

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: 1.2 Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e
relative interfacce con le reti

Durata: 36 mesi

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

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il progetto è organizzato in tre diversi WP (**WP1 Accumulo Elettrochimico, WP2 Accumulo Termico, WP3 Power to Gas**), ognuno dei quali è focalizzato su una tecnologia specifica di accumulo energetico.

WP1

Il lavoro sperimentale su materiali per batterie litio ione innovative ha riguardato la preparazione di materiali per elettrodi e separatori. Per ciò che riguarda i materiali catodici "Li-rich" questi si sono ottenuti attraverso sintesi sol-gel e self-combustion reaction. I materiali preparati sono stati caratterizzati attraverso diffrazione di raggi X e microscopia elettronica a scansione. L'attività sui materiali anodici è proseguita con lo sviluppo di elettrodi di carbon paper o nano-strutturati su quali è stato depositato silicio come materiale attivo. Sono stati inoltre sintetizzati campioni a base di MgH_2 che hanno evidenziate criticità soprattutto per quanto riguarda la ciclazione. Sono state preparate e testate in batteria membrane polimeriche a base di poliacrilonitrile (PAN) e policaprolattone (PCL) ottenute variando i tempi di deposizione e il rapporto tra i polimeri PAN/PCL.

Lo studio sulle batterie post litio ione ha riguardato batterie sodio-ione (Na-ione) e litio/zolfo (LiS). Si è proceduto all'ottimizzazione della sintesi del materiale catodico di stechiometria $Na_{0.84}Li_{0.1}Mi_{0.27}Mn_{0.63}O_2$ applicando poi tale procedura alla sintesi di altri materiali con diversa stechiometria. È stata effettuata la caratterizzazione chimico-fisica di formulazioni elettrolitiche, a conduzione per ioni sodio, ottenute a partire dai liquidi ionici. Sono state descritte le operazioni unitarie e le attrezzature manuali o semiautomatiche necessarie per realizzare elettrodi per batterie litio-zolfo. Utilizzando queste informazioni è stato disegnato il modulo base che costituirà la batteria finale.

L'attività di manufacturing ha visto la realizzazione di inchiostri per la stampa rotocalco, la preparazione di elettrodi utilizzando acqua come fluido di processo e la sintesi massiva di materiale elettrodo. Sono stati determinati i parametri di stampa anche tramite sovrapposizioni di più strati ed effettuati i test elettrochimici. È stata ottimizzata la procedura di realizzazione degli anodi di grafite sperimentando vari spessori e formulazioni. In parallelo, la formulazione del nastro catodico a base di $LiFePO_4$ è stata ulteriormente migliorata ottenendo manufatti di maggiore stabilità meccanica e riproducibilità rispetto a valori dell'anno precedente. È stato sviluppato un processo di produzione massiva del $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ ottimizzando condizioni e parametri di sintesi. Per quanto riguarda la sintesi di un secondo materiale elettrodo, è stato selezionato un materiale di formula $Na_{1+x}Mn_yNi_{(1-x-y)}O_2$ cercando di individuare i parametri di processo necessari per il successivo scale up.

Per quanto riguarda la realizzazione del modulo di seconda vita, sono state definite le caratteristiche geometriche del modulo, quelle delle connessioni di potenza e di segnale delle celle e quelle di montaggio delle ventole di raffreddamento. Si è provveduto a misurare la capacità effettiva delle celle e l'omogeneità delle caratteristiche; successivamente sono state prelevate sedici celle da un modulo e spedite all'Università di Pisa per utilizzarle nella realizzazione e nel testing del BMS.

Infine, nel corso del secondo anno di progetto, sono state condotte le consuete attività di monitoraggio e partecipazione alle reti internazionali su batterie e accumulo di energia, come IEA-ES e EERA-JP-ES. A settembre si è ufficializzata la partecipazione di ENEA entro l'iniziativa BATTERY2030+, con l'avvio del progetto Battery2030PLUS di cui ENEA è partner.

Per quanto attiene alle attività dei partner Universitari, il lavoro sperimentale su materiali per batterie litio ione innovative ha riguardato l'extra-litiazione del materiale catodico di formula $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$. Tutti i materiali sintetizzati sono stati caratterizzati da un punto di vista morfologico, strutturale ed elettrochimico. Sono state indagate varie formulazioni elettrodiche per la realizzazione di batterie litio ione ad elevato potenziale a base di NMO utilizzando sospensioni acquose e leganti naturali quali il pullulano ed additivi carboniosi derivati da scarti agricoli (lignina). Sono stati preparati due elettroliti innovativi ottenuti dalla combinazione della soluzione commerciale LP71 con due liquidi ionici. Come materiale anodico è stata studiata la funzionalizzazione dei substrati di CP con rame o stagno pretrattati con due differenti tecniche: i) Baking process e ii) Plasma treatment e sono stati effettuati test elettrochimici che hanno mostrato delle capacità più elevate nel caso dei campioni catalizzati con Sn rispetto a quelli di Cu. È stato sintetizzato un hard carbon preparato a partire da tutoli di mais tramite un metodo di sintesi che non prevede l'impiego di acidi o basi come agenti attivanti. Questo materiale è stato a sua volta utilizzato come matrice di contenimento nella preparazione di anodi compositi a base di SnO_2 e Si. Per quanto riguarda le batterie sodio-ione, sono stati condotti studi fondamentali utilizzando metodi *ab initio* DFT+U-(D3BJ) sull'ossido di formula $\text{Na}_x\text{Mn}_{0.68}\text{Ni}_{0.25}\text{O}_2$. Sono stati determinati i fattori che incidono sull'attivazione della chimica redox dell'ossigeno e che possono contribuire alla desiderata reversibilità del processo. Tramite simulazioni *ab-initio* computazionali delle proprietà geometriche ed elettroniche di catodi al sodio sono state valutate varie caratteristiche del materiale, tra cui le energie di formazione e delle tensioni di intercalazione e l'effetto del drogaggio con metalli di transizione. Sono stati selezionati degli hard carbon che hanno mostrato prestazioni e stabilità migliori come materiali attivi anodici in celle Na-ione. Sono stati testati due materiali: i) un composito SnO_2/C ; ii) un composito a base di $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{rGO}$. È stato completato lo studio dei fenomeni di inserzione degli ioni alcalini nei materiali anodici a base di diossido di titanio ed è stato selezionato l'ossido misto di Zn e Mn (i.e., ZnMn_2O_4). Per quanto concerne gli elettroliti per batterie Na-ione si è proceduto all'ottimizzazione dei sistemi fotoreticolati tramite aggiunta di additivi vari, sia di tipo solido ceramico che di plasticizzanti, per aumentare le prestazioni in termini di conducibilità, stabilità all'interfaccia in particolare con anodi a base silicio che catodi ad alto voltaggio. Sono state preparate soluzioni elettrolitiche a diverse concentrazioni di elettrolita e, dopo le preliminari misure di conducibilità, ne sono state selezionate tre. La ricerca ha evidenziato che tutti e tre questi sistemi possono essere utilizzati in celle sodio ione. Per quanto riguarda le batterie al litio metallico sono stati condotti studi sulla protezione del litio e sulla realizzazione di batterie LiS e Li-aria. Sono stati effettuati diversi trattamenti di protezione del litio *ex situ* tramite: i) deposizione di polidimetilsilossano (PDMS); ii) azoto gassoso; iii) la deposizione film artificiali (a-SEI) a base di polietilen-ossido. Lo studio sulle batterie Li-aria ha riguardato la sintesi di elettrocatalizzatori per il catodo, a base di diossido di stagno (SnO_2), supportato su carbon black. Per quanto riguarda la realizzazione del modulo di seconda vita le attività hanno riguardato il dimensionamento del sistema di accumulo stazionario accoppiato ad una stazione di ricarica per veicoli elettrici e la realizzazione del battery Management System (BSM). Le attività di progettazione del sistema di accumulo sono state condotte con la modellazione della domanda energetica dei veicoli elettrici e con la definizione di una logica di controllo per eseguire i processi di ricarica ed è stato effettuato un primo dimensionamento del sistema di accumulo considerando le specifiche di batterie second life e le caratteristiche della. Dal lato BSM sono stati individuati i criteri generali di progettazione che dovrà essere in grado di valutare, oltre alla misura delle principali grandezze (tensione di batteria e di cella, misura di corrente e misura di qualche punto di temperatura), anche ulteriori grandezze (per esempio, pressione interna al contenitore, e rivelazione di venting).

WP2

Nell'ambito dell'accumulo termico con moduli cementizi, ENEA (ha caratterizzato i provini in calcestruzzo nella miscela ottimizzata e in quella contenente materiale a cambiamento di fase e diatomite (PCM+DIA2), 30 per ogni miscela, mediante degassaggio in camera climatica e riscaldamento in forno a temperatura controllata (200, 300 e 400 °C). Inoltre, sono stati realizzati e strumentati 6 provini con tubo immerso: 2 per ogni miscela ed è stato sviluppato un modello semplificato del materiale in calcestruzzo con un PCM micro

incapsulato, cls-mEPCM, per prevedere le proprietà termiche equivalenti di vari mix-design. In aggiunta, è stata sviluppata la progettazione di moduli ottimizzati di accumulo termico in calcestruzzo contenente PCM di dimensioni 200x200x3000 ed è stato aggiornato l'impianto Solteca3 con l'integrazione di nuovi componenti in sostituzione di alcuni obsoleti, in particolare la pompa a trascinamento magnetico ed il serbatoio di accumulo dell'olio diatermico. UniPG ha sintetizzato i mezzi porosi caricati con i sali, con i metodi Liquid Assisted Compounding+T Drying e Liquid Assisted Compounding + Vacuum Drying e nelle seguenti quantità: DIA2 20% wt. + EKNa 80% wt, cioè diatomite e sale eutettico di nitrato di sodio e di potassio; DIA2 15% wt. + EKNa 85% wt; A55 20% wt. + EKNa 80% wt, cioè sepiolite e sale eutettico precedentemente menzionato. Successivamente detti materiali sono stati caratterizzati per verificarne le temperature caratteristiche e entalpie di trasformazione (in DSC), nonché l'assorbimento dei sali e il grado di riempimento, valutandone anche il calore latente di fusione. UNIPD ha completato le attività di: i) calibrazione delle leggi costitutive per la simulazione fisico-meccanica; ii) realizzazione dei modelli numerici tridimensionali per la valutazione termo-meccanica dei moduli durante i cicli di carico e scarico termico, includendo il confronto numerico sperimentale per validare i modelli; iii) ricostruzione in meso-scala dei moduli di accumulo per la valutazione di problematiche di "fatica termica" dei moduli.

