



Ricerca di Sistema elettrico

## Attività di comunicazione e partecipazione a gruppi di lavoro internazionali relativi ai sistemi di accumulo

Pier Paolo Prosinì

ATTIVITÀ DI COMUNICAZIONE E PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI LAVORO INTERNAZIONALI RELATIVI AI SISTEMI DI ACCUMULO

Pier Paolo Prosini (ENEA)

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica

Progetto: Sistemi di accumulo di energia per il sistema elettrico

Obiettivo: Collaborazioni internazionali e comunicazione e diffusione dei risultati

Responsabile del Progetto: Pier Paolo Prosini, ENEA

## Indice

|  |    |
|--|----|
| SOMMARIO.....  | 4  |
| INTRODUZIONE.....  | 5  |
| 1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI .....  | 5  |
| 1.1 PARTECIPAZIONI AD ATTIVITÀ IN AMBITO NAZIONALE ED INTERNAZIONALE .....                   | 5  |
| 1.2 PARTECIPAZIONE ALL' AGENZIA INTERNAZIONALE DELL'ENERGIA .....                            | 6  |
| 1.3 PARTECIPAZIONE ALL'EUROPEAN ENERGY RESEARCH ALLIANCE .....                               | 8  |
| 1.4 WORKSHOP "SISTEMI AVANZATI DI ACCUMULO DELL'ENERGIA" .....                               | 9  |
| 2 PARTECIPAZIONE A CONFERENZE INTERNAZIONALI.....  | 10 |
| 2.1 SYMPOSIUM ON POWER, ELECTRICAL DRIVES, AUTOMATION, AND MOTION .....                      | 11 |
| 2.2 MATERIAL RESEARCH SOCIETY FALL MEETING .....   | 11 |
| 2.3 EUROPEAN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY CONFERENCE AND EXHIBITION .....                       | 12 |
| 2.4 229 <sup>TH</sup> ELECTROCHEMICAL SOCIETY MEETING.....                                   | 12 |
| 2.5 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LITHIUM BATTERIES FOR AUTOMOBILE APPLICATIONS ..... | 13 |
| 2.6 NANOSCALE EXCITATIONS IN EMERGENT MATERIALS .....  | 14 |
| 2.7 CONVEGNO ENERCHEM-SCI.....   | 14 |
| 2.8 INTERNATIONAL MEETING ON LITHIUM BATTERIES .....   | 15 |
| 3 PUBBLICAZIONI .....  | 15 |
| 4 CONCLUSIONI.....   | 16 |

## Sommario

In questo rapporto sono riportate le principali collaborazioni internazionali intraprese dall'ENEA da ottobre 2015 a settembre 2016 ed ad alcune iniziative intraprese al fine di comunicare o scambiare i risultati delle attività svolte all'interno del Progetto "Sistemi avanzati di accumulo dell'energia". La partecipazione è stata funzionale al ruolo di supporto tecnico-scientifico e programmatico che l'ENEA svolge per i Ministeri competenti e per l'industria nazionale nel suo complesso. Come negli anni precedenti sono proseguite le attività relative alla partecipazione alle attività dell'Implementing Agreement (IA) dell'International Energy Agency (IEA) su "Energy Conservation through Energy Storage" (ECES) e quelle relative alla partecipazione al Comitato di coordinamento strategico CERT (Committee for Energy Research and Technology). Inoltre, è proseguita la partecipazione all' European Energy Research Alliance (EERA), contribuendo principalmente al tema "Energy storage". Inoltre si è partecipato a collaborazioni scientifiche e tecnologiche sull'accumulo, promosse dal circuito COST (Cooperazione Scientifica e Tecnologica a livello europeo) all'interno di una specifica azione MP1004 "Hybrid-ES – Hybrid Energy Storage Devices and Systems for Mobile and Stationary Applications". Le azioni di comunicazione e diffusione dei risultati della ricerca svolte all'interno del Programma "Ricerca di Sistema Elettrico", sono state divulgate all'interno di un Workshop tematico relativo alle attività svolte ed ai principali risultati raggiunti dal Progetto. Inoltre i risultati sono stati divulgati mediante partecipazione ad iniziative nazionali ed europee (Convegni e mostre) con la presentazione di relazioni e la illustrazione delle attività e dei principali risultati ottenuti, in modo di confrontare ed aggiornare i programmi di intervento nel settore.

## Introduzione

Come negli anni precedenti è continuata l'attività di ENEA in ambito nazionale ed internazionale di divulgazione dei risultati e partecipazione a gruppi di lavoro riguardanti l'accumulo di energia per applicazioni stazionarie. Queste attività di collaborazione rientrano in iniziative in ambito europeo ed internazionale al fine di creare alleanze e favorire una maggiore integrazione dei programmi nazionali di R & S delle diverse tecnologie dell'accumulo con quanto si sta facendo in altri ambiti. Questo è valido oltre che per le varie applicazioni stazionarie anche per quelle mobili. Oltre a quanto detto occorre rimarcare che le attività perseguite si estendono anche alla diffusione dei risultati ottenuti a livello nazionale ed al confronto con le attività portate avanti dagli altri partner internazionali. Oltre a confrontarsi sui programmi una particolare attenzione è stata da sempre data alla validazione e all'aggiornamento di norme specifiche che possono essere diverse in funzione delle varie applicazioni dell'accumulo elettrochimico.

## 1 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 1.1 Partecipazioni ad attività in ambito nazionale ed internazionale

Durante la presente annualità sono state svolte sia attività in ambito nazionale che internazionale. Per quanto riguarda queste ultime possiamo indicare le seguenti partecipazioni:

1. IEA (Agenzia Internazionale dell'Energia)
  - a. CERT
  - b. IA ECES (Energy Conservation through Energy Storage)
  
2. EERA (European Energy Research Alliance)
  - a. Joint Programme (JP) Energy Storage
  - b. JP Smart Grids
  
3. COST (Scientific and Technological Cooperation)
  - a. MP1004 "Hybrid-ES – Hybrid Energy Storage Devices and Systems for Mobile and Stationary Applications"

Per quanto invece riguarda la messa a punto di norme specifiche possiamo indicare le seguenti attività:

1. Attività di supporto sulla normativa, all'interno di diversi Comitati Tecnici degli organismi di normazione nazionali (CEI, CTI) e internazionali (CENELEC, IEA e ISO) sulle tematiche dell'accumulo.

Per quanto infine riguarda le attività di comunicazione in campo nazionale ed internazionale abbiamo perseguito questo obiettivo presentando specificatamente i temi di ricerca studiati all'interno della Ricerca di Sistema Elettrico in numerose azioni di comunicazione e diffusione. Nel seguito sono elencate le varie azioni divise tra azioni in campo nazionale ed internazionale.

A. campo nazionale:

1. Organizzazione del Workshop dedicato alla Ricerca per il Sistema Elettrico "Sistemi avanzati di accumulo dell'energia", organizzato il 3 luglio 2016, presso la Sede dell'ENEA.
2. Partecipazione al convegno Enerchem-1, tenutosi a Firenze dal 18 al 20 febbraio 2016.
3. Partecipazione al convegno Nanoscale excitations in emergent materials - NEEM 2015, tenutosi a Roma dal 12 al 14 ottobre 2015.

