in evidenza l'ottima stabilità alla temperatura di 300°C dei CERMET W- Al_2O_3 , se ricoperti da un film ceramico di Al_2O_3 (che simula la presenza di uno strato ceramico antiriflesso disposto a protezione dei CERMET sottostanti impiegati all'interno di un rivestimento solare).

Per quanto riguarda gli **specchi**, nel 2° semestre del 2020 e nell'ambito della Linea di Attività LA1.23 l'ENEA ha condotto la procedura d'acquisto di un misuratore di angolo di contatto. Il procedimento si è concluso con l'acquisizione di uno strumento, DSA100, prodotto dalla Kruiss che consente di effettuare misure di angolo di contatto statico e dinamico con metodo della goccia sessile e misure indirette di energia libera superficiale. In parallelo, sono stati esplorati trattamenti superficiali in plasma con diversi gas di processo su substrati vetrosi e plastici sia per modificare la bagnabilità del substrato e predisporlo alla successiva deposizione dei coating (e/o comunque validarne l'utilizzo in tecnologie robotiche water free, in termini di efficacia e durata nel tempo). L'efficacia e la durata del trattamento è stata valutata attraverso caratterizzazioni eseguite a intervalli temporali specifici. Sono state esplorate tecniche di plasma oxygen. Tutti i materiali sviluppati sono stati applicati a elementi riflettenti (specchi da interni acquisiti per sopperire all'indisponibilità sulla scala di laboratorio di specchi solari substrato) per verificarne la riflettanza speculare complessiva. L'attività sperimentale ha confermato la possibilità di intervento sulla modifica della bagnabilità degli specchi, attraverso materiali trasparenti fotocatalitici, sia di tipo inorganico che polimerici ibridi, fabbricabili attraverso tecniche trasferibili su larga scala come lo sputtering magnetron in regime di transizione di un unico target con due tipi di gas reattivo (per i nitruri di alluminio drogati) e/o attraverso il processing industriale roll-to-roll dei rivestimenti polimerici ibridi.

Nel corso del 2° semestre del 2020 l'ENEA ha inoltre proseguito e completato le attività di messa a punto e collaudato funzionale del dispositivo per la misura diretta della radiazione solare concentrata in collettori parabolici lineari, nell'ambito della Linea di Attività LA1.26. Tale dispositivo consente, in maniera totalmente automatizzata, di mappare radialmente e longitudinalmente la distribuzione del flusso solare concentrato in accordo alle metodiche sperimentali sviluppate nell'ambito delle attività di caratterizzazione delle performance termiche di collettori solari a media temperatura.

Oltre allo sviluppo di materiali e componenti innovativi per CSP, nel 2° semestre del 2020 sono proseguite le attività di ENEA sull'integrazione della tecnologia del Solare Termodinamico nel sistema energetico Nazionale.

Nel 2° semestre del 2020, con riferimento all'applicazione della tecnologia solare a concentrazione per la **fornitura di calore di processo all'industria**, nell'ambito della Linea di Attività LA1.33 è stata portata a termine l'analisi del costo del kWh termico per taglie d'impianto e livelli termici differenti. In particolare, attraverso l'utilizzo di un software di simulazione di processo largamente impiegato nell'ambito della tecnologia del "*Concentrating Solar Thermal*" o CST (SAM), è stata effettuata l'analisi, su base annuale, delle prestazioni degli impianti precedentemente definiti e dimensionati, pervenendo alla stima del calore prodotto e fornito all'utenza. Successivamente, attraverso appositi strumenti di analisi economica sviluppati da ENEA e sulla base delle informazioni acquisite nell'ambito dell'esercizio di impianti sperimentali e dimostrativi, sono stati valutati sia i costi di realizzazione che i costi operativi degli impianti in esame, pervenendo al costo di produzione dell'energia termica a servizio del processo industriale. Dall'analisi è emerso che il costo del calore (in termini di "*Levelized Cost of Heat*", LCOH) si attesta mediamente tra i 5 e i 7 c€/kWh_t. La localizzazione degli impianti incide significativamente sul costo finale del calore prodotto, con variazioni percentuali del LCOH