Nell'ambito dell'accumulo a calore latente ENEA ha studiato le prestazioni e i costi di un nuovo sistema di accumulo termico a calore latente, denominato ENEA-TES-LH02, evoluzione di quello sviluppato in precedenza. Una iniziale analisi tecnico-economica del dispositivo è stata utilizzata per ottimizzare i principali parametri progettuali sia degli elementi base che del modulo di accumulo da essi costituito. In particolare, è stata ottimizzata la configurazione per la tubazione di scambio termico, il rapporto tra diametro di influenza del tubo o l'altezza dei tubi verticali rispetto al diametro esterno della tubazione, il numero e la disposizione degli elementi base in un modulo di accumulo. Successivamente, è stata effettuata una serie di analisi numeriche FEM per verificarne le prestazioni e giungere alla progettazione del modulo da realizzare. PoliBA ha realizzato un modello CFD per la simulazione del comportamento di un accumulo termico modulare a cambiamento di fase. L'analisi è stata condotta attraverso l'utilizzo del software di calcolo Ansys Fluent per la risoluzione delle equazioni di governo alla base dei fenomeni fisici coinvolti nel processo. Lo strumento software è stato validato attraverso confronti con dati sperimentali, valutando gli effetti dei principali parametri del modello sui fenomeni di trasporto. In particolare, sono stati valutati gli effetti dei parametri geometrici sulle performance del sistema evidenziando come gli effetti convettivi siano importanti nella stima dei tempi di carica del sistema. I risultati numerici hanno consentito una descrizione di dettaglio delle distribuzioni spaziali e temporali delle quantità fisiche principali legate al fenomeno, quali la componente assiale e radiale della velocità all'interno del PCM, la temperatura e la frazione di liquido. Il fenomeno ha anche evidenziato una disparità di comportamento del sistema in fase di carica e scarica. L'analisi, oltre a supportare le evidenze sperimentali, ha fornito una descrizione molto dettagliata del fenomeno, propedeutica allo sviluppo successivo di modelli predittivi legati alla fisica del problema, e/o all'ottimizzazione dello stesso in base alle specifiche applicative. Al fine di valutare l'accuratezza del modello semplificato si è partiti da un modello completo di risoluzione multidimensionale sia del fluido termovettore che del materiale di accumulo a cambiamento di fase da utilizzare come benchmark per lo sviluppo di metodologie semplificate della soluzione del fluido termovettore. Il fluido termovettore è stato quindi semplificato utilizzando sia un approccio monodimensionale, sia un approccio zero dimensionale e sono stati quindi confrontati i risultati con il benchmark. UNIBA ha elaborato un'analisi preliminare di mercato per l'applicazione dei sistemi di accumulo a calore latente sviluppati in ambito industriale ed agro-alimentare. Il loro utilizzo è particolarmente indicato ove vi siano necessità di accumulare, con alta densità energetica (quindi con spazio e peso ridotti), energia termica o frigorifera da riutilizzare in processi che richiedano stabilità nella temperatura a cui avviene il trasferimento di energia. Nel presente studio si è analizzato il settore manifatturiero italiano e in particolare l'uso di energia termica di processo e la cogenerazione, che determinano notevoli dissipazioni di calore; sono stati utilizzati sia dati statistici generali (imprese, fatturato, consumi energetici), sia studi specifici sui singoli macrosettori (spesa per l'energia, processi che necessitano di energia termica, temperatura di utilizzo del calore), sia infine i risultati dall'analisi di casi particolari (recupero di calore di processo e da cogenerazione in stabilimenti alimentari e chimici). Si è quindi individuata la probabile suddivisione dei consumi termici dei settori manifatturieri fra i diversi livelli di temperatura e si è identificato, per ciascun settore, un potenziale teorico di calore di processo recuperabile. Nell'ambito dell'accumulo termochimico ENEA ha proceduto alla definizione e all'acquisto dei componenti e della

strumentazione del circuito di prova (flussimetri, reattore, tubazioni, raccorderia, misuratori di pressione e di portata, termocoppie, schede di acquisizione) dedicato alla caratterizzazione dei sistemi termochimici di interesse in condizioni operative reali di temperatura e pressione. In particolare, ENEA ha progettato e acquistato un modulo in Inconel adibito alla caratterizzazione dei fenomeni cinetici e di trasporto dei sistemi reattivi a letto fisso, accessoriato con misuratori di pressione e temperatura e dispositivo di riscaldamento. Per ritardi dovuti alla situazione pandemica, il reattore non è giunto nei tempi previsti. Pertanto, allo scopo di fornire dati sperimentali a pressione variabile da utilizzare nello sviluppo di modelli cinetici ad hoc per il carbonato di calcio supportato su Mayenite, sono stati effettuati test di carbonatazione in TGA a pressione di CO₂, a completamento della campagna sperimentale condotta nel 2019 (LA2.3). Nell'ambito della LA2.10, UNIRM1 ha sviluppato e validato modelli numerici descrittivi del sistema CaO/Mayenite, basati sulla cinetica intrinseca di reazione, sul trasporto di calore all'interno della particella reagente solida e su possibili meccanismi di sinterizzazione del supporto inerte. Tali modelli sono basati sia sui dati sperimentali termogravimetrici a pressione atmosferica raccolti da ENEA nell'ambito della LA2.3, sia sui dati a pressione di CO₂ variabile raccolti nell'ambito della LA2.10, e hanno consentito di studiare le dinamiche di carica e scarica termica di un sistema reattivo del tipo a letto fisso, individuandone le prestazioni al variare dei principali parametri operativi. Come diffusione dei risultati sono state svolte, da parte di ENEA, le seguenti attività: pubblicazione di 1 articolo su rivista internazionale *Energies* in open access; preparazione di 2 articoli da sottoporre a rivista internazionale; partecipazione ad 1 Congresso internazionale Solar Paces 2020 con 1 poster ed una presentazione orale; preparazione di 3 contributi per il Congresso internazionale Enerstock 2021 (1 poster con short presentation e 2 oral presentation); partecipazione a 1 webinar dell'IEA e a 2 ExCO meeting dell'IEA Energy Storage TCP; partecipazione al webinar " Sfide tecnologiche per una decarbonizzazione profonda in Italia" con presentazione orale del contributo "Accumulo energetico : sviluppi recenti e sfide future"; Lezione alla Facoltà di Ingegneria dell'Università La Sapienza di Roma, introducendo le tematiche dell'accumulo termico; periodiche riunioni on-line e, quando possibile, dal vivo con co-beneficiari per rendere coerente ed omogenea l'attività preventivata.

WP3

Le tematiche trattate si riferiscono alle tecnologie Power-to-Gas/Liquid (P2G/L), all'integrazione di tali tecnologie con sistemi di generazione elettrica innovativi e alla produzione di idrogeno rinnovabile.

Relativamente alle tecnologie P2G/L, è stata finalizzata la definizione dell'impianto prototipale P2G che si realizzerà in ENEA: sarà composto da una sezione di produzione dell'idrogeno composta da un elettrolizzatore della tipologia alcalina di taglia 22 kWe e da una sezione di metanazione da 1 Nm³/h di metano prodotto. Sono state effettuate le analisi di processo e lo sviluppo di strategie di controllo per sistemi di metanazione catalitica in dinamico, sono state completate le attività di preparazione, caratterizzazione e test sperimentale di sistemi catalitici ad elevata attività, promettenti per il processo di metanazione della CO₂. Con riferimento alla bio-metanazione in -situ nella configurazione CSTR adottata, i risultati ottenuti hanno consentito di evidenziare i parametri operativi fondamentali per l'ottimizzazione del processo ottenendo un incremento della produzione di metano del 67%. È proseguito lo studio sulla disidratazione del metanolo con catalizzatori silicoalluminati mettendo in evidenza l'effetto della acidità del catalizzatore (MCM-41) sulle sue proprietà catalitiche.

Relativamente alle attività sulla fuel-flexibility, la rampa H₂ ed il relativo sistema di accumulo dell'impianto AGATUR con micro-turbina sono stati definiti nella progettazione ed i lavori sono stati affidati ad una ditta esterna, mentre per le attività sul bruciatore in scala da laboratorio ROMULUS è stata condotta una campagna di misura parametrica per definire i limiti di funzionamento del bruciatore al variare del tenore di idrogeno e del rapporto di equivalenza. Per quanto riguarda i cicli innovativi, sono state evidenziate alcune criticità sulle turbomacchine precedentemente definite nel layout preliminare e queste informazioni sono state utilizzate per una rimodulazione dei parametri termodinamici.

Relativamente alla produzione di idrogeno da fonte rinnovabile, nel secondo semestre 2020 si è assistito alla progressiva ripresa a regime delle attività, specialmente di tipo sperimentale, che avevano subito notevoli rallentamenti durante il primo semestre a causa delle restrizioni legate all'emergenza pandemica. Per quanto riguarda i processi di produzione di tipo elettrochimico, sono state ulteriormente perfezionate le tecniche di deposizione di catalizzatori a base di cobalto ed ossido di cobalto per la preparazione di anodi ed è stato portato avanti lo sviluppo di membrane per l'elettrolisi AEM; inoltre, sul fronte dell'elettrolisi a carbonati

fusi, sono state effettuate prove di lunga durata (1000 h) per evidenziare meccanismi di degrado dei materiali e componenti, oltre a predisporre una campagna sperimentale per la caratterizzazione elettrochimica di materiali in ambienti umidi di carbonati fusi, a media temperatura (intorno a 500 °C).