## B. campo internazionale:

1. Partecipazione al convegno Speedam 2016, tenutosi a Anacapri dal 22 al 24 giugno 2016.
2. Partecipazione al convegno 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC 2016) tenutosi a Monaco dal 20 al 24 giugno 2016.
3. Partecipazione al convegno E-MRS 2016 Fall Meeting, tenutosi a Varsavia dal 19 al 22 settembre 2016.
4. Partecipazione al convegno 229th ECS Meeting May tenutosi a San Diego dal 29 maggio al 2 giugno 2016.
5. Partecipazione al convegno 8th International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications tenutosi a Bilbao dal 30 Settembre al 2 Ottobre 2015.
6. Partecipazione al convegno International Meeting on Lithium Batteries 2016 tenutosi a Chicago dal 19 al 24 giugno 2016.

Infine è da sottolineare le attività relative alla pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali. Sono stati pubblicati 16 lavori che hanno riguardato direttamente o indirettamente le attività di Ricerca di Sistema Elettrico.

### *1.2 Partecipazione all' Agenzia Internazionale dell'Energia*

L'Agenzia internazionale dell'energia (AIE) è stata istituita sotto l'OCSE nel 1974, dopo la prima crisi petrolifera, con la partecipazione iniziale di 16 paesi, tra cui l'Italia. I membri dell'AIE sono attualmente 28 dei 34 paesi membri dell'OCSE (paesi non OCSE sono l'Islanda, Israele, Messico, Polonia, Slovacchia e Slovenia). Le attività dell'IEA si concentrano sull'analisi del mercato del petrolio e le questioni di emergenza energetica, la cooperazione a lungo termine per l'efficienza energetica, la ricerca, lo sviluppo, la dimostrazione e la diffusione di tecnologie pulite, la cooperazione con i paesi terzi e la raccolta di statistiche dell'energia. L'ENEA partecipa al gruppo permanente a lungo termine per la cooperazione e alla commissione per la ricerca e le tecnologie energetiche, nonché in gruppi di lavoro e gli accordi di attuazione. Questi ultimi sono gli strumenti che permettono ai governi e altre organizzazioni per raccogliere risorse, rafforzare la ricerca e lo sviluppo di tecnologie specifiche, in modo che possano condividere la ricerca sulle tecnologie innovative, colmare le lacune di ricerca esistenti, costruire impianti pilota e realizzare programmi di implementazione o di dimostrazione. Attualmente 77 gruppi aggregati come somma delle partecipazioni sono riuniti nei seguenti Annessi: Annex 26, Electric Energy Storage: Future Energy Storage Demand. Annex 28, Integration of Renewable Energies by Distributed Energy Storage Systems. Annex 29, Material Research and Development for Improved TES Systems. Annex 31, Energy storage with Net Zero Energy Buildings and Districts: Optimization and Automation. Il ruolo iniziale dell'IEA era quello di aiutare i vari paesi a coordinare una risposta collettiva alle maggiori implicazioni nella fornitura del petrolio attraverso il rilascio di riserve di emergenza ai mercati. Nonostante quest'attività chiave dell'IEA non sia stata mai interrotta, l'Agenzia si è evoluta ed allargata per comprendere l'intero mix delle risorse energetiche. L'IEA ha inoltre creato l' Energy Technology Network di esperti di tecnologia energetica che sono coinvolti in oltre 40 iniziative tecnologiche multi-laterali (Implementing Agreements, IA) con molti paesi coinvolti. Questi IA consentono ai governi, agli enti di ricerca, all'industria, alle organizzazioni internazionali ed alle organizzazioni non governative di mettere in comune la ricerca su tecnologie di frontiera, per analizzare ed individuare gli attuali gap di ricerca negli attuali programmi, costruire impianti pilota e condurre congiuntamente programmi di impiego o dimostrativi. L'ENEA rappresenta da diversi anni l'Italia in numerosi Accordi di Cooperazione tecnologica (IA). Nell'ultimo anno, la partecipazione alle iniziative IEA si è sviluppata a vari livelli, tutti direttamente ed indirettamente connessi al tema dell'accumulo dell'energia nelle varie forme ed applicazioni. Inoltre il MISE (Ministero dello Sviluppo Economico) ha intensificato lo scambio con gli enti coinvolti per rendere ancora più proficua la partecipazione italiana e trasferibile ad aziende ed organizzazioni nazionali interessate. In sintesi le collaborazioni, relative all'accumulo per le reti elettriche, sono state, con esclusione di quella riguardante la trazione elettrica ed ibrida con l'accumulo, le seguenti: Partecipazione al CERT, Partecipazione all'Implementing Agreement (IA) "Energy Conservation through Energy Storage" (ECES) Il lavoro descritto qui di seguito è stato svolto dall'ENEA con rappresentanti di diverse Unità del Centro Ricerche ENEA della

Casaccia. Inoltre nell'ultimo anno, l'ENEA ha allargato la partecipazione all'IA ECES ad altri enti nazionali, quali il CNR ed il Politecnico di Milano.

**2.1.1 Partecipazione al CERT (Committee for Energy Research and Technology)** Nel corso dell'annualità relativa al PAR 2014 è continuata la partecipazione al CERT della International Energy Agency (IEA). Il CERT ha il ruolo di coordinare e di valutare, attraverso il Working Party, le attività degli Implementing Agreement (IA, Accordi governativi sui vari temi legati all'energia), inclusi quelli sull'accumulo elettrico. ENEA partecipa alle riunioni come membro italiano (ing. Agostino Iacobazzi), oltre ad averne la presidenza, tramite la Dr. Alicia Mignone. Nel periodo 1° ottobre 2014 - 30 settembre 2015 sono state condotte diverse iniziative dai rappresentanti nazionali del CERT e del MISE con la partecipazione di responsabili IEA per presentare e rendere sempre più visibili agli addetti nazionali, il ruolo e le potenzialità della partecipazione alle attività dell'IEA. Tale attività, tuttora in corso, ha proseguito la diffusione dei risultati delle attività IEA agli stakeholder interessati, ed i vantaggi ottenibili dalla partecipazione dell'Italia alle attività IEA.

**2.1.2 IA ECES (Energy Conservation through Energy Storage)** L'Implementing Agreement (IA), il cui titolo completo è "Implementing Agreement for a Programme of Research and Development on Energy Conservation through Energy Storage", è stato avviato nel 1978 e nel 2011 è stato prorogato per altri 5 anni, a seguito dell'approvazione della strategia di intervento dell'Agreement, approvata dagli organi di governo IEA.

L'IEA ha come obiettivi prioritari, ottenuti mediante la facilitazione dello scambio di informazioni ed esperienze, le seguenti attività:

- **Tecnologia:** Mantenere e sviluppare collaborazioni internazionali RD tecnica e sviluppo che ulteriori obiettivi ambientali e di mercato.
- **Ambiente:** Quantificare e pubblicizzare i benefici di efficienza ambientale ed energetica dei sistemi di stoccaggio dell'energia integrati.
- **Mercato e distribuzione:** sviluppare e fornire informazioni a supporto adeguato sviluppo del mercato e di fornire collaborazione e di informazione efficace per i soggetti interessati.

