



RICERCA DI  
SISTEMA ELETTRICO



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Accordo di Programma MiSE-ENEA

# Sistemi avanzati di accumulo di energia

Un progetto della Ricerca di Sistema Elettrico

Vincenzo Porpiglia

ENEA

Roma, 3 luglio 2015

## SISTEMI AVANZATI DI ACCUMULO DI ENERGIA

6° workshop del ciclo dedicato alla  
presentazione dei risultati delle attività  
dell'AdP MiSE- ENEA 2012-2014



**RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO**

Accordo di Programma MiSE-ENEA  
**CICLO DI CONVEGNI**  
MAGGIO - SETTEMBRE 2015

**ENEA**  
Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile

**MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO**

La Ricerca di Sistema Elettrico promuove attività di ricerca e sviluppo finalizzate all'innovazione tecnica e tecnologica di interesse generale per il settore elettrico, per migliorarne l'economicità, la sicurezza e la compatibilità ambientale, assicurando al Paese le condizioni per uno sviluppo sostenibile.

Le attività, gli obiettivi e gli stanziamenti economici sono definiti attraverso i Piani triennali, approvati dal Ministero dello Sviluppo Economico.

Le attività sono finanziate attraverso un fondo alimentato dalla componente A5 della tariffa elettrica, i risultati sono pubblici e a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale.

ENEA organizza un ciclo di convegni tematici per illustrare i risultati delle attività svolte nel quadro dell'Accordo di Programma 2012-2014 e le possibili ricadute industriali.

I convegni si tengono presso:  
**ENEA Sede Legale - Salviae Cavatale**  
Via Giulio Romano, 41  
00198 Roma

La partecipazione agli eventi è gratuita.  
È richiesto la [registrazione on line](http://www.enea.it), sul sito ENEA sezione Event.

Per informazioni:  
Marina Rionelli [marina.rionelli@enea.it](mailto:marina.rionelli@enea.it)  
Unità di Progetto Ricerca di Sistema Elettrico ENEA

**ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE**  
Pavia Dell'Orto, Daniela Magari - ENEA

**FUSIONE NUCLEARE. ATTIVITÀ COMPLEMENTARI A ITER**  
Rob Pizzati, Antonio Cucchiara - ENEA

**CATTURA E SEQUESTRO DELLA CO<sub>2</sub> PRODOTTA DA COMBUSTIBILI FOSSILI**  
Vittorio Gianfranceschi - ENEA

**LE BIOENERGIE E LA RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO**  
Vito Ippolito - ENEA

**INTERVENTI DI EFFICIENZA ELETTRICA SUL PATRIMONIO IMMOBILIARE PUBBLICO**  
Giuseppe Passaro - ENEA

**SISTEMI AVANZATI DI ACCUMULO DI ENERGIA**  
Maurizio Corbelli - ENEA

**ENERGIA ELETTRICA DAL MARE**  
Giuseppe Santoro - ENEA

**RISPARMIO DI ENERGIA ELETTRICA NEI SETTORI CIVILE, INDUSTRIA E SERVIZI**  
Giulio Barbi - ENEA

**EFFICIENZA ENERGETICA NELL'ELETTROMOBILITÀ**  
Antonio Genovesi - ENEA

**REATTORI DI IV GENERAZIONE E SICUREZZA NUCLEARE**  
Pavia De Rosa, Mariano Tamburini - ENEA

ENEA - Lungotevere Thomai di Reval, 78 - 00198 Roma

La Ricerca di Sistema (RdS) comprende *attività di ricerca e sviluppo finalizzate all'innovazione del sistema elettrico nazionale* al fine di migliorarne l'**economicità**, la sicurezza e la compatibilità ambientale e assicurare al Paese le condizioni per uno sviluppo sostenibile



## RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

### PROGETTI DI TIPO A

Attività di ricerca svolte a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico

*Temi di ricerca fondamentale e Studi di carattere sistemico e prenormativi*

Accordi di Programma stipulati dal Ministero dello Sviluppo Economico con ENEA, CNR e RSE S.p.A