Per quanto riguarda i processi termochimici si è proseguito con la caratterizzazione sperimentale dei parametri termodinamici delle principali reazioni coinvolte nei cicli della famiglia dello zolfo considerati; inoltre, è stata avviata la progettazione di un reattore a membrana da laboratorio per lo studio della conversione termocatalitica del biogas.

Con riferimento alle attività di disseminazione la pandemia ha drasticamente ridotto la partecipazione ad eventi e conferenze internazionali, ma è aumentato in modo considerevole il numero di iniziative virtuali (webinar e workshop tematici). Ad esempio, la European Turbine Network (ETN) ha organizzato una serie di webinar sulla flessibilità delle turbine a gas, affrontando problemi pratici legati all'uso di combustibili con maggior contenuto di idrogeno, e presentando alcune proposte progettuali sul tema che hanno ottenuto finanziamenti Europei.

Nell'ambito della collaborazione ENEA/SNAM, si sono tenute diverse riunioni organizzative e tecniche sui temi del Power-to-Gas e della fuel-flexibility nelle turbine a gas, che hanno visto anche il coinvolgimento di Baker-Hughes. L'esperienza accumulata negli anni in ambito Accordi di Programma sullo sviluppo di cicli turbogas a CO2 supercritica ha portato all'ottenimento di un finanziamento Europeo in ambito H2020 su Waste Heat Recovery: il kick-off del progetto è previsto il 14-15 giugno 2021.

ATTIVITA' SVOLTE	
AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO
ENEA	<p>WP1</p> <p>LA1.14: Le attività su catodi "Li-rich" hanno sono continuate con la caratterizzazione di materiali a ridotto contenuto di cobalto e del nichel. I materiali sono stati caratterizzati attraverso diffrazione di raggi X, microscopia elettronica e ciclazioni galvanostatiche.</p> <p>LA1.15: L'attività sulla funzionalizzazione di grafene e nanopareti di ha visto la preparazione e caratterizzazione di diverse tipologie di materiale grafiteo da utilizzare come supporto per la realizzazione di anodi compositi. Le strutture grafitee sono state ottenute cresciute su substrati in schiuma di nichel.</p> <p>LA1.16: Le attività di sviluppo di catodi a struttura lamellare per batterie al sodio hanno visto la sintesi di materiali a diversa stechiometria. È stata valutata la reattività dei materiali con l'umidità atmosferica, con il crogiolo di allumina, l'effetto dell'aggiunta del 5% di Na e Li alla stechiometria del materiale e l'influenza della temperatura di calcinazione sulle proprietà del materiale.</p> <p>LA1.17: La crescita di anodi costituiti da nanofili di Si su substrati di carbon paper è proseguita predisponendo una linea di C₂H₂ in ingresso alla camera di crescita CVD per permettere la loro copertura con carbonio amorfo. È iniziata l'attività di ottimizzazione dei parametri di crescita per la deposizione di film di C sugli anodi nanostrutturati e sono stati condotti studi sulla crescita di nanofili di Si su diversi substrati di rame.</p> <p>LA1.18: L'attività sugli idruri metallici come materiale anodico si è focalizzata sulla comacinazione dell'idruro con il conduttore elettronico, carbon black del tipo Super P, o la macinazione dell'idruro e la successiva miscelazione con il conduttore elettronico. I materiali e i corrispondenti anodi sono stati poi caratterizzati mediante microscopia</p>

elettronica a scansione, diffrazione di raggi X, misure di area superficiale, termogravimetria e misure elettrochimiche.

LA1.19: La caratterizzazione elettrochimica di batterie con membrana polimerica ha visto la preparazione di membrane a base di poliacrilonitrile (PAN) e policaprolattone (PCL) ottenute variando i tempi di deposizione ed il rapporto tra i polimeri PAN/PCL. Le membrane sono state testate come separatori per batterie al litio metallico al fine di valutarne le proprietà di trasporto ionico e la stabilità sia dal punto di vista meccanico che dal punto di vista elettrochimico.

LA1.20: Le attività sulle soluzioni elettrolitiche a base di liquidi ionici per batterie sodio-ione hanno visto la caratterizzazione chimico-fisica di formulazioni elettrolitiche ottenute a partire dai liquidi ionici sviluppati in precedenza. Gli elettroliti, costituiti da liquido ionico e sale NaTFSI sono stati investigate in termini di: i) proprietà di ignizione (test di infiammabilità); ii) proprietà di trasporto ionico (conducibilità in funzione della temperatura e confronto con quella dei liquidi ionici puri); iii) stabilità termica (mediante misure termogravimetriche isoterme e confronto con i liquidi ionici puri).

LA1.21: I processi di stampa e per la produzione di strati elettrodi sono proseguiti con la realizzazione di inchiostri per la produzione di nastri anodici. È stata utilizzata acqua come solvente e, per migliorare la bagnabilità, isopropanolo come cosolvente. Per favorire la stampa del foglio di rame, usato come substrato, è stato utilizzato il trattamento corona di cui sono stati individuati i parametri ottimali.

LA1.22: La preparazione e caratterizzazione elettrochimica di celle litio-zolfo è proseguita con la individuazione delle operazioni unitarie e delle attrezzature necessarie per realizzare elettrodi per batterie litio-zolfo. Sono state preparate le stese elettrodiche che sono state poi caratterizzati da un punto di vista morfologico ed elettrochimico. Utilizzando le informazioni ottenute da quest'ultima caratterizzazione è stato disegnato il modulo base che costituirà la batteria finale.

LA1.23: Lo scale-up dei metodi di sintesi ha portato allo sviluppo un processo di produzione massiva del materiale di formula $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ che ha trovato limitazione solo dalla capienza dei forni disponibili in laboratorio. Si stanno valutando alternative per aggirare questa limitazione. Per quanto riguarda il trattamento termico sono stati ottimizzate condizioni e parametri di sintesi. Per quanto riguarda la sintesi del secondo candidato si è pensato di spostare l'attenzione dal materiale a base litio ad un materiale analogo a base sodio al fine di ottenere una certa quantità di materiale tale da realizzare una batteria sodio ione.

LA1.24: L'ottimizzazione della realizzazione di batterie litio-ione ha visto la messa a punto della procedura di realizzazione degli anodi di grafite sperimentando vari spessori e formulazioni. Parallelamente la formulazione del nastro catodico a base di LiFePO_4 è stata ulteriormente migliorata ottenendo manufatti di maggiore stabilità meccanica e riproducibilità rispetto a quelle dell'anno precedente. L'attività è proseguita con la realizzazione di pouch cell LiFePO_4 /grafite con elettrodi delle dimensioni di circa 26 cm^2 .

LA1.25: Per la progettazione di un modulo batteria per applicazioni second life è stata misurata la capacità effettiva e l'omogeneità delle caratteristiche delle celle EIG da 20 Ah che serviranno per la realizzazione del modulo. Per ogni gruppo di quattro celle poste in parallelo è stato effettuato a un test di carica e scarica standard verificando che la capacità residua fosse praticamente identica per ogni cella e pari al 90% di quella nominale. Sedici celle sono state prelevate da una batteria e spedite all'Università di

Pisa per essere utilizzate nella realizzazione e nel testing del BMS. È stato infine progettato il modulo che ospiterà le celle e che sarà realizzato utilizzando componenti standard reperibili sul mercato.

LA1.26: Sono state condotte le consuete attività di monitoraggio e partecipazione alle reti interazionali su batterie e accumulo di energia. All'interno di ETIP Batteries Europe, ENEA ha partecipato alla pubblicazione e revisione di documenti tecnici pubblici o ad uso della commissione europea, come il documento con i suggerimenti per argomenti di ricerca e innovazione su cui investire, o la Strategic Research Agenda o il position paper su argomenti specifici come la Digitalizzazione delle Batterie. Sono state organizzate da ENEA le sessioni dedicate alla disseminazione delle attività della ricerca di sistema all'interno del congresso "Nanoinnovation" di settembre 2020.

WP2

LA2.4: caratterizzazione dei provini in calcestruzzo nella miscela ottimizzata e in quella contenente PCM+DIA2 (30 per ogni miscela) mediante degassaggio in camera climatica e riscaldamento in forno a temperatura controllata (200, 300 e 400 °C);

- realizzazione di 6 provini strumentati con tubo immerso: 2 per ogni miscela ed è stato sviluppato un modello semplificato del materiale cls-mEPCM (calcestruzzo con materiale a cambiamento di fase micro incapsulato) per prevedere le proprietà termiche equivalenti di vari mix-design;

- progettazione di moduli ottimizzati di accumulo termico in calcestruzzo contenente PCM di dimensioni 200x200x3000;

- aggiornamento dell'impianto Solteca3 con l'integrazione di nuovi componenti in sostituzione di alcuni obsoleti, in particolare la pompa a trascinamento magnetico ed il serbatoio di accumulo dell'olio diatermico.

L'utilizzo del modello semplificato ha permesso di capire i limiti operativi attesi, da un punto di vista termico, per questo materiale e quali sono le proporzioni ottimali, quali ad esempio, un rapporto PCM/diatomite in peso tra l'80%-20% e l'85%-15% ed una percentuale in peso di mEPCM nella miscela superiore al 5% in peso, fatti salvi gli eventuali limiti di tipo meccanico.