Partecipano attualmente 15 paesi più tre osservatori/sponsor (Olanda, Polonia e Spagna), con un impegno limitato ma costante in termini di scambio di informazioni e collaborazioni tra varie agenzie governative ed enti pubblici e privati di: Belgio, Canada, Cina, Corea del Sud, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Italia, Norvegia, Slovenia, Svezia, Turchia e USA. L'Italia ha ripreso la sua posizione di membro effettivo, rappresentato dall'ENEA, nel 2011, per l'aumentato interesse sull'accumulo elettrico e per la presenza di partecipanti italiani in vari Task nel passato, e più recentemente dell'Università di Bologna nel Task 21, del Politecnico di Milano nel Task 31 e, più recentemente del CNR nel Task 30. L'IA è coordinato da un Comitato Esecutivo, che ha il compito di gestione e controllo delle attività dei vari Annex (Task), della definizione di nuove attività, dell'interazione con gli organi di controllo dell'IEA e dell'azioni di promozione e diffusione per aumentare la partecipazione. La presidenza del Comitato Esecutivo è affidata alla Turchia. Nell'ultimo anno alcuni Annessi sono stati completati ed altri sono stati avviati, come Gli Annessi attualmente attivi sono i seguenti:

- Annex 26: Electric Energy Storage: Future Energy Storage Demand
- Annex 28: Distributed Energy Storage for the Integration of Renewable Energies (DESIRE) (avviato nel 2014)
- Annex 29: Material Research and Development for Improved TES Systems
- Annex 30: TES for Cost-effective Energy Management and CO2 Mitigation
- Annex 31: Energy storage with Net Zero Energy Buildings and Districts: Optimization and Automation (avviato nel 2014).

L'ENEA nell'ultimo anno ha partecipato alla preparazione del nuovo Strategy Plan dell'IA per la fase successiva con la stesura dello "IEA ECES End of Term Report 2010-2016" [1]. Nel periodo ci sono state due

riunioni del Comitato Esecutivo: a novembre 2014 a Dublino in Irlanda e a maggio 2015 in Cina a Pechino, in concomitanza con la conferenza internazionale GREENSTOCK. Con l'avvio di nuovi Task, discussi nelle due riunioni annuali, è anche cresciuto l'interesse di organismi italiani, prevalentemente di ricerca, di partecipare attivamente a queste attività di collaborazione internazionale. Infatti attualmente, nel Task 31 è coinvolto il Politecnico di Milano, Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito, che ha ospitato una riunione del Task a Milano ad ottobre 2014 con oltre 30 partecipanti e 15 presentazioni. Più recentemente nel Task 30, il CNR (Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano", ITAE) ha chiesto all'ENEA di poter partecipare in qualità di esperti alle riunioni periodiche, e la richiesta di adesione è stata già inviata all'Agente Operativo del Task ed al Comitato Esecutivo dell'IA: il CNR già parteciperà alla prossima riunione prevista in Svezia, alla fine di ottobre 2015.

### 1.3 Partecipazione all'European Energy Research Alliance

Nell'ambito della strategia europea sull'energia, definita nel SET-Plan (Strategic Energy Technology), 15 organizzazioni di ricerca europee hanno fondato l'EERA (European Energy Research Alliance). L'obiettivo principale dell'EERA è quello di accelerare lo sviluppo di nuove tecnologie energetiche e sostenere i Programmi di Ricerca comuni in supporto al SET Plan e integrare attività e risorse, combinando i fondi nazionali con quelli comunitari e massimizzando la complementarietà e le sinergie. In EERA sono stati attivi 16 programmi comuni (JP = Joint Programme), ed altri sono in fase di avvio, su temi di interesse energetico, tra cui l'accumulo, l'idrogeno e le celle a combustibile e le smart grids (nel quale è ACCORDO DI PROGRAMMA MSE-ENEA 8 stata svolta anche un'attività di supporto nell'individuazione delle norme esistenti sull'accumulo per applicazioni stazionarie). A settembre 2014, è iniziata l'adesione formale alla nuova EERA, trasformata ormai in un organismo internazionale (EERA AISBL = Associazione Internazionale Senza Fini di Lucro), con nuove regole di adesione, comprese le quote di adesione, che punta ad una maggiore interazione con la CE e i vari PQ (programmi quadro), tra cui Horizon 2020, ed il SET (Strategic Energy Technology) Plan. 2.2.1 JP Energy Storage (ES = Accumulo di energia) Nel novembre 2011 è stato approvato il JP "Accumulo dell'Energia", ufficialmente avviato a febbraio 2012. Questo JP è suddiviso in sei SP (Sottoprogrammi): 1. Accumulo Elettrochimico (batterie e supercondensatori), coordinato dall'Italia. 2. Accumulo Chimico, (idrogeno, metanolo, ammoniaca), coordinato dalla Francia. 3. Accumulo Termico (Fluidi avanzati, materiali a transizione di fase, accumulo termochimico), coordinato dalla Germania. 4. Accumulo meccanico (pompaggio d'acqua, volani ed aria compressa), coordinato dalla Norvegia. 5. SMES (Accumulo in magneti superconduttori), coordinato dalla Germania. 6. Analisi tecnico-economiche sull'accumulo, coordinato dal Regno Unito. Attualmente a questo JP partecipano circa 30 organizzazioni di ricerca europea (da 16 paesi), che mettono insieme un potenziale di ricerca di circa 420 anni-ricercatore/anno. L'ENEA svolge il ruolo di coordinatore dell'SP " Accumulo Elettrochimico", il maggiore dei 6 SP in termini di partecipazione e di potenziali risorse di ricerca, che vede la partecipazione di circa 26 organizzazioni di ricerca europee (di cui 3 italiane con altre 4 in fase di adesione), mentre altri ricercatori ENEA partecipano agli SP Accumulo Termico ed Accumulo Chimico. A seguito della revisione al piano di lavoro fatto da esperti esterni internazionali, comunque valutato positivamente, l'intero JP ed ogni singolo SP sono in fase di revisione anche in relazione all'aggiornamento della partecipazione, conseguente al cambio di EERA in organizzazione non profit. Le attività svolte nell'ultimo anno sono state le seguenti con il raggiungimento di interessanti risultati:

1. Revisione del Piano di Lavoro con i coordinatori dei 4 Work Package. La bozza di lavoro prevede un maggiore impegno in pubblicazioni comuni (report di tipo monografico), una continua revisione delle infrastrutture e dei progetti nazionali ed europei delle organizzazioni coinvolte, una migliore organizzazione nella preparazione di progetti e proposte comuni per partecipare ai vari bandi di Horizon 2020, un supporto organico alle azioni di aggiornamento delle tecnologie di accumulo elettrochimico e relative applicazioni con individuazione di linee di ricerca e sviluppo per partecipare alle revisioni delle Integrated Roadmaps del SET Plan e dei vari programmi della CE.

2. Preparazione di un Pilot Project, che è stato selezionato dal Comitato Esecutivo EERA insieme ad altri due progetti pilota, su un gruppo di nove, per essere sottoposto alla CE per un finanziamento diretto della CE. Il Pilot Project è stato sottoposto ad uno screening di valutazione ed ad una presentazione pubblica in novembre prima della selezione finale avvenuta a Roma a dicembre, in concomitanza della Conferenza Annuale del SET Plan [2, 3].

3. Organizzazione della riunione annuale dello Steering Committee e del Management Board del JP ES a Bruxelles, presso la Sede dell'ENEA, il 26-27 gennaio 2015. La partecipazione a queste riunioni ha anche richiesto la preparazione di presentazioni sullo stato delle varie attività e ha portato all'elezione del nuovo Chairman.