Progetti di ricerca selezionati attraverso procedura concorsuale

### PROGETTI DI TIPO B

Attività di ricerca industriale e sviluppo sperimentale, con finalità di mercato a medio termine, svolte a beneficio degli utenti del sistema elettrico e di interesse di soggetti che operano nel settore elettrico

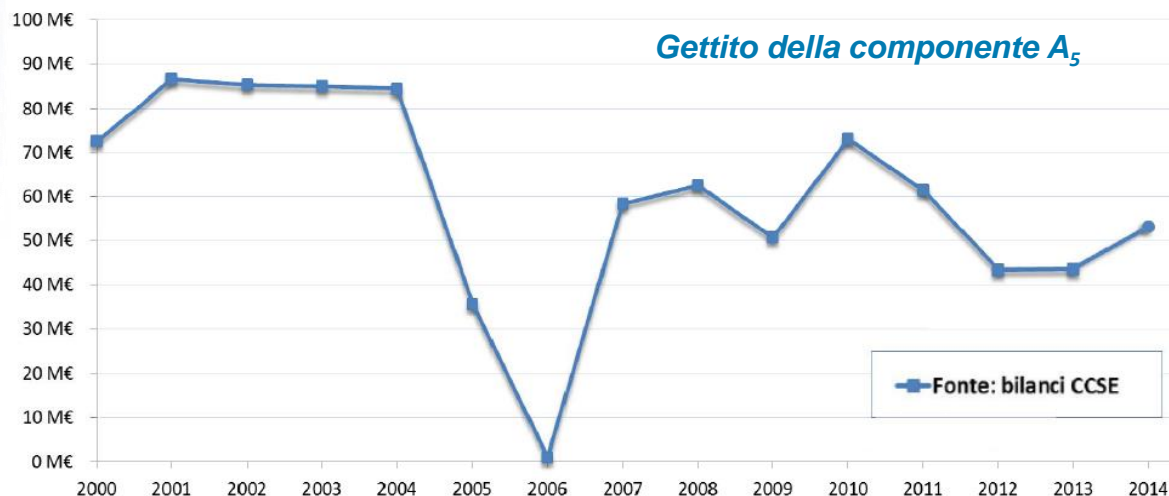
Progetti selezionati attraverso procedura concorsuale \*

- \* In corso la valutazione delle proposte di ricerca per l'ammissione al co-finanziamento - Decreto Direttoriale MiSE del 30 giugno 2014 - **34 M€**  
Presentate **67 proposte di progetto**, di cui 15 con partecipazione ENEA





Le attività sono finanziate dalla componente  $A_5$  della bolletta elettrica, il cui ammontare viene stabilito periodicamente dall'Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico, e attualmente è pari a circa **0,020 c€/kWh**



L'incidenza della componente  $A_5$  per una famiglia tipo è di **circa 54 c€/anno**

L'Accordo di Programma MiSE-ENEA 2012-2014 prevede attività in

**3** Aree  
di  
ricerca

Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Svolti **11 progetti di ricerca** relativi alle seguenti tecnologie:

- **Accumulo di energia elettrica**
- *Fonti rinnovabili*
- *Cattura e sequestro della CO<sub>2</sub> prodotta da combustibili fossili*
- *Fusione e tecnologie per la sicurezza nucleare*
- *Efficienza energetica negli usi finali*



**GOVERNO, GESTIONE E  
SVILUPPO DEL SISTEMA ELETTRICO**

**Sistemi avanzati di  
accumulo di energia**

**PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA  
E PROTEZIONE DELL'AMBIENTE**

Studi sulla produzione  
elettrica locale  
da biomasse e scarti

Cattura e sequestro della CO<sub>2</sub>  
prodotta da combustibili fossili

Energia elettrica  
da fonte solare  
*Celle fotovoltaiche innovative*  
*Solare termodinamico*

Nucleare da fissione: sicurezza  
nucleare e collaborazioni  
internazionali per il nucleare di  
IV generazione