La caratterizzazione delle tre miscele sviluppate (A, senza mEPCM; B, con il 5%wt di mEPCM; C, con il 10%wt di mEPCM) ha evidenziato come: i) il mix A sia un mix base con buone caratteristiche sia termiche che meccaniche; ii) il mix B abbia una migliore capacità termica ma inferiori proprietà di scambio e trasmissione del calore e di resistenza meccanica; iii) il mix C incrementi ancora la capacità termica mentre peggiora le altre caratteristiche legate alla conducibilità termica e alla resistenza meccanica. Per tutti i materiali sono generalmente identificabili tre diversi tipi di comportamento in funzione della temperatura di condizionamento: i) al di sotto dei 200°C, dove i pori del calcestruzzo e, ove presente, quelli del mEPCM presentano un buon contenuto di acqua libera che li riempie parzialmente; ii) tra i 200°C ed i 300°C, dove l'acqua libera è evaporata o continua ad evaporare, creando una serie di vuoti interni al materiale; iii) al di sopra dei 300°C, dove inizia ad essere estratta anche parte dell'acqua legata, riducendo la presa tra cemento ed aggregati e deteriorando il materiale. Tali materiali sono stati anche messi a confronto con analoghi materiali realizzati in anni precedenti rivelando di essere dotati di migliori caratteristiche sia per quanto concerne lo scambio e la trasmissione del calore sia la resistenza meccanica.

LA2.7: Attraverso una prima analisi tecnico-economica del dispositivo si sono ottimizzati i principali parametri progettuali sia dell'elemento base che, successivamente, del modulo di accumulo costituito da questi. In particolare si è verificato che un elemento basato su una configurazione 4x4 per singola tubazione di scambio con un rapporto tra diametro di influenza del tubo o altezza dei tubi verticali rispetto il diametro esterno della

tubazione pari, rispettivamente, a 4 e 30 garantisce sia delle buone prestazioni termiche che un basso costo. Inoltre, un modulo dovrà essere costituito da una serie di elementi base, connessi in serie e parallelo, superiore a 10 con una capacità termica superiore ai 100 kWh ed un costo specifico valutabile in circa 27 Euro/kWh.

-Con l'ausilio di una serie di analisi numeriche FEM del dispositivo così dimensionato, si è verificato che in fase di carico si hanno delle buone prestazioni termiche, caratterizzate da un tempo di carico di 5 ore ed un fattore di carico del 95%. Al contrario, durante lo scarico, le prestazioni risultano essere, a causa di uno scambio puramente conduttivo, più basse: dopo circa 5 ore l'energia recuperata è solo il 76% della sua capacità termica.

- Per incrementare l'efficienza del dispositivo e, quindi, la potenza media fornita (<2kW) si può ricorrere all'adozione di sistemi addizionali di promozione della conducibilità quali, ad esempio, l'alettatura longitudinale, da inserire nei tratti verticali della serpentina.

LA2.10: acquisto dei componenti e della strumentazione del circuito (flussimetri, reattore, tubazioni, raccorderia, misuratori di pressione e di portata, termocoppie, schede di acquisizione) circuito di prova (apparecchiature e strumentazione) dedicato alla caratterizzazione dei sistemi termochimici di interesse in condizioni operative reali di temperatura e pressione, comprensivo del modulo in Inconel all'interno del quale alloggiare il materiale reattivo (Reattore a letto fisso).

- test di carbonatazione a pressione di CO₂ variabili in TGA sul carbonato di calcio supportato su Mayenite.

LA2.20: pubblicazione di 1 articolo su rivista internazionale Energies in open access;

- partecipazione ad 1 Congresso internazionale Solar Paces 2020 con 1 poster ed una presentazione orale;

- preparazione di 3 contributi per il Congresso internazionale Enerstock 2021 (1 poster con short presentation e 2 oral presentation);

- preparazione di due articoli da sottoporre a rivista internazionale con impact factor;

- partecipazione a 1 webinar dell'IEA;

- partecipazione come delegato italiano a 1 ExCO meeting dell'IEA Energy Storage TCP;

- partecipazione al webinar "Sfide tecnologiche per una decarbonizzazione profonda in Italia" con presentazione orale del contributo "Accumulo energetico: sviluppi recenti e sfide future"

- Lezione alla Facoltà di Ingegneria dell'Università La Sapienza di Roma, introducendo le tematiche dell'accumulo termico.

- Periodiche riunioni on-line e, quando possibile, dal vivo con co-beneficiari per rendere coerente ed omogenea l'attività preventivata

WP3

LA3.2 (Power-To-Gas/Liquid): analisi Tecnico-Ambientale e Confronto con Altre Tecnologie di Accumulo. A valle della definizione delle configurazioni di impianti Power-to-Gas più idonee nel contesto italiano, condotta nell'annualità precedente, è stata sviluppata un'analisi di sistema che ha portato all'individuazione di tre possibili utilizzi finali, uno nel settore della mobilità, uno in quello dell'industria "hard-to-abate", ed il terzo relativo al Power-to-Methane. Per il settore della mobilità, è stata considerata una stazione di rifornimento veicoli di taglia 100-200 kg_{H₂}/giorno. Per il secondo settore, dove l'elettrificazione diretta è di difficile attuazione, si sono considerati processi dove è necessario fornire calore ad alta temperatura, andando a valutare per forni e/o caldaie industriali i benefici, in termini di emissioni di CO₂, di una parziale sostituzione dell'idrogeno in blending fino al 20% vol. con il gas naturale. La taglia come capacità termica analizzata è stata individuata nel range di 10-20 MWth. Relativamente all'applicazione Power To Methane si è analizzato l'accoppiamento con un impianto di upgrading del biogas a biometano, con iniezione in rete del metano prodotto. Considerando che la taglia media degli impianti di biogas in Italia è di circa 650 Nm³/h, la

CO₂ disponibile è stata stimata in circa 250 Nm³/h. Valutazioni sulla taglia dell'elettrolizzatore e sullo storage dell'idrogeno sono state eseguite valutando le ore di esercizio, ovvero il load-factor dell'impianto, in correlazione alla stima della disponibilità temporale di energia rinnovabile in determinate aree dell'Italia. Risultati delle configurazioni analizzate riportano rendimenti, emissioni evitate di CO₂ nella vita operativa e impronta a terra.

LA3.4 (Power-To-Gas/Liquid): progettazione, Studi Modellistici di Componenti, Avvio della Realizzazione di Un Prototipo Con Metanazione Catalitica e Elettrolizzatore. Sono stati analizzati i processi di produzione di metano da idrogeno elettrolitico la progettazione e la realizzazione di un prototipo per la sperimentazione. Si è svolta un'attività di studio della reazione di metanazione e delle tipologie di reattori, che ha consentito di individuare nel reattore a letto fisso multitubolare, sia adiabatico che refrigerato, la tipologia di reattore più idoneo per semplicità costruttiva, semplicità d'uso, bassi costi di realizzazione e buone performance di scambio termico. Si è svolto uno studio modellistico mediante l'utilizzo del codice di simulazione impiantistica Aspen Plus. Un iniziale studio termodinamico ha consentito di individuare i range di pressione e temperatura più idonei. Un successivo studio cinetico ha consentito di valutare l'incremento di temperatura lungo il letto reattivo per le due tipologie di catalizzatori Nichel e Rutenio, le rese in condizioni adiabatiche e isoterme e le rese nella configurazione con doppio letto catalitico. È stato definito il layout dell'impianto prototipale Power-to-Gas che si andrà a realizzare: sarà composto da una sezione di produzione dell'idrogeno composta da un elettrolizzatore della tipologia alcalina di taglia 22 kWe e da una sezione di metanazione da 1 Nm³/h di metano prodotto. Il prototipo opportunamente progettato e strumentato consentirà di testare le diverse configurazioni impiantistiche per indagare gli aspetti caratterizzanti il processo di metanazione nella sua applicazione Power To Gas, nelle diverse fasi di avviamento, shut-down, stand-by e idle. Possibili sinergie con altri processi, sono stati inoltre descritte.

LA3.10 (Power-to-Gas): metanazione biologica in-situ - sperimentazione su reattore CSTR. I risultati ottenuti hanno consentito di evidenziare i parametri operativi fondamentali per l'ottimizzazione del processo: HRT (Hydraulic Retention Time), velocità di ricircolo del biogas, OLR (Organic Loading Rate). È stato ottenuto un incremento della produzione di metano (L/LR * giorno) del 67% con una portata di idrogeno immesso di 1.47 L/LR * giorno, alla velocità di ricircolo gassoso di 6L/min e ad un HRT di 30 giorni. La concentrazione di metano nel biogas è aumentata dal 51% al 68%. Inoltre, il diverso valore di HRT utilizzato (30 giorni verso 15 giorni), ha determinato un cambiamento della comunità microbica metanogena idrogenotrofa mantenendo tuttavia, la predominanza delle comunità batteriche coinvolte nella digestione anaerobica del substrato (famiglia delle Anaerobaculaceae) e nel metabolismo sintrofico con i metanogeni (famiglia Anaerolineae).

LA3.13 (Power-To-Gas/Liquid): sviluppo e Test di Catalizzatori Innovativi per la Sintesi Diretta di DME, e Studio dei Loro Meccanismi di Disattivazione. Il secondo semestre 2020 è stato caratterizzato da una attività di revisione di alcuni dati raccolti precedentemente e dall'avvio della attività sperimentale sulla sintesi one through del DME da CO₂ e H₂. Sono stati rivisti i dati relativi alla disidratazione del metanolo mettendo in evidenza l'effetto della acidità del catalizzatore (MCM-41) sulle sue proprietà catalitiche e lo studio è stato implementato con nuove misure di TPD, TGA ed XRD. Di questi nuovi risultati sarà data evidenza nel rapporto annuale conclusivo. La sintesi diretta di DME da miscele gassose H₂/CO₂ è stata avviata nel reattore già utilizzato per la disidratazione del metanolo, implementato con linee gas interamente in acciaio. Questa condizione ci permette di lavorare a pressione massima di 20 bar.