4. Infine, è stato di rilievo il supporto dato al Delegato Nazionale per il Work Programme "Energia", ed i diversi contributi ed integrazioni preparate tramite l'EERA alle numerose revisioni delle bozze delle roadmap integrate del SET Plan.

9 2.3 COST (European Cooperation in Science and Technology) Il COST è un network intergovernativo di collaborazione europea in Scienza e Tecnologia, che consente il coordinamento a livello europeo della ricerca finanziata nei vari paesi. COST assiste la Commissione europea (CE) a costruire l'Area europea di ricerca (ERA), anticipando e integrando le attività dei programmi quadro dell'Unione Europea, mediante la costruzione di un ponte virtuale tra le comunità scientifiche di vari paesi. Operativamente, il COST è gestito dalla European Science Foundation.

2.3.1 Azione COST MP 1004 "Hybrid-ES – Hybrid Energy Storage Devices and Systems for Mobile and Stationary Applications" Nell'ambito del network COST, è stata avviata nel maggio del 2011, e si è conclusa a maggio 2015, un'azione di collaborazione sui dispositivi di accumulo ibridi (batterie e supercondensatori) per applicazioni mobili e stazionarie. L'ENEA, insieme al CNR, è stata designata ufficialmente dal Ministero della Ricerca (MIUR) a rappresentare l'Italia nel Comitato di Gestione e nelle attività di collaborazione che conta 41 Membri (+ 18 sostituti) in rappresentanza di 21 paesi europei. L'obiettivo principale di quest'azione è stato quello di fornire la conoscenza scientifica e tecnologica per sviluppare sistemi di accumulo ibridi innovative e di fornire un sufficiente supporto scientifica e tecnologica per la loro pratica diffusione. L'Azione è stata divisa in 4 gruppi di lavoro (WG) che partono dai materiali fino ad arrivare allo studio delle applicazioni. Le attività si svolgono in maniera varia con la possibilità di coinvolgere e promuovere la partecipazione di giovani ricercatori. Sono previsti incontri periodici nei vari paesi partecipanti e l'organizzazione od il supporto a conferenza sul tema dell'Azione. La riunione finale del Comitato di Gestione si è infatti tenuta ad Aprile (23-25) a Brasov (Romania) in contemporanea con il Convegno Internazionale EESCAP 2015 (5 th European Symposium on Super Capacitors & Hybrid Solutions). L'impegno ENEA ha riguardato le attività di coordinamento e gestione, in qualità di membro del Comitato di Gestione e di revisore dei rendiconti annuali, dell'intera azione. Infine è stata avviata, da circa un anno con conferma durante la riunione finale di Brasov, la pubblicazione di un libro "Electric Hybrid Storage Devices and their Applications", con il contributo di una decina di autori internazionali.

#### *1.4 Workshop "Sistemi avanzati di accumulo dell'energia"*

L'attività di comunicazione dei risultati è stata perseguita tramite diverse azioni tra cui l'organizzazione del Workshop dedicato alla Ricerca per il Sistema Elettrico "Sistemi avanzati di accumulo dell'energia", organizzato il 3 luglio 2016, presso la Sede dell'ENEA. All'interno del Workshop sono stati presentati i risultati delle attività di ricerca svolti all'interno dei laboratori dell'ENEA e presso i laboratori di ricerca dei partners esterni. Al Workshop hanno partecipato i rappresentanti delle Università Italiane coinvolte nei vari progetti di ricerca e rappresentanti delle attività produttive nazionali del settore dell'energia elettrica. Le attività che sono state discusse nel Workshop sono state orientate da una parte a mostrare le possibilità offerta dalla ricerca sui nuovi materiali a basso costo ed ad alte prestazioni nei sistemi di accumulo al litio e dall'altra sullo studio di applicazioni dell'accumulo elettrico nelle reti elettriche, con un occhio di riguardo per quanto riguarda gli aspetti della sicurezza. Spazio è stato anche dato al riciclo delle batterie e al loro uso

in applicazioni "second life". Le aziende produttive ed utilizzatrici nazionali del settore dell'energia elettrica sono state poi coinvolte in una Tavola rotonda per discutere sui vantaggi derivanti dall'utilizzo dei sistemi di accumulo accoppiati alla rete elettrica. Dalle evidenze emerse nel corso del Workshop, dal numero e dalle recensioni delle pubblicazioni su riviste internazionali e dai riscontri ottenuti durante le presentazioni a Convegni è emerso che la qualità delle attività svolte è confrontabile con le più avanzate attività di ricerca sull'argomento a livello internazionale. I risultati raggiunti finora ci permetteranno di trasferire rapidamente il know-out alle aziende produttrici (quali FIAMM, LITHOPS, SOVEMA ed altre) in modo da potenziare le attività industriali permettendo loro di fare quel salto di qualità necessario a migliorare la loro produzione in modo da migliorare la gestione dell'energia elettrica con una particolare attenzione a quella proveniente da fonti rinnovabili. Durante il periodo di riferimento si è partecipato a diversi eventi nei quali si è potuto mostrare i risultati ottenuti all'interno del PAR e sono stati pubblicati diversi lavori su riviste scientifiche. Nel seguito si riporta una lista degli eventi e dei lavori pubblicati.

## 2 Partecipazione a conferenze internazionali

Durante l'annualità l'ENEA ha partecipato ai seguenti incontri internazionali:

1. Speedam 2016, Anacapri, 22-24 giugno 2016, Accelerated life tests of complete lithium-ion battery systems for battery life statistics assessment, E. Chiodo, D. Lauria, N. Andrenacci and G. Pedè
2. E-MRS 2016 Fall Meeting, University of Technology, Warsaw 19-22 settembre 2016, Growth of Silicon Nanowires for Li ion battery anodes autori F. Rondino, P. Prosini, C. Cento, A. Rufoloni, F. Fabbri, V. Orsetti, A. Santoni
3. 229<sup>th</sup> ECS Meeting May 29-June 2, 2016, San Diego, Transport Properties and SEI Stability of Na<sub>2</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>7</sub> electrodes for Na-Ion Batteries: An EIS Study, Poster Session-A02, M. Zarrabeitia, F. Nobili, M. Á. Muñoz Márquez, T., Rojo, M. Casas-Cabanas
4. 32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC 2016), Monaco 20-24 giugno 2016, Energy Storage System Management in Grid Connected PV Systems: From Simulation to Experiment on Field, F. De Lia, S. Castello, M. Tucci, R. Schioppo
5. 8th International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications 30th Sept – 2nd Oct 2015, Bilbao, Improvement of interfacial stability of LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> cathode material by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating, Poster Session P-005, S. Calcaterra, M. Pasqualini, A. Di Cicco, F. Nobili, S. Alexander, H. Rajantie
6. Nanoscale excitations in emergent materials - NEEM 2015 - October 12-14, 2015. SEI growth and characterization by soft XAS in nanostructured Li batteries anodes, R. Gunnella, F. Nobili, A. Witkowska, S. Rezvani, A. Di Cicco
7. 8th International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications, 30th Sept – 2nd Oct 2015, Bilbao, SEI formation in Li-ion electrodes probed by As K-edge X-ray absorption spectroscopy. Poster Session P-099, S.J. Rezvani, M. Ciambezi, R. Gunnella, M. Minicucci, F. Nobili, M. Pasqualini, M. Á. Muñoz Márquez
8. 8th International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications, 30th Sept – 2nd Oct 2015, Bilbao, Effect of carbon coating toward cycling stability of Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> anode material. Poster Session P-035, M. Pasqualini, S. Calcaterra, A. Di Cicco, F. Nobili, J. Clark, H. Rajantie
9. Convegno EnerCHEM-1, Firenze 18-20 febbraio 2016, Energy Storage and Conversion Systems: from Li-ion to Li-O<sub>2</sub> Batteries. C. Arbizzani, F. Bigoni, F. De Giorgio, I. Ruggeri, F. Soavi