Studi e valutazioni sul  
potenziale energetico  
delle correnti marine

Nucleare da fusione:  
attività di fisica della fusione  
complementari ad ITER

**RAZIONALIZZAZIONE E  
RISPARMIO NELL'USO  
DELL'ENERGIA ELETTRICA**

Risparmio di energia elettrica nei  
settori civile, industria e servizi

Sviluppo di modelli per  
la realizzazione di interventi  
di EE sul patrimonio  
immobiliare pubblico

Utilizzo del calore solare e  
ambientale per la climatizzazione

Prodotti e processi per il  
miglioramento dell'EE  
nell'elettromobilità



Le ricerche sono effettuate presso diversi centri **ENEA**, in collaborazione con le principali **Istituzioni Universitarie** nazionali e il **Polo Tecnologico del Sulcis** (ENEA - SOTACARBO)



## Coinvolti 29 atenei con 51 diversi dipartimenti

- POLITECNICO DI TORINO
- POLITECNICO DI MILANO
- UNIVERSITÀ DI MILANO
- UNIVERSITÀ DI MILANO BICOCCA
- UNIVERSITÀ DI VENEZIA IUAV
- UNIVERSITÀ DI PADOVA
- UNIVERSITÀ DI TRENTO
- UNIVERSITÀ DI UDINE
- UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
- UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
- UNIVERSITÀ DI CAMERINO
- UNIVERSITÀ DI PISA
- SCUOLA SUPERIORE S. ANNA - PISA
- UNIVERSITÀ DI PERUGIA
- UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA
- UNIVERSITÀ DI ROMA "SAPIENZA"
- UNIVERSITÀ DI ROMA "TOR VERGATA"
- UNIVERSITÀ DI ROMA TRE
- UNIVERSITÀ DI CASSINO
- UNIVERSITÀ DELL'AQUILA
- UNIVERSITÀ DI CHIETI E PESCARA
- UNIVERSITÀ DEL SANNIO
- UNIVERSITÀ DI NAPOLI "FEDERICO II"
- SECONDA UNIVERSITÀ DI NAPOLI
- UNIVERSITÀ DI SALERNO
- UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA
- UNIVERSITÀ MEDITERRANEA DI REGGIO CALABRIA
- UNIVERSITÀ DI PALERMO
- UNIVERSITÀ DI CATANIA



Altre collaborazioni con:



e Accordi di Partenariato con Industrie

ENEA - Ricercatori/tecnologi/tecnici coinvolti circa 500



*I risultati delle attività svolte nell'ambito dell'Accordo di Programma sono a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico e pertanto pubblici*



La diffusione dei risultati delle attività di ricerca avviene attraverso:

- ◆ la pubblicazione di articoli su riviste nazionali ed internazionali
- ◆ l'organizzazione e la partecipazione ad eventi e convegni; workshop tematici sulle diverse linee progettuali
- ◆ un apposito sito web dedicato alla Ricerca di Sistema

Dal sito web ENEA è possibile collegarsi a siti specifici, appositamente realizzati, come: *Atlante biomasse; Promozione delle tecnologie elettriche innovative; Tecnologie Zero emission; Focus fissione nucleare; Climatizzazione con fonti rinnovabili; Progetto Lumiere; Piattaforma A.I.D.A.*

[http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/ricerca-di-sistema-elettrico](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/ricerca-di-sistema-elettrico)

Sul sito web ENEA sono disponibili:

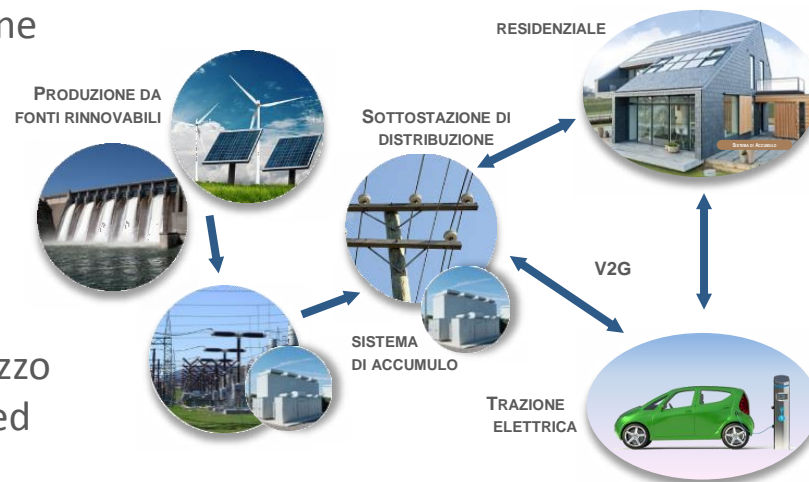
- ◆ *i documenti prodotti nelle diverse annualità dell'Accordo di Programma (1745 rapporti tecnici)*
- ◆ *i sette volumi che raccolgono i risultati delle attività svolte nelle diverse annualità*
- ◆ *le schede che, per i singoli progetti, illustrano lo scenario di riferimento, gli obiettivi e i risultati delle attività*



## Sistemi avanzati di accumulo di energia

Le attività del progetto sono finalizzate allo sviluppo di sistemi di accumulo per applicazioni alla generazione distribuita, con elevata presenza di fonti rinnovabili, ed alle smart grid

Al fine di rendere sicuro e conveniente l'impiego di questi sistemi nella rete elettrica italiana, particolare attenzione viene posta al miglioramento delle prestazioni e della durata di vita del sistema e all'utilizzo di materiali sostenibili dal punto di vista economico ed ambientale

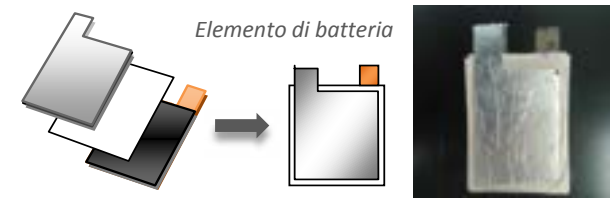
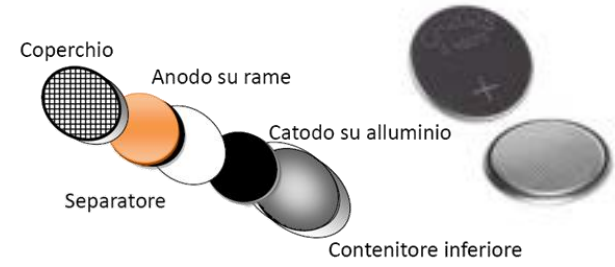


Le attività di ricerca sono focalizzate principalmente su **sistemi di accumulo elettrochimico** (sistemi a base di litio, redox a flusso e ad alta temperatura), sono state valutate anche le potenzialità applicative di sistemi di accumulo alternativi (sistemi a base di idrogeno e accumulo in magneti superconduttori - SMES)

# Linee di attività

## Ricerca e sviluppo di sistemi di sistemi di accumulo basati su litio

- Sviluppo e produzione di materiali anodici (ossidi di titanio o di silicio, ossido ridotto di grafene) e catodici (litio ferro fosfato e fosfati di manganese) innovativi e verifica delle prestazioni in celle da laboratorio (celle a tre elettrodi e a bottone)
- Realizzazione e caratterizzazione di celle/stack litio-ione di taglia significativa (fino a 1 Ah) di due tipologie diverse (ad alta energia e ad alta potenza)

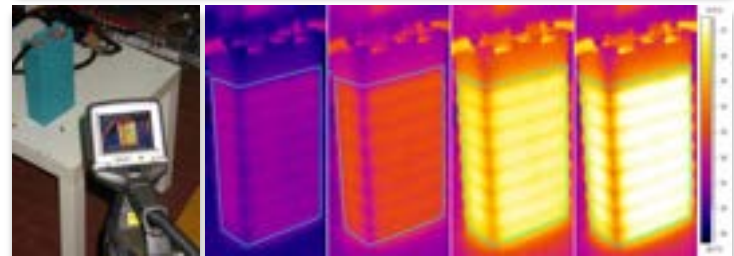


## Ricerca e sviluppo di batterie redox a flusso

...o di materiali a base di grafite da utilizzare come elettrodi in celle redox  
 ...zzazione e prova di celle redox al vanadio e sviluppo di un modello di stima  
 stato di carica facilmente implementabile su BMS