LA3.25 (Integrazione P2G/Sistemi Generazione Elettrica Innovativi): Fuel-Flexibility – Realizzazione e Test Sezione H₂-AGATUR e Sperimentazione ROMULUS. Questa linea di attività prevede due obiettivi: 1: ulteriore sviluppo dell'impianto AGATUR, con la realizzazione di una linea H₂ per l'alimentazione della micro-turbina con miscela metano/idrogeno; 2: sperimentazione della combustione metano/idrogeno nel bruciatore ROMULUS in scala da laboratorio. Relativamente alle attività su AGATUR, la rampa H₂ ed il sistema di accumulo sono stati definiti nella progettazione ed i lavori sono stati affidati ad una ditta esterna. Il sistema di *storage* dell'H₂ ha una capacità di 160 m³ ed è costituito da un pacco bombole 4x4 più una bombola di *backup* per lo *shutdown* in sicurezza ad esaurimento accumulo. Il sistema di storage è gestito da una centrale di scambio semiautomatica dotata di componenti a sicurezza intrinseca. Il sistema alimentazione è dotato di due organi riduzione della pressione. La linea di alimentazione è dotata di due valvole di sezionamento a controllo remoto posizionate ai due estremi della tubazione; tra le due valvole di sezionamento c'è una linea di ventilazione in atmosfera, per garantire lo spurgo in zona sicura. Relativamente alle attività su ROMULUS, sono state condotte le previste attività sperimentali, in particolare è stata condotta una campagna di misura parametrica per definire i limiti di funzionamento del bruciatore al variare del tenore di idrogeno e del rapporto di equivalenza (limitandosi al range delle miscele magre). Nelle indagini sono stati utilizzati microfoni ed ODC per le analisi dinamiche, GAMES per l'analisi gas. È stata studiata la topologia del fronte di fiamma nei vari regimi di combustione mediante misura di fluorescenza indotta sul radicale OH. Sono state introdotte percentuali crescenti di idrogeno ed è stata indotta la modifica del fronte di fiamma provocando l'insorgere della instabilità termoacustica. Sono state eseguite analisi di tipo caotico e di filtraggio wavelet per caratterizzare in senso statistico i diversi regimi di funzionamento del bruciatore

LA3.31 (Integrazione P2G/sistemi generazione elettrica innovativi): cicli a sCO₂ ibridizzati con sistemi di accumulo – ottimizzazione del ciclo. Gli studi condotti dal Dipartimento Ingegneria dell'Università degli studi Roma Tre sulla progettazione preliminare dei turbo-gruppi a sCO₂ relativi alle sezioni di potenza e di accumulo del ciclo, hanno evidenziato alcune criticità sulle turbomacchine legate ai vincoli imposti dalla definizione preliminare del layout. Come previsto, le informazioni derivanti dall'attività di progettazione delle turbomacchine sono state utilizzate per una rimodulazione dei parametri termodinamici, con l'obiettivo di superare tutte le criticità emerse. L'esecuzione di questo secondo loop di calcolo ha consentito di ottenere un'ibridizzazione più spinta del ciclo, mediante una diversa integrazione funzionale delle turbomacchine nel layout. Nello specifico, mantenendo invariato il numero di turbomacchine elementari, le pressioni e le temperature estreme del ciclo, sono state modificate le condizioni operative di ciascuna turbomacchina, con particolare riferimento all'espansore di bassa pressione che non opera più nella zona umida. Fatte salve ulteriori modifiche di minore entità dettate dai limiti di funzionamento delle turbomacchine o da vincoli derivanti dall'architettura di accoppiamento delle stesse, si ritiene che la configurazione ottenuta sia in grado di superare le limitazioni emerse nell'impostazione preliminare. Come nell'annualità precedente, le sessioni di calcolo sono state eseguite utilizzando i codici ChemCAD e RefPROP.

LA3.44 (Preparazione di substrati rivestiti di catalizzatore per elettrolizzatori con membrana a scambio anionico)

L'attività svolta nel secondo semestre 2020 è stata indirizzata alla preparazione di substrati in acciaio rivestiti con catalizzatori a base di cobalto ed ossido di cobalto. E' stata ulteriormente messa a punto la preparativa basata sulla deposizione per elettroforesi quale alternativa all'elettrodeposizione classica già testata nel primo semestre. Sono state messe a punto le variabili del processo edp per consentire la formazione di depositi

omogenei e stabili di ossido di cobalto. Una estesa analisi chimico fisica dei depositi è stata eseguita e i materiali ottenuti sono stati successivamente caratterizzati elettrochimicamente quali anodi per elettrolizzatori alcalini. Sono stati inoltre caratterizzate membrane anioniche prodotte dall'Università di Pisa nell'ambito della collaborazione dello stesso AdP.

LA3.45 (Analisi della stabilità e resistenza alla corrosione di materiali e componenti per elettrolizzatori a carbonati fusi)

Durante il secondo semestre è stato effettuato un test di 1000 h su una cella a carbonati fusi di superficie attiva 81 cm². Lo studio della durata di vita e dei meccanismi di degrado di cella permette di poter comprendere quali sono le problematiche e di poter agire per migliorare questa tecnologia rendendola più efficienti e duratura nel tempo. Per il test è stata utilizzata una composizione che simula una condizione reale di utilizzo applicando alla cella diverse densità di corrente in modo da verificare le performance degli elettrolizzatori MCEC in diverse condizioni operative.

Nello specifico, le attività svolte in questo semestre sono dunque le seguenti:

- adattamento della stazione di prova per single-cell per un test di lunga durata in elettrolisi;
 - Test di lunga durata (i.e. 1000 ore) in modalità elettrolitica:
 - o Dopo lo *startup* la cella è stata tenuta sotto carico imponendo densità di correnti crescenti durante l'arco della sperimentazione.
 - o Ogni 100 ore la cella veniva riportata in OCV, per permettere di eseguire i test diagnostici e monitorare di conseguenza lo stato di avanzamento dei meccanismi di degrado.
 - o Il gas in uscita dal fuel electrode è stato periodicamente campionato e analizzato per verificare che la stabilità della reazione di elettrolisi nel tempo.
- Inoltre, per quanto riguarda gli studi sul processo di elettrolisi a media temperatura, sono state svolte le seguenti attività:
- Progettazione e realizzazione di un sistema di umidificazione per gas
 - Inizio campagna di prove sperimentali atte alla caratterizzazione elettrochimica di materiali in ambienti umidi di carbonati fusi, a bassa temperatura.
 - Analisi post-mortem di celle MCFC impiegate come elettrolizzatori

LA3.46 (Elaborazione del flowsheet del processo di produzione di idrogeno mediante cicli termochimici della famiglia dello zolfo con reagenti solidi)

E' stata proseguita l'attività svolta nel primo semestre. Sono state sperimentalmente investigate le reazioni presenti nel ciclo termochimico, in maniera da determinare i calori di reazione e le rese. In questo contesto, è stata effettuata una campagna di laboratorio sia mediante analisi termogravimetriche, sia sintetizzando e caratterizzando i composti coinvolti. In particolare, è stata studiata la sintesi e la cinetica di decomposizione dello stagno (IV) solfato.

Dati i ritardi dovuti all'emergenza pandemica, sono ancora in corso le prove riguardanti la decomposizione in fase gassosa dello stagno (IV) ioduro, che vengono effettuate in laboratorio utilizzando un reattore tipo plug-flow.

I dati ottenuti sono stati raccolti e ordinati in tabelle, e i valori mancanti sono stati calcolati utilizzando quanto già presente nella letteratura scientifica.

Nello specifico, sono state svolte le seguenti attività:

- Misurazione diretta o indiretta calori di reazione del processo termochimico
- Sintesi e caratterizzazione solfato Sn (IV)
- Cinetica decomposizione solfato Sn (IV)
- Prove decomposizione SnI₄ in fase gassosa (ancora in corso)
- Impostazione flowsheet processo

	<p>LA 3.47 (Progettazione di dettaglio di un reattore a membrana sperimentale per la produzione di idrogeno mediante conversione termocatalitica del biogas) Il modello monodimensionale semplificato del reformer a membrana sviluppato ed utilizzato per effettuare considerazioni preliminari nel corso della LA 3.43 è stato modificato e migliorato per tenere conto di diversi aspetti/fenomeni precedentemente trascurati. Nello specifico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispersione assiale del flusso del gas • Variabilità delle proprietà fisiche della miscela reagente • Utilizzo di un fluido di trasferimento per fornire il calore di processo <p>Inoltre, è stata avviata la simulazione 3D funzionale alla progettazione definitiva del reattore.</p> <p>LA 3.59 (Diffusione e condivisione dei risultati ottenuti nell'ambito delle linee di attività relative alla produzione di idrogeno da fonti rinnovabili) Le attività di disseminazione relative alla produzione di idrogeno da fonte rinnovabile sono state svolte principalmente attraverso la partecipazione a convegni e workshop, tra cui: "Nanoinnovation 2020", "Le prospettive dell'idrogeno in Italia", "SFERA-III/ACES2030 Joint Workshop on MST-Materials for Solar Thermochemistry", "ENEA-Australian National University" bilateral workshop</p> <p>...</p>
<p>UNIROMA1 WP1</p>	<p>LA1.53: La sintesi dei composti "Li-rich" è proseguita effettuando l'extra-litiazione del materiale catodico di formula $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$, condotto sia per via elettrochimica che per sintesi mecano-chimiche allo stato solido. Tutti i materiali sintetizzati sono stati poi caratterizzati da un punto di vista morfologico, strutturale ed elettrochimico. I test voltammetrici hanno permesso di distinguere i processi redox a carico delle singole specie metalliche e la loro reversibilità. Le ciclazioni galvanostatiche hanno mostrato la presenza di una capacità aggiuntiva stabile garantita dal processo della coppia $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$ sotto 3 V vs Li^+/Li.</p> <p>LA1.54: Lo studio della stabilità elettrochimica degli elettroliti a base di liquidi ionici è stato effettuato su due elettroliti innovativi ottenuti dalla combinazione della soluzione commerciale LP71 con due liquidi ionici salificati con anioni borato. Gli elettroliti sono stati studiati in celle con anodo di litio metallico e catodi ad elevata tensione di lavoro. Sono state effettuate misure di spettroscopia d'impedenza elettrochimica e di spettroscopia IR.</p> <p>LA1.57: Per quanto riguarda la sintesi e caratterizzazione elettrochimiche di strutture ibride silicio/carbonio è stata studiata la funzionalizzazione dei substrati di CP con nanoparticelle di rame mediante elettrodeposizione, riuscendo a ridurre la formazione di agglomerati di nanoparticelle di Cu e garantendo una deposizione uniforme ed omogenea. Per rendere idrofilica la superficie del substrato sono state utilizzate due differenti tecniche: i) Baking process a 500°C in ossigeno per 3h e ii) Plasma treatment (H_2, O_2) 2min.</p> <p>LA1.63: È stato effettuato lo studio dei processi di elettrodeposizione di litio metallico su substrati metallici (rame, rame-carbone, acciaio, acciaio modificato superficialmente, indicati con i codici Cu, Cu@C, SS, SS@LIPPS1) mediante tecniche galvanostatiche e microscopia elettronica a scansione (SEM). È stata analizzata la reversibilità del processo di elettrodeposizione tramite valutazione delle sovratensioni, studio delle morfologie degli elettrodepositi e della loro composizione atomica mediante spettroscopia di dispersione di raggi X.</p>