10. International Meeting on Lithium Batteries 2016, Chicago 19-24 giugno 2016, Abstract #74983, New Formulations of High-Voltage Cathodes for Li-Ion Batteries with Water-Soluble Binders. F. Bigoni, C. Arbizzani, F. De Giorgio, F. Soavi

## 2.1 *Symposium on Power, Electrical Drives, Automation, and Motion*

SPEEDAM 2016 si è tenuto ad Anacapri, dal 22 al 24 giugno ed ha ospitato circa 50 paesi. I temi centrali trattati all'interno dei Simposi SPEEDAM, iniziata nei primi anni '70 (anche se il nome "SPEEDAM" è stato introdotto all'inizio del '90s) sono alla conversione elettromeccanica dell'energia, alla conversione statica di energia elettrica e ai relativi problemi di controllo. Il ricorso all'elettronica di potenza e agli azionamenti elettrici sono sempre più utilizzati per applicazioni industriali e per la loro automazione, in sistemi per la generazione elettrica distribuita, in sistemi di propulsione automotive, ferroviario, marittimo e altri tipi di veicoli, in apparati di bordo per alimentare i servizi principali o quelli accessori, in sistemi di stoccaggio dell'energia, nella robotica e così via. All'interno di queste aree, Speedam si propone di identificare le applicazioni rilevanti che attestano i principali problemi e le strategie. L'integrazione di tecnologie e componenti e sistemi più intelligenti sono alcune delle tendenze più rilevanti degli ultimi anni. Gli argomenti sono molto rilevanti e oggetto di studio a livello mondiale, anche perché nella maggior parte di questi campi di applicazione il mercato è ancora in espansione. Questo giustifica la nostra partecipazione alla conferenza internazionale SPEEDAM. La partecipazione ha avuto anche lo scopo di focalizzare l'attenzione ai temi emergenti. La conferenza è servita anche nel facilitare l'interazione tra il mondo industriale e quello della ricerca anche tra persone provenienti da diversi paesi. La partecipazione è risultata particolarmente fruttuosa in quanto si è avuta non solo la possibilità di mostrare le attività portate avanti all'interno del progetto PAR ma anche quella di confrontare i risultati e le metodologie seguite con quelli ottenuti da altri gruppi di ricerca a livello mondiale: dato che molti degli addetti aveva già partecipato a precedenti edizioni della conferenza il risultato è stato che le interazioni tra i diversi gruppi di ricerca sono stati molto favoriti ed hanno permesso di verificare che le attività di ricerca portate avanti all'interno del progetto PAR sono in linea con quelle svolte da altri ricercatori a livello mondiale.

## 2.2 *Material Research Society Fall Meeting*

La conferenza 2016 E-MRS Fall Meeting si è tenuta a Warsavia presso Università di Technologia, dal 19 al 22 settembre 2016. La conferenza si è sviluppata su 27 simposi paralleli con relatori invitati, presentazioni orali e poster e una sessione plenaria che ha permesso di allestire un forum internazionale nel quale si è potuto discutere dei recenti progressi nel campo della scienza dei materiali. La sessione plenaria è stata presieduta dal Prof. Dr. Joachim Maier, del Max-Planck-Institut di Stoccarda, e dal Prof. P. Stéphanie Lacour, di Fondazione Bertarelli, Ecole Polytechnique Fédérale di Losanna (EPFL) Svizzera. Il Prof. Joachim Maier dopo una breve panoramica sui fondamentali di conduzione di ioni nei solidi ha evidenziato come le modifiche nella concentrazione dei portatori di carica in presenza di interfacce può essere utilizzato come un potente parametro di progettazione di nuovi materiali. Infine il discorso ha mostrato come gli effetti mesoscopici di dimensione, vale a dire gli effetti in cui le interfacce vicine percepiscono l'un l'altro, e come gli effetti della riduzione delle dimensioni possano portare ad una varietà di anomalie in termini di conduzione di ioni, trasporto di massa, e stoccaggio di carica che possono essere sfruttati in termini di dispositivi elettrochimici e applicazioni legate all'energia. In particolare, ha sottolineato la rilevanza che questi temi possono avere per la realizzazione di elettrodi ed elettroliti per celle a combustibile e batterie. Ed è proprio in questo contesto che si inserisce il lavoro presentato in forma di poster dal titolo " Growth of Silicon Nanowires for Li ion battery anodes" si inserisce, che per tale motivo risulta particolarmente attuale ed in linea con le principali tematiche di ricerca. Il fatto di aver ridotto le dimensioni del silicio a poche centinaia di nanometri permette di realizzare elettrodi in cui le proprietà interfacciali sono determinanti nel favorire la capacità di accumulo di queste strutture quando utilizzate come elettrodi in batterie al litio.

### 2.3 European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

L'EU PVSEC è la più grande conferenza internazionale per la ricerca sulle tecnologie e applicazioni fotovoltaiche e al tempo stesso un raduno internazionali di produttori di prodotti del settore fotovoltaico. L'EU PVSEC raccoglie la comunità mondiale per presentare e discutere gli ultimi sviluppi e le innovazioni nel settore fotovoltaico. L'EU PVSEC si è svolto dal 20 al 24 giugno 2016 presso l'International Congress Centre di Monaco in Germania. La conferenza ha riunito oltre 1700 partecipanti provenienti da 73 Paesi di cui 26 provenienti dalla Comunità Europea. La conferenza ha visto la presentazione di oltre 300 presentazioni orali e 700 poster a cui in totale hanno partecipato oltre 5000 tra autori e co-autori. Oltre al congresso è stata allestito anche uno spazio espositivo. Questo convegno ha rappresentato la piattaforma scientifica nella quale è stato possibile concentrarsi sul settore fotovoltaico a livello globale. La nostra presentazione riguardante la gestione dei sistemi energetici di stoccaggio in sistemi fotovoltaici connessi alla rete: dalla simulazione di sperimentare su campo ha riscosso notevole successo a testimonianza dell'interesse della comunità scientifica internazionale sui temi trattati all'interno delle linee di ricerca promosse dal PAR.