## *Analisi sperimentali di cicli di lavoro, di condizioni di degrado e riutilizzo e di sicurezza di sistemi di accumulo elettrochimico*

- **Analisi sperimentali e validazione di un sistema di accumulo installato a supporto di una metropolitana leggera** (tranvia di Bergamo); modello di simulazione del sistema tramviario, analisi dei cicli di lavoro e dimensionamento del sistema di accumulo per una sottostazione
- Verifica sperimentale della “**second life**” **nelle reti elettriche di batterie al litio già usate in applicazioni veicolari**; studio del degrado della batteria attraverso cicli di carica-scarica, valutazione del comportamento termico
- **Studi di sicurezza**, analisi dei rischi associati alla varie fasi di produzione e utilizzo di **batterie ad alta temperatura** (Na-S e  $\text{NaNiCl}_2$ ) e **litio-ione**



## *Recupero ecosostenibile di materiali da batterie al litio a fine vita*

- Sviluppo di un **processo di separazione dei materiali attivi dai supporti di batterie litio-ione** (utilizzo di un processo chimico-fisico di solvatazione e sonificazione)
- Sviluppo e sperimentazione in scala di laboratorio di un **processo innovativo per il recupero selettivo di metalli ad elevato valore aggiunto da batterie litio-ferro fosfato**, mediante impiego di **tecnologie idrometallurgiche**



## Partecipazione a gruppi di lavoro internazionali

### ▪ IEA - International Energy Agency

- **ECES** (Energy Conservation through Energy Storage) – Annex 26 Electric Energy Storage: Future Energy Storage Demand



### ▪ EERA - European Energy Research Alliance

- Energy Storage
- Smart Grids



### ▪ COST (European Cooperation in Science and Technology) Action

- **MP1004:** Hybrid-ES - Hybrid Energy Storage Devices and Systems for Mobile and Stationary Applications



Le attività del Progetto sono svolte in collaborazione con le **Università di Bologna, Camerino, Pisa, Roma Sapienza, Roma Tor Vergata e Palermo**



Le scelte strategiche del Piano Triennale 2015-2017 sulla Ricerca di Sistema Elettrico sono in accordo con le priorità di ricerca della **Strategia Energetica Nazionale**, del **SET Plan** e del **Programma Quadro europeo per la Ricerca e l'Innovazione Horizon 2020**. Il Piano presenta alcune novità che segnano una discontinuità rispetto al passato

La **programmazione operativa passa da annuale a triennale** al fine di ridurre la frammentazione dei progetti di ricerca ed eliminare i vincoli procedurali che hanno finora determinato inefficienze e ritardi

Il nuovo PT vuole incidere sulla **capacità di trasferire i risultati della ricerca ottenuti dagli organismi di ricerca al tessuto imprenditoriale del nostro Paese**



Nel nuovo piano le attività di ricerca relative a **Materiali e tecnologie per l'accumulo di energia per il sistema elettrico** sono incluse nell'area **Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica**

Sono previste attività riguardanti:

- *Studi sulla realizzazione di sistemi di accumulo di grande capacità, funzionali alla rete di trasmissione nazionale*
- *Sistemi di accumulo, anche ibridi, funzionali al sistema di distribuzione*
- *Sviluppo e sperimentazione di materiali di frontiera per componenti attivi di sistemi di accumulo elettrico ed elettrochimico*
- *Definizione di procedure di prova e loro applicazione per la caratterizzazione dei sistemi di accumulo per il sistema elettrico*
- *Sistemi di accumulo integrati con sistemi di produzione e/o consumo: algoritmi per la gestione ottimale del sistema integrato*



*Grazie per l'attenzione*

*ENEA*

[vincenzo.porpiglia@enea.it](mailto:vincenzo.porpiglia@enea.it)