<p>UNINA WP1</p>	<p>LA1.55: Le simulazioni dell'inserzione del sodio ione sono state condotte in elettrodi potenzialmente validi sia come anodi (TiO_2 anatasio e MoS_2/grafene) che come catodi ($\text{Na}_{0.75}\text{Ni}_{0.25}\text{Mn}_{0.68}\text{O}_2$). L'indagine teorica condotta sui due materiali anodici ha evidenziato come la struttura chimica delle superfici esposte può avere un effetto sterico nell'intercalazione del sodio, che dà origine a barriere energetiche di migrazione. L'analisi teorica condotta sul materiale catodico ha rivelato che la chimica redox dell'ossigeno è attivata negli stati desodati del catodo, cioè ad elevati voltaggi, attraverso la formazione di specie metallo-ossigeno mediata da legami Ni-O più labili.</p>
<p>UNITOV WP1</p>	<p>LA1.56: La ricerca con simulazioni ab-initio computazionali delle proprietà geometriche ed elettroniche di catodi al sodio quali $\text{Na}_x\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{2/3}\text{O}_2$ è stata effettuata tramite la Teoria del Funzionale Densità oltre a determinare alcuni parametri fondamentali è stato anche calcolato l'effetto del drogaggio con metalli di transizione in modo da predire la possibile presenza di fenomeni che facilitano il trasferimento di ioni Na e di elettroni all'interno del materiale drogato.</p> <p>LA1.66: Le attività di progettazione del sistema di accumulo stazionario ha visto la caratterizzazione del carico elettrico giornaliero della stazione di ricarica in funzione del numero e tipologia di colonnine installate, e della logica di controllo. È stato effettuato un primo dimensionamento del sistema di accumulo considerando le specifiche di batterie second life e le caratteristiche della stazione in termini di potenza di input/output ed energia scambiata.</p>
<p>UNICAM WP1</p>	<p>LA1.58: Due degli hard carbon preparati lo scorso anno sono stati utilizzati come matrici di contenimento nella preparazione di anodi compositi a base di SnO_2 e Si. Per quanto riguarda le semicelle Li-ione, è stato valutato l'effetto della pressione applicata, della composizione, del binder e dell'elettrolita. Per quanto concerne le semicelle Na-ione, sono stati testati due compositi: i) un composito SnO_2/C ottimizzando l'elettrolita impiegato durante i test elettrochimici; ii) un composito a base di $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{rGO}$, che in test preliminari ha mostrato elevate prestazioni e della stabilità.</p>
<p>POLITO WP1</p>	<p>LA1.59: Sono stati completati gli studi dei fenomeni di inserzione degli ioni alcalini nei materiali anodici a base di diossido di titanio; sono stati valutati altri ossidi di metalli di transizione e, nello specifico, si è selezionato l'ossido misto di Zn e Mn (i.e., ZnMn_2O_4). Questo materiale è stato caratterizzato dal punto di vista chimico-fisico ed elettrochimico in celle a ioni di litio. Si è altresì proceduto con lo sviluppo dei materiali carboniosi (mesoporosi e nanostrutturati) sintetizzati anche a partire da varie fonti di scarto e se ne sono valutate le caratteristiche in celle su scala da laboratorio.</p> <p>LA1.60: Si è proceduto all'ottimizzazione dei sistemi fotoreticolati tramite aggiunta di additivi vari, sia di tipo solido ceramico che di plasticizzanti, per aumentare le prestazioni di celle con anodi a base silicio e catodi ad alto voltaggio; è stata ottimizzata la tecnica di fotopolimerizzazione in situ direttamente sugli elettrodi che ha permesso di migliorare notevolmente la compatibilità all'interfaccia e le prestazioni in cella.</p> <p>LA1.64: L'attività di ricerca sul processo di protezione del litio per il catodo delle celle litio-aria ha riguardato la sintesi e la caratterizzazione morfologica e strutturale di un catalizzatore a base di diossido di stagno supportato su carbon black commerciale. Sono state condotte analisi TGA, FESEM, EDS, TEM, XPS e XRD per caratterizzare la composizione e la microstruttura del catalizzatore ed analisi elettrochimiche tramite voltammetria ciclica e ciclagioni galvanostatiche.</p>
<p>UNIBO WP1</p>	<p>LA1.61: Le diverse soluzioni elettrolitiche acquose a diverse concentrazioni preparate nello scorso semestre sono state utilizzate per la realizzazione di celle utilizzando un catodo commerciale, $\text{Na}_{0.71}\text{CoO}_2$, e un anodo a base di carbone attivato. Le celle assemblate utilizzando i tre elettroliti selezionati sono state caratterizzate mediante</p>

	<p>voltammetria ciclica, cicli galvanostatici di carica/scarica e misure di spettroscopia di impedenza. Alcuni elettrodi sono stati inoltre analizzati post mortem mediante microscopia a scansione elettronica.</p> <p>LA1.62: La caratterizzazione dell'interfase Li/elettrolita ha visto la caratterizzazione elettrochimica di celle al litio simmetriche tramite cicli di deposizione/stripping condotti fino a 800 cicli. L'analisi dei campioni freschi e post mortem non è riuscita comunque ad evidenziare lo strato protettivo di Li_3N sulla superficie del litio, probabilmente poiché si tratta di uno strato veramente sottile.</p> <p>LA1.65: Sono state indagate varie formulazioni elettrodiche per la realizzazione di batterie litio ione ad elevato potenziale a base di NMO utilizzando sospensioni acquose e leganti naturali quali il pullulano ed additivi carboniosi derivati da scarti agricoli (lignina). Sono stati condotti test elettrochimici preliminariconfrontando i risultati con quelli ottenuti con elettrodi preparati con diversi leganti commerciali a base di PvDF.</p>
UNIFI WP1	<p>LA1.66: Lo studio delle caratteristiche dei BMS per sistemi di accumulo second life è proseguito completando l'analisi della letteratura relativa alle applicazioni con riuso di celle al litio e sono stati individuati i criteri generali da seguire per la progettazione del BMS. È emerso che il sistema, oltre alle comuni caratteristiche di misura delle principali grandezze (tensione di batteria e di cella, misura di corrente e misura di qualche punto di temperatura), abbia anche la possibilità di monitoraggio del comportamento termico della singola cella e di misurare la pressione interna al contenitore.</p>
UNIPG WP2	<p>LA2.5. Sintetizzazione dei mezzi porosi caricati con i sali, con i metodi Liquid Assisted Compounding+T Drying e Liquid Assisted Compounding + Vacuum Drying e nelle seguenti quantità: DIA2 20% wt. + EKNa 80% wt, cioè diatomite e sale eutettico; DIA2 15% wt. + EKNa 85% wt; A55 20% wt. + EKNa 80% wt, cioè sepiolite e sale eutettico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - caratterizzazione per verificare le temperature caratteristiche e le entalpie di trasformazione (in DSC), nonché l'assorbimento dei sali e il grado di riempimento, valutandone anche il calore di trasformazione. <p>Dalle analisi sia visive che condotte al DSC si è evidenziato come la capacità di assorbimento del PCM da parte della diatomite sia superiore a quanto ottenuto con la sepiolite. Inoltre, la capacità di assorbimento è limitata, per questioni fisiche, ad un rapporto PCM/diatomite pari a 80/20.</p>
UNIPD WP2	<p>LA2.6. Sono state completate le attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calibrazione delle leggi costitutive per la simulazione fisico-meccanica delle miscele impiegate per la realizzazione dei moduli di accumulo. - Realizzazione dei modelli numerici tridimensionali per la valutazione termo-meccanica dei moduli durante i cicli di carico e scarico termico. - Confronti numerico-sperimentali per validare i modelli realizzati. Ricostruzione in meso-scala dei moduli di accumulo per la valutazione di problematiche di "fatica termica" dei moduli.
POLIBA WP2	<p>LA2.8. Modello CFD per la simulazione del comportamento di un accumulo termico modulare a cambiamento di fase;</p> <ul style="list-style-type: none"> - validazione software con confronto risultati sperimentali. <p>I risultati numerici hanno consentito una descrizione di dettaglio delle distribuzioni spaziali e temporali delle quantità fisiche principali legate al fenomeno, quali: le componenti assiale e radiale della velocità all'interno del PCM, la temperatura e la frazione di liquido. Sono state trovate evidenze dell'influenza dei fenomeni di scambio termico convettivo sul processo. Sia il campo di moto in termini di componenti di velocità all'interno del modulo, sia la distribuzione spaziale della temperatura sono stati analizzati in dettaglio nel lavoro, evidenziando la complessità del fenomeno che deve tener conto</p>