	comprese tra il 10 e il 50%. La voce di costo a maggiore incidenza sul LCOH risulta essere la fornitura del campo solare (25%-35%), seguita dall'accumulo termico, che rappresenta il 15% del LCOH. Al fine di garantire la sostenibilità economica della tecnologia risulta fondamentale ridurre i costi dei componenti di impianto (principalmente campo solare e accumulo termico). Attraverso un'analisi parametrica del LCOH al variare del costo specifico del campo solare, è emerso che il costo del calore prodotto da impianti CST può ridursi fino a circa 4 c€/kWh_t se viene conseguito un target di 100 €/m² sul costo del campo solare, partendo dagli attuali 200 €/m². Riguardo alla realizzazione dell'infrastruttura rappresentativa della tecnologia solare a concentrazione per la fornitura di calore di processo, nel 2° semestre del 2020 nell'ambito della Linea di Attività LA1.36 è stata completata la progettazione definitiva del suddetto impianto sperimentale, destinato allo sviluppo e allo studio di soluzioni tecniche per l'alimentazione termica di utenze industriali. In particolare, sono state definite le caratteristiche operative e costruttive di tutti i componenti di impianto e sono state individuate le specifiche del circuito idraulico, del sistema di acquisizione dati e controllo e del sistema elettrico. Tali dati sono stati utilizzati come base documentale per l'espletamento del bando di gara ai fini dell'assegnazione di un contratto di fornitura e messa in opera dell'impianto. La società aggiudicatrice della procedura negoziata ha garantito la fornitura di un collettore solare tipo Fresnel in grado di operare anche con fluidi termovettori del tipo sali fusi, oltre che con fluidi del tipo olio diatermico, come richiesto dal progetto definitivo. Inoltre, nell'ambito del 2° semestre 2020 sono state svolte le attività propedeutiche per la preparazione del sito e per il rilascio dei permessi per la realizzazione dell'impianto. Sempre nell'ambito dell'integrazione della tecnologia CSP nel tessuto energetico nazionale, nel 2° semestre del 2020 sono proseguite le attività di "analisi tecnico-economica preliminare di impianti ibridi CSP/PV" (LA1.39). Applicando la metodologia d'integrazione tra le due tecnologie sviluppata dall'ENEA nel 2019, sono proseguiti gli studi sull'analisi preliminare di casi studio d'interesse Nazionale. Sono stati presi in esame i profili orari di carico elettrico su base nazionale (forniti da Terna) ed è stata ottimizzata l'integrazione CSP/PV in modo tale da massimizzare la copertura dello stesso carico (su base annuale) con la fonte solare. In particolare, nel 2° semestre del 2020 i risultati preliminari ottenuti nel 1° semestre sono stati ulteriormente analizzati ed è stata prodotta una pubblicazione scientifica sulla rivista Internazionale Solar Energy. Durante questo periodo l'ENEA ha inoltre collaborato con il Politecnico di Milano per implementare la metodologia sulla base di modelli sempre più rigorosi. Infine, nel 2° semestre del 2020 sono proseguite le attività di ricerca sulla tematica della caratterizzazione meteorologica, con la determinazione dell'anno tipo meteorologico per ulteriori altre 6 località. Inoltre, a titolo di esempio, è stato fatto il dimensionamento di un impianto CSP parabolico lineare (nel sito di Priolo Gargallo, prov. di Siracusa) che utilizza sali fusi come fluido termovettore, partendo dall'anno tipico meteorologico della località prescelta. L'impianto solare è integrato con un impianto di back-up heater che fornisce energia termica allo stesso fluido termovettore nelle ore in cui l'energia solare è insufficiente a garantire la continuità di potenza all'utilizzatore.
Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"	Nel 2° semestre del 2020, l'attività dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha proseguito la sua attività riguardante le "analisi metallografiche dei materiali esposti a nuove miscele di sali fusi in condizioni statiche" (nell'ambito della Linea di Attività LA1.7). Questa attività è stata articolata in una fase preliminare di trattamento dei provini metallici, preparati nell'ambito della Linea di Attività LA1.5, in accordo con i protocolli ASTM, e in una successiva fase di analisi metallografiche sia dei provini vergini che di quelli sottoposti ai trattamenti, per lo studio dei fenomeni corrosivi. In particolare, mediante le analisi di microscopia elettronica (SEM) sono stati evidenziati eventuali i fenomeni di corrosione così come variazioni di spessore e di composizione degli strati ossidati attraverso l'analisi in dispersione energetica (EDS). L'acquisizione dei diffrattogrammi RX ha permesso l'analisi della composizione delle fasi solide negli strati ossidati oltre a fornire informazioni complementari riguardo il meccanismo di corrosione. Infine, sono state misurate eventuali variazioni di peso. I risultati ottenuti hanno permesso lo studio della cinetica di formazione dello strato di ossido da utilizzare per lo sviluppo di modelli cinetici.