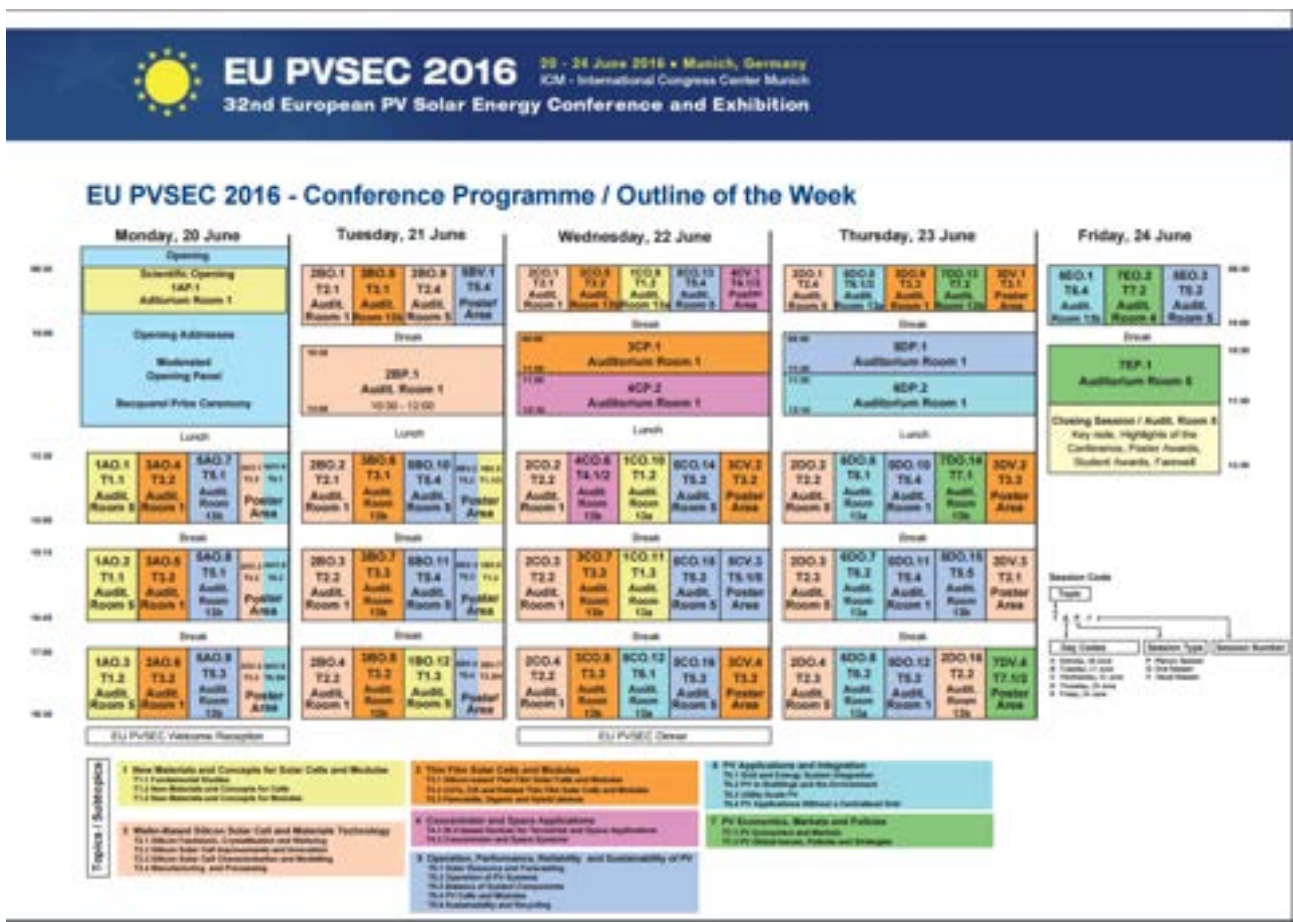


Figura 1. Programma della conferenza "European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition".

### 2.4 229<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting

L'incontro 229th ECS, si è tenuto dal 29 maggio al 2 giugno 2016 presso l'Hilton Bayfront all'interno del San Diego Convention Center. Il meeting è stato strutturato con diverse sezioni parallele, di cui una ha

riguardato il tema Batterie e Energy Storage. Questa sezione è stata suddivisa in 5 sottosezioni: A01 Sessione Generale: Batterie e Energy Storage, Celle a combustibile ed elettroliti. A02 Futuro e presente delle batterie al litio avanzate. A03 Large-Scale Energy Storage. A04 attività di Modellazione e Computazionali. A05 Elettrochimica di batterie per il funzionamento sicuro ed a basso costo.

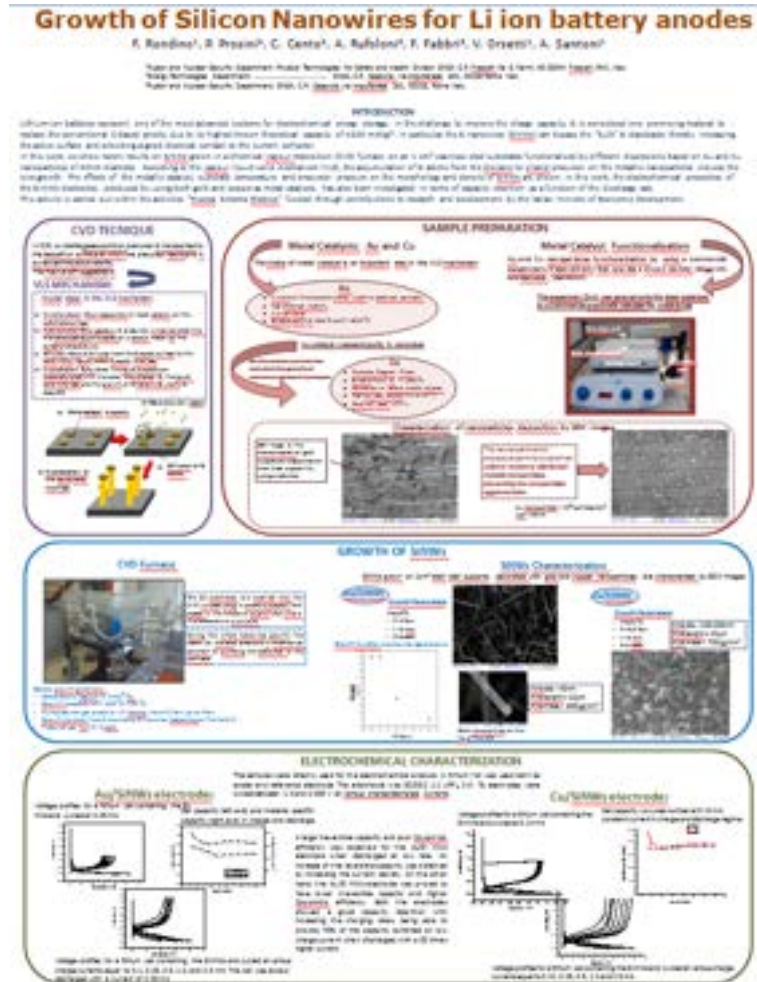


Figura 2. Poster presentato alla "229<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting".

Le presentazioni sono state effettuate nella sezione A02 Futuro e presente delle batterie al litio avanzate, organizzata dai professori Vito di Noto e Stefano Passerini in onore del Prof. Bruno Scrosati. Le presentazioni hanno riguardati materiali innovativi per batterie al sodio (Transport Properties and SEI Stability of  $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$  electrodes for Na-Ion Batteries: An EIS Study) e anodi per batterie al litio (Effect of carbon coating toward cycling stability of  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  anode material). La rilevanza e l'interesse suscitato hanno confermato la necessità di iniziare attività sperimentali su tali materiali anche a livello del PAR in modo da studiare sistemi alternativi al litio e con costi minori.