	<p>della sua non stazionarietà oltre che della presenza di un problema multifase con cambiamento di fase all'interno del PCM.</p> <p>L'analisi si è inoltre soffermata sulla semplificazione della soluzione della fluidodinamica e dello scambio termico associato al fluido termovettore. A tal fine sono stati utilizzati tre livelli di approssimazione del problema: un modello completo, uno unidimensionale ed uno semplificato.</p> <p>Le simulazioni hanno evidenziato come il modello monodimensionale sia in grado di approssimare la soluzione ottenuta dal modello più complesso. L'analisi, oltre a supportare le evidenze sperimentali, ha fornito una descrizione molto dettagliata del fenomeno, propedeutica allo sviluppo successivo di modelli predittivi legati alla fisica del problema.</p>
UNIBA WP2	<p>LA2.9. E' stata elaborata un'analisi preliminare di mercato per l'applicazione dei sistemi di accumulo a calore latente sviluppati in ambito industriale ed agro-alimentare. Si è analizzato il settore manifatturiero italiano e in particolare l'uso nei processi di energia termica e la cogenerazione, che determinano notevoli dissipazioni di calore; sono stati utilizzati sia dati statistici generali (imprese, fatturato, consumi energetici), sia studi specifici sui singoli sotto-settori (spesa per l'energia, processi che necessitano di energia termica, temperatura di utilizzo del calore), sia infine i risultati dall'analisi di casi particolari (recupero di calore di processo e da cogenerazione in stabilimenti alimentari a chimici). A partire da queste analisi, si è individuata la probabile suddivisione dei consumi termici dei settori manifatturieri fra i diversi livelli di temperatura e si è identificato per ciascun settore il potenziale di calore di processo recuperabile. E' stato rilevato che nell'industria manifatturiera gli impianti cogenerativi installati siano operati in maniera mediamente poco efficiente, con rendimenti termici non ottimali, e sono state stimate le quantità di calore che potrebbero essere recuperate. In questo caso, quindi, si è ipotizzato il possibile contributo dei sistemi LHTES al recupero di calore dai cogeneratori, a bassa temperatura, nei casi in cui la dissipazione sia imputabile alla non contemporaneità tra calore disponibile e fabbisogno. Si è quindi giunti alla capacità complessiva di accumulo per sistemi LHTES installabili nel settore manifatturiero in Italia, al fine di facilitare il recupero energetico del calore di scarto dei processi, e del calore dissipato dagli impianti cogenerativi, stimabile, prudenzialmente, in:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 300-1000 MWht a servizio di sistemi di recupero di calore di Processo a Bassa temperatura, 10-150°C; - 100-300 MWht a servizio di sistemi di recupero di calore di processo a Media temperatura, 150-400°C; <p>1500 MWht a servizio di sistemi di recupero di calore a Bassa temperatura da Cogeneratori, 10-150°C.</p>
UNIROMA1 WP2	<p>LA2.11. sviluppo e validazione di modelli cinetici basati sulla cinetica intrinseca di reazione, sul trasporto di calore all'interno della particella reagente solida e su possibili meccanismi di sinterizzazione del supporto inerte. Tali modelli hanno utilizzato i dati sperimentali termogravimetrici a pressione atmosferica raccolti nella LA2.3 del presente WP per valutare le dinamiche di carica e scarica.</p>
UNIROMA1 WP3	<p>LA3.6 (Power-to-Gas): analisi di processo e strategie di controllo per sistemi di metanazione catalitica in dinamico. Si sono implementate e simulate in ambiente Aspen Dynamics due configurazioni reattoristiche di metanazione catalitica: reattori adiabatici e raffreddati. La seconda configurazione ha dimostrato di essere più performante rispetto alla prima, rispondendo meglio a possibili variazioni di carico entrante. Infatti, in base ai risultati dei test eseguiti a valle della sintesi e tuning dei sistemi di controllo per entrambe le configurazioni, si è visto come la configurazione reattori raffreddati permetta una maggiore flessibilità del sistema (i test condotti sono stati di riduzione del carico, i.e. portata di H2 entrante, del -5 e -30%, e uno studio di aumento di +5%). Si è</p>

	<p>poi ottimizzata tale configurazione e si sono eseguiti dei test di start-up e shut-down considerando due possibili catalizzatori nel reattore: a base Ru e a base Ni, sintetizzando e tunando due sistemi di controllo ad hoc. Infine, si è sviluppato un modello 2D di un metanatore catalitico raffreddato monotubo.</p>
<p>POLIMI WP3</p>	<p>LA3.8: Power-to-Gas: sperimentazione di sistemi catalitici innovativi di metanazione. E' stato effettuato uno studio termodinamico e sperimentale che ha portato alla identificazione di una configurazione di metanatore a due stadi in serie con rimozione intermedia di H₂O: operando il primo stadio a una temperatura maggiore del secondo, garantisce vantaggi sia a livello termodinamico che cinetico, permettendo il raggiungimento della specifica di rete in condizioni industrialmente accessibili. Sono poi stati studiati materiali catalitici operanti a bassa temperatura (a base di Ru) e operanti ad alta temperatura (a base di Ni). Nel caso dei catalizzatori al Ru, è stato ottimizzato il carico della fase attiva, sfruttando la structure-sensitivity della reazione di metanazione, arrivando ad un carico ottimale del 3-5% in peso. Per i catalizzatori a base di Ni sono stati valutati diversi metodi preparativi; catalizzatori co-precipitati a base di Ni-Al hanno mostrato le migliori performances, permettendo il raggiungimento di carichi di Ni molto elevati (Ni > 50% in peso) e mantenendo un'elevata stabilità e selettività. Da ultimo, prevedendo l'utilizzo di catalizzatori pellettizzati in reattori intensificati, le formulazioni e procedure preparative identificate nel precedente task sono state replicate su supporti preformati di varie dimensioni (fino ai 3 mm) con buoni risultati.</p>
<p>UNIPARMA WP3</p>	<p>LA3.15 (Power-to-Gas/Liquid): sintesi di catalizzatori bifunzionali solidi per la sintesi diretta di DME da CO e H₂. L'attività di ricerca ha riguardato la preparazione di catalizzatori eterogenei bifunzionali a base di resine solfoniche e rame da utilizzare nella sintesi del DME seguendo l'approccio della sintesi diretta, che passa attraverso l'ottenimento del metanolo dal syngas e la sua successiva reazione di disidratazione nello stesso reattore. I materiali preparati sono stati ottenuti utilizzando una resina solfonica perfluorurata commercializzata dalla Solvay (Aquivion), che si era rivelata in precedenti studi essere attiva nel processo di disidratazione del metanolo a DME. La preparazione dei catalizzatori bifunzionali è stata condotta utilizzando l'Aquivion (una resina solfonica perfluorurata commercializzata dalla Solvay, già precedentemente identificata come promettente) in polvere o soluzione acquosa, e delle soluzioni di rame (rame metallico o nitrato rameico). La procedura ha previsto la miscelazione della resina solfonica con acetonitrile e la successiva aggiunta del rame. La soluzione così ottenuta è stata riflussata per 48 ore e dopo raffreddamento il solvente è stato evaporato sotto pressione ridotta ottenendo dei solidi azzurri. Tali solidi sono stati macinati e setacciati per ottenere materiali omogenei. Utilizzando vari rapporti tra l'Aquivion ed il rame sono stati così preparati tre tipi di catalizzatori, caratterizzati da un contenuto di rame pari al 69% (Aquivion in polvere e rame metallico), 78% (Aquivion in polvere e nitrato rameico) e 45% (sospensione acquosa di Aquivion e rame metallico). I materiali così preparati, con diverso contenuto di rame e contenuto di pendagli solfonici paragonabile, sono stati inviati a Casaccia per i test catalitici nella produzione del DME.</p>
<p>UNICAGLIARI WP3</p>	<p>LA3.22 (Power-to-Gas/Liquid): studi modellistici delle tecnologie e progettazione degli esperimenti – fase preliminare. Durante la LA-22 sono stati sviluppati e validati diversi modelli numerici in ambiente Matlab e Aspen-Plus per la simulazione e l'analisi delle prestazioni energetiche dei processi di sintesi di metano, metanolo e dimetiletere (DME) mediante idrogenazione catalitica della CO₂, con idrogeno prodotto dal surplus di produzione elettrica da fonte rinnovabile. Nel corso dell'attività si è proceduto allo sviluppo e alla validazione di modelli numerici per la simulazione del comportamento e delle prestazioni degli elettrolizzatori. In particolare, i modelli sono in grado di valutare le prestazioni sia di elettrolizzatori a bassa temperatura (sia ad elettrolita alcalino che PEM) che costituiscono lo standard attuale dei sistemi di produzione dell'idrogeno, che innovativi ad alta temperatura ad ossidi solidi (SOEC), che in una previsione a breve-medio termine assicurano rendimenti di conversione notevolmente superiori. Con la</p>