Università “La Sapienza” Dip. Ing. Chimica, Materiali, Ambiente	Nel 2° semestre del 2020, il Dipartimento di Ingegneria Chimica, Materiali, Ambiente dell’Università “La Sapienza” ha proseguito lo studio relativo alla Linea di Attività LA1.9. Sono stati individuati i materiali adatti alla realizzazione, a costi contenuti, dell'apparecchiatura in grado di operare alle temperature d’interesse dei sali fusi per la misura della conducibilità termica di fluidi termovettori per il Solare a Concentrazione. In particolare, il vetro è stato sostituito con quarzo (che può lavorare a temperature fino 1000°C) che è anche un ottimo isolante elettrico per l’isolamento elettrico dello strato scaldante. Infine, sono stati individuati i punti di misura di temperatura più adatti per il conseguente sviluppo di modelli dettagliati (CFD) e semplificati per la corretta interpretazione del dato sperimentale.
Università di Perugia Dip. Ing. Civile e Ambientale	Nel 2° semestre del 2020, il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell’Università di Perugia ha proseguito la propria linea di attività sulla “sintesi e caratterizzazione di Nano Fluidi e/o Nano Enhanced PCM per applicazioni a medio-bassa e media temperatura” nell’ambito della Linea di Attività LA1.13. In particolare, sono state selezionate e sintetizzate con diversi metodi una miscela di nitrati di potassio e di sodio ($\text{KNO}_3/\text{NaNO}_3$, 40/60% in peso) e una miscela di nitrati di litio e di sodio ($\text{LiNO}_3/\text{NaNO}_3$, 49/51% in peso). Quindi, utilizzando le nanocariche precedentemente reperite (a base di ossidi e idrossidi metallici/ceramici/minerali, nanostrutture a base di carbonio e strutture organo/inorganiche, tipo MOF, sia commerciali che parzialmente o completamente di sintesi UNIPG) sono stati realizzati e caratterizzati tredici materiali nano-modificati. I NEPCM hanno mostrato una o più caratteristiche migliorate rispetto ai materiali attualmente in uso nel CSP, con risultati particolarmente incoraggianti. I test hanno dimostrato che si ottengono sensibili incrementi del calore specifico ($> +40\%$). I sali modificati hanno inoltre soddisfatto tutte le specifiche richieste in termini di densità di energia catturata, miglioramento del trasporto di energia, riduzione del costo, riduzione dell’impatto ambientale, riduzione delle perdite di calore, completa reversibilità durante i cicli multipli di carica/scarica, stabilità e sicurezza. Questi NEPCM o NF possono essere pertanto ritenuti materiali a cambio di fase migliorati per essere impiegati sia come mezzi di accumulo che come nano-fluidi.
Politecnico di Torino Dip. Energia	Nel 2° semestre del 2020, il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino ha completato le due linee di attività a supporto dello sviluppo di componentistica avanzata per CSP: tubi ricevitori solari e sistemi innovativi di accumulo termico. Per quanto riguarda lo sviluppo dei tubi ricevitori, nell’ambito dell’attività di “analisi delle prestazioni termiche di ricevitori con coating selettivi a bassa emissività in vuoto” (LA1.20), il Politecnico di Torino ha convalidato contro i dati sperimentali forniti dall’ENEA il modello 2D a parametri concentrati precedentemente sviluppato. Il modello convalidato è stato accoppiato a un modello 1D che risolve l’equazione di bilancio dell’energia lungo la direzione assiale, al fine di calcolare il profilo della temperatura del fluido termovettore e della parete del tubo lungo la lunghezza del ricevitore. Noto il profilo di temperatura, il Politecnico di Torino ha proceduto all’ottimizzazione del rendimento foto-termico del tubo ricevitore. Tale ottimizzazione si realizza selezionando il rivestimento selettivo più performante in funzione della posizione lungo il tubo ricevitore, ovvero della temperatura del tubo assorbitore in quel punto. I rivestimenti selettivi considerati si differenziano per le curve di emissività e i valori di assorbanza; minore è l’emissività, minore risulta anche l’assorbanza. Si conclude che il massimo rendimento foto-termico si ottiene adottando tre rivestimenti selettivi diversi per le sezioni di tubo rispettivamente a bassa, media e alta temperatura. La lunghezza complessiva del tubo ricevitore ottimizzato è di 1641-1654 metri, in funzione della velocità del vento considerata. Riguardo l’analisi di sistemi di accumulo termico innovativi, oggetto dell’attività di “modellazione di sistema di accumulo termico termoclino a sali fusi a singolo scambiatore” (LA1.29), nel 2° semestre del 2020 il Politecnico di Torino ha raffinato il modello CFD sviluppato nel semestre precedente ottenendo un migliore accordo con i dati sperimentali ed estendendo la convalida anche al transitorio di scarica, oltre a quello di carica. Il modello CFD suggerisce la presenza di un bypass in corrispondenza delle serpentine di carica e scarica, dovuto a un errato montaggio delle serpentine alle estremità del canale. La presenza del bypass riduce in modo significativo le cadute di carico del canale, spiegando così le portate massiche nel canale interno ottenute nei test sperimentali, le quali sono maggiori di quanto atteso. Si conclude che le prestazioni termiche del sistema di accumulo sarebbero maggiori se esso fosse stato realizzato