## 2.5 International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications

L'ottava edizione della Conferenza Internazionale batterie al litio per applicazioni sull'automobile, ABAA-8. Questa edizione si svolgerà a Bilbao (Paesi Baschi) ospitato da CIC Energigune - Energy Storage Research

Center. A partire dal 2008, le conferenze ABAA sono state concepite con la missione di valorizzare le attività di R & S sulle batterie al litio per uso veicolare, funzionando così da acceleratore alimentando la discussione e la comunicazione nel campo delle batterie al litio per autotrazione, nonché rafforzando la collaborazione internazionale in questo campo. L'8ª edizione ha avuto inizio il 30 Settembre 2015 ed è terminata il 2 ottobre. Lo scopo è quello di facilitare lo sviluppo di batterie al litio da usarsi sia su automobili a basso consumo come i veicoli elettrici ibridi (HEV), veicoli ibridi elettrici plug-in (PHEV), e veicoli elettrici puri (EV). Durante il congresso esperti internazionali hanno illustrato le attività di ricerca sui materiali, sull'elettrochimica e sull'ingegneria della batteria. Gli argomenti trattati hanno compreso: - Sviluppo di nuovi materiali: catodi, anodi, elettroliti e additivi elettroliti. - Meccanismi di sicurezza e di degrado delle batterie agli ioni di litio.- Design di sistema tra cui le più recenti tendenze di mercato che interessano l'industria automobilistica.- Nuove chimiche per l'immagazzinamento di energia. Al congresso abbiamo partecipato con tre poster. Il primo dal titolo "Improvement of interfacial stability of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  cathode material by  $\text{Al}_2\text{O}_3$  coating" in cui si illustravano i miglioramenti nella stabilità interfacciale dello spinello di manganese quando ricoperto da ossido di alluminio. Il miglioramento superficiale porta ad un aumento della vita ciclica rendendo il materiale adatto ad essere usato come catodo ad elevata vita ciclica. La ricerca, anche se indirizzata ad applicazioni automotive, può avere interessanti ricadute anche sulle attività di Ricerca Sistema Elettrico in quanto il materiale può essere impiegato anche per applicazioni stazionarie di accumulo. Il secondo si intitolava "SEI formation in Li-ion electrodes probed by As K-edge X-ray absorption spectroscopy" rappresenta un lavoro fondamentale per cercare di interpretare la formazione dello strato di passivazione (SEI) che si viene a formare durante le prime fasi di funzionamento di una batteria al litio sulla superficie dell'anodo, fenomeno di fondamentale importanza per il corretto funzionamento delle batterie. Il terzo "Effect of carbon coating toward cycling stability of  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  anode material" trattava l'effetto della ricopertura di un materiale anodico isolante (il titanato di litio di formula  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) con un additivo conduttore (il carbone) al fine di migliorare le prestazioni elettriche e, conseguentemente, la capacità di realizzare scariche ad elevata velocità del materiale anodico.

## 2.6 *Nanoscale Excitations in Emergent Materials*

Eccitazioni Nanoscalari in Materiali Emergenti (NEEM 2015) ha rappresentato il secondo Workshop bilaterale tra i ricercatori italiani e indiani sui recenti progressi nel campo dei materiali nano, nonché sulle tecniche avanzate utilizzate per caratterizzare questi materiali, organizzato nel quadro di uno dei progetti esistente di grande rilevanza del Ministero degli Affari Esteri Italiano. Il workshop ha permesso lo scambio di idee tra i team dei due paesi con l'obiettivo principale di promuovere le attività di partenariato scientifico e tecnologico tra le istituzioni italiane e indiane in un'area di grande interesse potenziale per la ricerca e per le imprese industriali. Sono stati trattati i seguenti temi: nano materiali per l'energia, nanoparticelle e materiali nano-strutturati, materiali nano-fase correlati, nano-materiali funzionali, nano-materiali compositi, applicazioni tecnologiche di nanostrutture, modelli teorici, nano biomateriali, nanomateriali per la fusione. All'interno della sezione nano materiali per l'energia è stato presentato il lavoro "SEI growth and characterization by soft XAS in nanostructured Li batteries anodes" in cui tramite tecniche di spettroscopia X-ray Absorption Spectroscopy è stato studiato l'andamento del coefficiente di assorbimento di anodi per batterie al litio in funzione dell'energia della radiazione incidente nella regione dei raggi X. Il lavoro ha permesso di evidenziare la formazione dello strato di passivazione sulle particelle di materiale anodico indispensabile per il buon funzionamento delle batterie al litio.

## 2.7 *Convegno EnerCHEM-SCI*

Il convegno EnerCHEM, organizzato a cura di EnerCHEM-SCI, Università di Firenze, Università di Siena e CNR-ICCOM, è stato il primo convegno della serie ed ha avuto lo scopo di riunire, per la prima volta in Italia, tutti i ricercatori sia quelli provenienti da ambienti industriali sia quelli accademici, interessati alla chimica delle energie rinnovabili. All'interno del congresso sono stati affrontati i seguenti argomenti:

attività in campo fotovoltaico, fotosintesi artificiale e fotocatalisi, idrogeno e celle a combustibile, accumulo di energia in batteria e biocombustibili. Il convegno è stato organizzato con due sedute plenarie, 6 keynotes, svariate comunicazioni orali e presentazioni poster. All'interno del convegno ha trovato ospitalità una tavola rotonda sul tema: "La transizione energetica italiana tra fossili e rinnovabili". Al convegno è stata presentato il lavoro "Energy Storage and Conversion Systems: from Li-ion to Li-O<sub>2</sub> Batteries.". Questo lavoro, pur non essendo contemplato all'interno del PAR, ha permesso di illustrare le attività che si stanno portando avanti sulla Ricerca Sistema Elettrico che sono state illustrate nella presentazione del lavoro.

## 2.8 International Meeting on Lithium Batteries

L'International Meeting on Lithium Batteries (IMLB) rappresenta la conferenza internazionale principale sullo stato dell'arte delle batterie al litio. Non solo il congresso riporta gli ultimi sviluppi sulla scienza tecnologia delle batterie al litio ma tratta anche le applicazioni future delle batterie in diversi nel settore tra cui i trasporti, il commerciale, l'aerospaziale, il biomedicale, e in altri settori promettenti. IMLB 2016 si è tenuto nel centro di Chicago ed ha radunato 2.000 esperti tra ricercatori e rappresentanti aziendali coinvolti nel campo delle batterie al litio. L'incontro ha rappresentato un forum stimolante per discutere i recenti progressi nelle batterie al litio avanzate per lo stoccaggio e la trasformazione dell'energia. L'incontro si è concentrato sui risultati della ricerca di base e applicata, che hanno portato al miglioramento dei materiali per le batterie al litio e alla comprensione dei processi fondamentali che determinano e controllano le prestazioni elettrochimiche. Un tema importante della riunione è stato quello di affrontare i recenti progressi in altre tecnologie correlate alla tecnologia delle batterie agli ioni di litio. L'incontro ha coperto una vasta gamma di argomenti relativi alla scienza e alla tecnologia delle batterie al litio tra cui: progetti nazionali, anodi e catodi, materiali nanostrutturati per batterie al litio, elettroliti liquidi e liquidi ionici, elettroliti polimerici, gel e solidi, fonti e la disponibilità di materiali per batterie Li, riciclaggio delle batterie, fenomeni di interfaccia elettrodo/elettrolita, sicurezza, affidabilità, design e ingegneria delle celle ed altri ancora. Il lavoro che è stato presentato ricadeva nel tema "elettroliti liquidi e liquidi ionici" ed ha avuto come titolo "New Formulations of High-Voltage Cathodes for Li-Ion Batteries with Water-Soluble Binders", uno degli argomenti trattati all'interno del PAR 2015.