	<p>linea di attività LA-23 è prevista l'integrazione dei modelli in un unico modello generalizzato per la simulazione dei processi P2G/L di produzione di metano, metanolo e DME. Infine con l'obiettivo di applicare la metodologia di pianificazione degli esperimenti (Design of Experiments, DoE), attraverso i modelli precedentemente descritti si è proceduto ad un'analisi atta ad individuare le relazioni fra le prestazioni dei processi P2G/L (portata e purezza dei prodotti, potenze assorbite, rendimenti delle singole sezioni e complessivi) ed i parametri operativi ad essi legati (pressioni, temperature, concentrazioni dei reagenti e portate, parametri cinetici, ecc.), con la conseguente individuazione dei fattori di progetto e di esercizio più significativi.</p>
<p>UNIROMA3 WP3</p>	<p>LA3.28 (Integrazione P2G e sistemi di generazione elettrica innovativi): fuel-flexibility – tecniche per l'identificazione di instabilità di combustione. Con riferimento all'attività sperimentale sul bruciatore ROMULUS, è stato sviluppato, messo a punto e validato il codice per lo studio e la predizione degli effetti dell'idrogeno sui comportamenti di instabilità termoacustica. Il codice è implementato in ambiente Labview ed è finalizzato alla ricerca di precursori dell'instabilità che consentano di predirne con sufficiente anticipo l'insorgenza. Tramite il software Labview è stato quindi implementato un algoritmo che produce autonomamente, se necessario anche in tempo reale, gli indici di instabilità. È stato inoltre sviluppato un software di autocondizionamento basato sull'analisi wavelet, integrato con il codice per l'analisi caotica. Tale codice è finalizzato alla ricerca di eventi intermittenti ad alto contenuto di energia che vengono selezionati e caratterizzati statisticamente e dei quali ne viene quantificata la loro ricorrenza nel tempo. L'interfaccia del software presenta la possibilità di scelta tra analisi caotica o wavelet. Nel caso dell'analisi caotica viene mostrato il segnale importato, il segnale campionato (nel caso sia necessaria una riduzione del numero di dati per abbassare il costo computazionale), l'andamento di un parametro matematico funzione della dimensione di incorporamento e la rappresentazione del segnale nello spazio delle pseudo-fasi. Nel caso dell'analisi wavelet il software mostra l'ampiezza e la scala delle firme degli eventi altamente energetici intermittenti. Fornendo al software alcuni input quali: il percorso file del segnale in formato .lvm o .tdms, l'intervallo temporale del ricampionamento (se necessario), la soglia di discriminazione relativa alla mappa di ricorrenza "ε" e la lunghezza minima di ricorrenza diagonale "L_min", vengono calcolati automaticamente gli indici RR_{τ}, DET e L_{τ} e graficate le mappe di ricorrenza e le firme dei segnali intermittenti.</p>
<p>UNIPISA WP3</p>	<p>LA3.48 (Studio e sviluppo di membrane a scambio anionico) Nel secondo semestre 2020 l'attività è stata incentrata su:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparazione di supporti di film di Celgard, un PP resistente meccanicamente, alla deposizione dello ionomero mediante funzionalizzazione della superficie con plasma freddo in atmosfera di ammine. • Realizzazione di membrane a partire dal film di Celgard con ionomeri depositati per l'efficace passaggio elettrolitico. Lo ionomero studiato è di tipo commerciale e dal nome Fumion FAA-3, un polimero aromatico con gruppi eteri in catena principale e funzionalizzato con gruppi di tetra-alchil ammonio bromuro e solubilizzato in NMP. Grazie alla tecnica dell'inversione di fase, è stato depositato sul supporto di Celgard e le caratterizzazioni effettuate hanno confermato la presenza di quantitativi approssimativamente attorno al 40% in peso di ionomero. <p>Realizzazione di membrane come al punto precedente, ma depositando sul Celgard un composto in grado di realizzare il fissaggio dello ionomero alla rete polimerica. Come ionomero è stato utilizzato un polichetone funzionalizzato mediante il processo Paal-Knorr impiegando l'1-(3-amminopropil)-imidazolo. Lo ionomero è stato reticolato al supporto di Celgard con diammine alifatiche.</p>

<p>UNIROMA1 WP3</p>	<p>LA3.49 (Sviluppo di modelli per la simulazione di elettrolizzatori MCSE e supporto alla progettazione di un elettrolizzatore su scala di laboratorio) Nel secondo semestre 2020 l'attività è stata incentrata su:</p> <ul style="list-style-type: none"> • approfondimento della ricerca bibliografica sui modelli proposti in letteratura per la descrizione di celle di elettrolisi e fuel cell a carbonati fusi. In particolare, sono stati reperiti e analizzati modelli 1D e 2D per diversi tipi di celle a combustibile, incluse le celle a carbonati fusi ad alta temperatura, modelli 1D e 2D per celle elettrolitiche di diverso tipo, ma non a carbonati fusi. Per le celle elettrolitiche a carbonati fusi sono disponibili solo modelli 0D • impostazione preliminare di un modello CFD per una cella a carbonati fusi <p>valutazione delle potenzialità del pacchetto relativo alla modellizzazione di elettrolizzatori e FC in COMSOL Multiphysics</p>
<p>UNISALERNO WP3</p>	<p>LA3.50 (Sviluppo e testing di catalizzatori per la conversione termocatalitica del biogas a bassa temperatura) Nel secondo semestre 2020 l'attività è stata incentrata su:</p> <ul style="list-style-type: none"> • preparazione e caratterizzazione di catalizzatori mono metallici in polvere a base di cobalto (Co-based) e supportati su CeO₂. Sono stati preparati catalizzatori a diverso carico di Co; <p>verifica dell'attività catalitica dei catalizzatori mediante test in condizioni di dry reforming nel range di temperatura 500-600°C;</p>
<p>SOTACARBO WP3</p>	<p>A causa dei ritardi nell'assegnazione dell'affidamento della realizzazione dell'impianto prototipale presso SOTACARBO, il termine delle LA3.18 e 3.19 è stato posticipato a fine 2021. Si riportano comunque le attività svolte in queste LA nel quarto semestre del progetto.</p> <p>LA3.18 (Power-to-Gas/Liquid): progettazione dell'impianto pilota. L'attività prevede la progettazione di massima e di dettaglio dell'impianto prototipale P2G/L. Nell'ambito di questa linea di attività è stata effettuata la progettazione dell'impianto prototipale P2G/L. Particolare attenzione è stata dedicata alla scelta della tipologia dei reattori, alle condizioni operative dei processi (temperature, pressioni, ricircoli, integrazioni energetiche, ecc.) e alle criticità che li caratterizzano. Nello specifico, è stata selezionata una configurazione flessibile che consente l'ottimizzazione dei processi in diverse condizioni operative e l'acquisizione di dati sperimentali per il futuro scale-up delle tecnologie. L'impianto sarà dotato di un sistema innovativo che consente una regolazione efficiente della temperatura anche con reazioni particolarmente esotermiche e, a valle della sezione di reazione, è previsto un sistema di separazione dei prodotti che consente la separazione efficiente della fase gassosa dalle due fasi condensate. Inoltre, è stata effettuata la stima dei costi di realizzazione e di esercizio. Successivamente sono state individuate tutte le caratteristiche dei componenti da installare nell'impianto e sono state definite le specifiche tecniche di ciascuna apparecchiatura e le integrazioni dei singoli componenti all'interno della globalità del processo. Lo studio ha incluso anche l'individuazione della strumentazione necessaria per il monitoraggio, controllo e analisi dei processi. Inoltre, è stato predisposto un diagramma di Gantt per la realizzazione dell'impianto. Infine è emersa la necessità di avviare una campagna sperimentale sull'impianto da banco X_tL, a supporto della sperimentazione che verrà eseguita nella successiva annualità, per verificare le condizioni ottimali di funzionamento di alcuni catalizzatori e analizzare alcuni aspetti particolari del processo.</p> <p>LA3.19 (Power-to-Gas/Liquid): ottenimento delle autorizzazioni e adeguamento del sito e dei sistemi ausiliari per l'impianto pilota. Nell'ambito della linea di attività sono state eseguite le attività propedeutiche al montaggio e al funzionamento dell'impianto PG2/L e all'ottenimento delle autorizzazioni necessarie, quali: esame della normativa ambientale per avviare le procedure per l'ottenimento delle autorizzazioni;</p>

predisposizione del documento preliminare del piano operativo di sicurezza (POS), essenziale per l'avvio della gara unica per la progettazione e realizzazione dell'impianto, svolta nella linea di attività 3.18; definizione e studio di nuove modifiche per l'adeguamento del sito e dei sistemi ausiliari, che si sono rese necessarie dopo la definizione della configurazione finale dell'impianto.

Successivamente sono state eseguite le valutazioni per l'integrazione e riutilizzo degli attuali sistemi ausiliari (aria compressa, linea acqua, struttura, torcia) per il nuovo impianto P2G/L. Sono state inoltre eseguite delle verifiche sulle fondazioni per il posizionamento delle varie sezioni dell'impianto; è stato definito il layout del nuovo sistema di alimentazione gas in ingresso all'impianto P2G/L. Sono proseguiti gli smontaggi e la messa in sicurezza dei componenti dell'impianto esistente, per permettere l'installazione del prototipo. Si sono infine resi necessari nuovi approfondimenti per l'ottenimento delle autorizzazioni quali: valutazione delle emissioni secondo i limiti previsti dalla normativa ambientale, analisi delle sezioni dell'impianto P2G/L che andranno in pressione (normativa PED) e rianalisi delle potenziali zone Atex, sulla base della nuova configurazione dell'impianto e sua integrazione con l'esistente.

LA3.38 (Power-to-Gas/Liquid): comunicazione, diffusione dei risultati e coordinamento attività SOTACARBO II Anno. Le attività di comunicazione e diffusione dei risultati svolte nell'anno 2020 sono state limitate dall'emergenza Covid, che ha costretto a una rimodulazione della programmazione originale, vista l'impossibilità di organizzare e prendere parte a eventi in presenza. Le attività che è stato possibile svolgere in queste circostanze hanno compreso l'implementazione del network di contatti con testate nazionali e internazionali, volto a facilitare la pubblicazione di articoli e interventi della Società sui temi di maggior interesse, l'aggiornamento sul sito aziendale delle informazioni relative alle attività svolte in ambito Ricerca di Sistema Elettrico; la prosecuzione online del progetto ZoE (Zero Emissioni) per la divulgazione scientifica a favore di scuole, associazioni culturali e cittadinanza; la partecipazione alla manifestazione "La Notte dei ricercatori" con la realizzazione di webinar con gli studenti delle scuole superiori; la pubblicazione di articoli in lingua inglese sul magazine digitale "Only Natural Energy (ONE)", testata con taglio volutamente divulgativo sui temi dell'energia e dell'ambiente. Nella linea sono comprese tutte le attività di coordinamento e della gestione tecnico scientifica del progetto.