	secondo i disegni progettuali dell'ENEA, ovvero senza il bypass, che comporta una riduzione della stratificazione termica ostacolando la formazione del termoclino.
Università Campus Bio-Medico di Roma	All'inizio del 2020 l'Università Campus Bio-Medico di Roma aveva iniziato una Linea di Attività (LA1.28) finalizzata alla "modellazione di sistema di accumulo termico termoclino a sali fusi a doppio scambiatore" precedentemente sviluppato e validato sperimentalmente dall'ENEA. Nel 2° semestre del 2020 sono stati sviluppati i modelli del sistema di stoccaggio termico. In particolare, è stato costruito il modello di uno scambiatore equivalente tipo "shell&tube". Il modello di scambio termico, una volta testato con ulteriori dati, sarà disponibile per analisi di processo, analisi di sensitività, eventuali modifiche impiantistiche e/o inserito come sotto modello nelle simulazioni termo-fluidodinamiche. Attraverso la regressione dei dati sperimentali, è stato validato un modello di primo ordine in grado di fornire una funzione analitica del termoclino utile a fini della valutazione di performance, del confronto con altri sistemi e dell'implementazioni in simulazioni di sistemi integrati. È stato inoltre impostato il lavoro teorico (descrizione dell'equazioni e degli algoritmi risolutivi) per una soluzione analitica del sistema di carico e scarico in contemporanea e soprattutto per la simulazione termo-fluidodinamica rigorosa con software commerciali quali GProms e Comsol Multiphysics.
Università di Palermo Dip. Ing. Sezione Chimica Ambientale Biomedica e Materiali	All'inizio del 2020 il Dipartimento di Ingegneria (Sezione Chimica Ambientale, Biomedica e Materiali) dell'Università di Palermo aveva iniziato uno "studio di processi industriali potenzialmente integrabili alla tecnologia solare a concentrazione", nell'ambito della Linea di Attività LA1.34. Nel corso del 2° semestre del 2020 è stato condotto uno studio preliminare per verificare la sostenibilità pratica dell'accoppiamento dei processi chimici selezionati nel 1° semestre (il topping, i processi termochimici per la produzione di combustibili, la deidrogenazione dell'etilbenzene e la termolisi del dicloroetano) con tecnologie solari a concentrazione, al fine di individuare gli intervalli di valore ottimali dei parametri operativi per l'accoppiamento dei processi con calore solare. E' stato inoltre condotto uno studio sperimentale sul processo di liquefazione idrotermica di matrici organiche umide per avere informazioni quantitative sulla correlazione esistente fra la natura della biomassa utilizzata ed il carico termico da fornire (maggiore o minore grado di endotermicità).
Politecnico di Milano Dip. Energia	Nel 2020, il Dipartimento Energia del Politecnico di Milano, nell'ambito della tematica dell'ibridizzazione del CSP con il fotovoltaico, ha iniziato lo "sviluppo di modelli per la simulazione d'impianti CSP/PV" nell'ambito della Linea di Attività LA1.40. In particolare, nel 2° semestre del 2020 sono stati sviluppati in ambiente Thermoflex i modelli dei cicli a vapore da 50 MW da accoppiare con collettori ad olio diatermico e a sali fusi, da 5 MW da accoppiare con collettori a Sali fusi e del ciclo ORC da 1 MW. Ciascun modello ha permesso di stimare l'efficienza del blocco di potenza in condizioni di progetto ed il suo costo di investimento. Per i casi con ciclo a vapore è stata inoltre studiata la variazione del rendimento e dei costi di investimento in funzione della taglia per il caso da 5 MW (nel range 2-10 MW) e per i casi da 50 MW (nel range 20-100 MW). I modelli sviluppati sono stati quindi utilizzati per produrre mappe di funzionamento in condizioni di "fuori progetto" al variare i) della portata di fluido termovettore alimentato al blocco di potenza e ii) della temperatura ambiente; per ciascuna condizione operativa la velocità dei ventilatori del condensatore è stata ottimizzata per massimizzare la potenza netta prodotta dal blocco di potenza. Per i cicli a vapore accoppiati con campi specchi a sali fusi sono state investigate diverse strategie da adottare a carico ridotto per evitare temperature di pelle dei sali nell'economizzatore al di sotto dei valori di sicurezza. Per ogni tipologia di collettore solare (lineare-parabolico, Fresnel FRENEL e Fresnel ELIANTO) sono state identificate le prestazioni ottiche al variare degli angoli di incidenza e sono state stimate le perdite termiche tramite l'utilizzo di modelli resistivi o sulla base di dati disponibili nella letteratura scientifica. Per il collettore FRENEL è stato inoltre studiato l'effetto della lunghezza del singolo loop sul funzionamento del collettore a basse radiazioni.