## 3 Pubblicazioni

Durante questo anno di attività sono stati prodotti una serie di lavori che hanno portato alla pubblicazione di differenti manoscritti che sono qui riassunti:

1. Chiodo, D. Lauria, N. Andrenacci and G. Pede, Accelerated life tests of complete lithium-ion battery systems for battery life statistics assessment, 2016 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), Anacapri, 2016, pp. 1073-1078. doi: 10.1109/SPEEDAM.2016.7525919
2. M. Zarrabeitia, F. Nobili, M.A. Munoz-Marquez, T. Rojo, M. Casas-Cabanas, Direct observation of electronic conductivity transitions and solid electrolyte interphase stability of Na<sub>2</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>7</sub> electrodes for Na-ion batteries. Journal of Power Sources 30 (2015) 78-83, ISSN: 0378-7753, doi: 10.1016/j.jpowsour.2016.08.112
3. A. Witkowska, G. Giuli, M. Renzi, S. Marzorati, W. Yiming, F. Nobili, M. Longhi, Fe local structure in Pt-free nitrogen-modified carbon based electrocatalysts: XAFS study. Journal of Physics. Conference series 712 (2016) 012131, ISSN: 1742-6588, doi: 10.1088/1742-6596/712/1/012131

4. S.J. Rezvani, M. Ciambezi, R. Gunnella, M. Minicucci, M.A. Muñoz, F. Nobili, M. Pasqualini, S. Passerini, C. Schreiner, A. Trapananti, A. Witkowska, A. Di Cicco, Local Structure and Stability of SEI in Graphite and ZFO Electrodes Probed by As K-Edge Absorption Spectroscopy. *Journal of Physical Chemistry C, Nanomaterials and Interfaces*, 120(2016) 4287-4295, ISSN: 1932-7447, doi: 10.1021/acs.jpcc.5b11798
5. M. Renzi, G. D'Angelo, R. Marassi, F. Nobili, Low platinum loading cathode modified with  $Cs_3H_2PMo_{10}V_2O_{40}$  for polymer electrolyte membrane fuel cells. *Journal of Power Sources*, 327(2016)11-20, ISSN: 0378-7753, doi: 10.1016/j.jpowsour.2016.07.024
6. M. Renzi, P. Mignini, G. Giuli, R. Marassi, N. Nobili, Rotating disk electrode study of Pt/ $Cs_3HPMo_{11}VO_{40}$  composite catalysts for performing and durable PEM fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy* 41(2016)11163-11173, ISSN: 0360-3199, doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.04.194
7. P.P. Prosini, M. Carewska, G. Tarquini, F. Maroni, A. Birrozzi, F. Nobili, A high-voltage lithium-ion battery prepared using a Sn-decorated reduced graphene oxide anode and a  $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$  cathode. *Ionics*, 22(2015)515-528, ISSN: 0947-7047, doi: 10.1007/s11581-015-1577-x
8. P.P. Prosini, M. Carewska, , F. Maroni, R. Tossici, F. Nobili, A lithium-ion battery based on  $LiFePO_4$  and silicon/reduced graphene oxide nanocomposite. *Solid State Ionics*, 283(2015)145-151, ISSN: 0167-2738, doi: 10.1016/j.ssi.2015.10.001
9. A. Birrozzi, F. Maroni, R. Raccichini, R. Tossici, R. Marassi, F. Nobili, Enhanced stability of SnSb/graphene anode through alternative binder and electrolyte additive for lithium ion batteries application. *Journal of Power Sources*, 294(2015) 248-253.
10. A. Pozio, A. Masci, M. Pasquali, Composite Ni-TiO<sub>2</sub> nanotube arrays electrode for photo-assisted electrolysis, *Advances in Energy Research*, 3(2015)45-57, DOI: <http://dx.doi.org/10.12989/eri.2015.3.1.045>
11. F.A. Scaramuzzo, A. Pozio, A. Masci, F. Mura, A. Dell'Era, A. Curulli, M. Pasquali, Efficient photocurrent generation using a combined Ni-TiO<sub>2</sub> nanotubes anode, *Journal of Applied Electrochemistry*, 45 (2015)727-733, DOI: 10.1007/s10800-015-0837-9, ISSN 0021-891X
12. F. Scaramuzzo, M. Pasquali, F. Mura, A. Dell'Era, From single to multiple TiO<sub>2</sub> nanotubes layers: Analysis of the parameters which influence the growth. *AIP Conf. Proc.* 1667, 020005(2015)1-7, <http://dx.doi.org/10.1063/1.4922561>
13. F. Zaza, G. Orio, E. Serra, F. Caprioli, M. Pasquali, Low-temperature capacitive sensor based on perovskite oxides, *AIP Conf. Proc.* 1667, 020004 (2015) 1-8, <http://dx.doi.org/10.1063/1.4922560>
14. F. Zaza, V. Pallozzi, E. Serra, M. Pasquali, Combustion synthesis of  $LaFeO_3$  sensing nanomaterial, *AIP Conf. Proc.* 1667, 020003(2015) 1-11, <http://dx.doi.org/10.1063/1.4922559>
15. F. Bigoni, F. De Giorgio, F. Soavi, C. Arbizzani, New Formulations of High-Voltage Cathodes for Li-Ion Batteries with Water-Processable Binders, *ECS Transactions*, 73(2016)249-257
16. F. Bigoni, F. De Giorgio, F. Soavi, C. Arbizzani, Sodium alginate: A water-processable binder in high-voltage cathode formulations, *J. Electrochem. Soc.*, inviato per la pubblicazione

## 4 Conclusioni

Nell'ultimo anno, l'ENEA ha partecipato attivamente a diverse iniziative e collaborazioni internazionali, utilizzate come strumento di lavoro per indirizzare le attività svolte in ambito nazionale e trovare maggiori sinergie per valorizzare ed arricchire i risultati ottenuti. La partecipazione alle attività dell'IEA è ritenuto da

sempre uno strumento importante nella definizione di attività e programmi di ricerca, sviluppo e diffusione di diverse tecnologie dell'accumulo dell'energia e delle applicazioni collegate e nello scambio di informazioni ed esperienze provenienti da tutte le parti del mondo. Le collaborazioni sviluppate ed avviate in iniziative europee hanno avuto il pregio di permettere, non soltanto l'integrazione tra iniziative nazionali e quelle comunitarie, ma anche la creazione di punti di riferimento della strategia europea a supporto del SET Plan sull'accumulo di energia e nella preparazione di piattaforme di collaborazione che mettono in comune infrastrutture di ricerca all'avanguardia (laboratorio europeo virtuale) e competenze ed esperienze coordinate per la ricerca più avanzate e per le collaborazioni internazionali. Inoltre sono state colte diverse opportunità di comunicazione e diffusione delle attività di ricerca e sviluppo svolte, per poter aggiornare e confrontare le attività svolte e per allargare i gruppi di interesse sull'accumulo di energia, sia in campo nazionale che in quello internazionale, con presentazioni a convegni e pubblicazioni in riviste internazionali.